

EURO **elecs**
2015

LATIN AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON
SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES

21-23 July | 2015 | Guimarães | PORTUGAL

VOL I

Editors

Luís Bragança

Andrea Naguissa Yuba

Cristina Engel de Alvarez



EURO-ELECS 2015

LATIN-AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES

Organized by



Partners



EURO-ELECS 2015
LATIN-AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE
ON SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES

Editors

Luís Bragança
Andrea Naguissa Yuba
Cristina Engel de Alvarez

Assistant Editors

José Amarilio Barbosa
Catarina Araújo
Sara Bragança

© 2015 The authors

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any mean, without prior written permission from the Publisher.

ISBN 978-989-96543-8-9

Printed by Multicomp

1st edition, July 2015

Legal Dep. 365726/13

LEGAL NOTICE

The Publisher is not responsible for the use which might be made of the following information.



FOREWORD

Euro-ELECS 2015 is the first Latin American and European conference on sustainable buildings and communities. This international event is organized by UMinho, UFMS, Ufes, ANTAC and iISBE_PT in Guimarães, Portugal, from the 21st till the 23rd of July 2015.

This event is the evolution of the several previous ELECS (Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis), which started in 1997 and were held biannually since 2001.

Euro-ELECS 2015 is an innovative scientific event targeted on “Connecting People and Ideas” and aiming to bridge the gap between the academic environment, society, theory and practice, connecting European countries and the countries of Latin America. The conference is focused on the themes of Sustainable Buildings and Sustainable Neighborhoods and in the contributions to achieve these targets.

Building sector uses, globally, about 40% of energy, 25% of water, 40% of natural resources and emit approximately 1/3 of greenhouse gas emissions (the largest contributor). Residential and commercial buildings consume approximately 60% of the world’s electricity. Existing buildings represent significant energy saving opportunities because their performance level is frequently far below the current efficiency potentials. Energy consumption in buildings can be reduced by 30 to 80% using proven and commercially available technologies. Investment in building energy efficiency is accompanied by significant direct and indirect savings, which help offset incremental costs, providing a short return on investment period. Therefore, buildings offer the greatest potential for achieving significant greenhouse gas emission reductions, at least cost, in developed and developing countries.

On the other hand, there are many more issues related to the sustainability of the built environment than energy. The building sector is responsible for creating, modifying and improving the living environment of the humanity. Construction and buildings have considerable environmental impacts, consuming a significant proportion of limited resources of the planet including raw material, water, land and, of course, energy. The building sector is estimated to be worth 10% of global GDP (5.5 trillion EUR) and employs 111 million people. However, in developing countries, much of the large amount of the generated jobs does not necessarily imply decent work and quality of life as informal and/or degrading jobs are numerous in construction. Furthermore, many people remain excluded, economically and socially, living in informal housing and in unplanned urban areas.

The building construction sector has the responsibility to contribute to the sustainable development and, subsequently, contribute to diminish inequity, hunger and disease. These issues are not new, but did not change too much in the last decades and we still have the challenge of driving the cultural and environmental richness of these countries to a more sustainable scenario. New sustainable construction opens enormous opportunities because of the population growth and because of the search for wealthy environments. Construction stimulates the urbanization and the construction activities represent up to 40% of GDP. Therefore, building sustainably will result in healthier and more productive environments.

The sustainability of the built environment, the construction industry and the related activities are a pressing issue facing all stakeholders in order to promote the sustainable development of the world.

The conference topics cover a wide range of up-to-date issues and the contributions received from the delegates reflect critical research and the best available practices in the field of sustainable buildings and communities.

More than 500 abstracts were received from which resulted 332 full papers. After the evaluation process 212 papers were approved for oral presentation, all being published in its full version in these proceedings.

The received contributions are distributed by the following 12 major themes:

- Innovation and improvement of sustainable construction materials or systems (low and high tech solutions)

- Sustainable design solutions (low cost, reuse, eco efficiency, renovation, retrofitting, urban renovation)
- Sustainable building technology and management
- Technical knowledge for materials, buildings, neighborhoods and building sector
- Policies and strategies for a sustainable built environment
- Governance for a sustainable built environment
- Empowerment and participation processes for sustainability
- Social housing and buildings affordable to all
- Assessment tools (life cycle analysis, rating tools and monitoring) for materials, buildings, neighborhoods and building sector
- Education for sustainability
- Urban mobility and accessibility
- Resources (water and energy) and residues management

In addition, a relevant number of contributions were received to the following 9 Special Sessions organized by some colleagues that collaborated closely with the organizing committee:

- Earth architecture and construction
- BIM and sustainable construction
- Sustainable construction sites
- Spatial patterns of urban ecosystems
- Open spaces system for a sustainable built environment
- Acoustics applied to buildings and sustainable environments
- Integrated design of renewable energy systems in buildings
- Rural housing, technologies and building cultures
- Building integration of solar thermal systems

All the papers selected for presentation at the conference and published in these Proceedings, went through a refereed review process and were evaluated by, at least, two reviewers.

The Organizers want to thank all the authors who have contributed with papers for publication in the proceedings, to all reviewers, whose efforts and hard work secured the high quality of all contributions to this conference and to the organizers of the special sessions that helped to tackle some specific topics very relevant for the sustainability of the built environment.

The Organizing Committee

Andrea Naguissa Yuba – Federal University of Mato Grosso do Sul
Cristina Engel de Alvarez – Federal University of Espírito Santo
Luis Bragança – University of Minho

PREFÁCIO

O Euro-ELECS 2015 é a primeira conferência latino-americana e europeia sobre edificações e comunidades sustentáveis. Este evento internacional está sendo organizado por UMinho, UFMS, UFES, ANTAC e iiSBE_PT, em Guimarães, Portugal, de 21 a 23 de julho de 2015. O evento é a evolução dos vários ELECS anteriores (Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis) que tiveram início em 1997 e com sucessivas edições realizadas a cada dois anos a partir de 2001. O Euro-ELECS 2015 é um evento científico inovador orientado para o tema "Conectando Pessoas e Ideias" e que tem o objetivo de preencher a lacuna entre o ambiente acadêmico, a sociedade, a teoria e a prática, ligando os países europeus e os países da América Latina. A conferência está focada nos temas dos Edifícios Sustentáveis, dos Bairros Sustentáveis e nas contribuições para atingir essas metas.

O sector da construção utiliza, a nível global, cerca de 40% da energia, 25% de água, 40% dos recursos naturais e emite aproximadamente 1/3 das emissões de gases de efeito estufa (é o maior contribuinte). Os edifícios residenciais e comerciais consomem cerca de 60% da eletricidade do mundo. Os edifícios existentes, por apresentarem baixos níveis de desempenho, apresentam oportunidades de redução de consumo de energia significativas. O consumo de energia em edifícios pode ser reduzido de 30 a 80% utilizando tecnologias comprovadas e disponíveis no mercado. O investimento na eficiência energética pode representar economias diretas e indiretas, que ajudam a compensar os custos incrementais, proporcionando um curto período de retorno sobre o investimento. Em paralelo, os edifícios oferecem grande potencial para atingir reduções significativas de emissões de gases de efeito estufa, a um custo menor, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento.

Por outro lado, para além da energia, há mais questões relacionadas com a sustentabilidade do ambiente construído. O sector da construção é responsável por criar, modificar e melhorar o ambiente para a humanidade. A construção e os edifícios têm impactos ambientais consideráveis, consumindo uma parte significativa dos recursos limitados do planeta, incluindo nesse contexto as matérias-primas, água, terra e, também, a energia. O sector da construção está estimado em 10% do PIB mundial (5,5 mil milhões de euros) e emprega 111 milhões de pessoas. No entanto, nos países em desenvolvimento, parte da grande quantidade de empregos gerados não implica necessariamente em trabalho digno e com qualidade de vida uma vez que o emprego informal e/ou postos de trabalho degradantes são numerosos na construção civil. Além disso, muitas pessoas continuam a ser excluídas, económica e socialmente, vivendo em habitações informais e em áreas urbanas sem planeamento.

O setor de construção tem a responsabilidade de contribuir para o desenvolvimento sustentável e, conseqüentemente, auxiliar para a diminuir a desigualdade, a fome e as doenças. Estas questões não são novas, mas a situação não mudou muito nas últimas décadas, sendo ainda um grande desafio direcionar a riqueza cultural e ambiental destes países para um cenário mais sustentável. A construção sustentável abre significativas oportunidades em função do crescimento da população e, também, motivado pela procura do bem estar. A construção estimula a urbanização e as atividades de construção representam até 40% do PIB. Portanto, a construção sustentável induz à geração de ambientes mais saudáveis e mais produtivos.

A sustentabilidade do ambiente construído, da indústria da construção e das atividades relacionadas são questões prementes para todos os intervenientes no processo construtivo, a fim de promover o desenvolvimento sustentável do mundo. Os tópicos da conferência abrangem uma ampla gama de questões atuais e as contribuições recebidas pelos participantes refletem a investigação fundamental e as melhores práticas disponíveis no domínio das edificações e das comunidades sustentáveis.

Foram recebidos cerca de 500 resumos, a partir dos quais resultaram em 332 artigos completos submetidos. Após o processo de avaliação, 257 trabalhos foram aprovados para apresentação oral, estando todos publicados em versão completa nos anais do evento.

As contribuições recebidas estão distribuídas pelos seguintes 12 principais temas:

- Inovação e melhoria nos materiais e sistemas de construção sustentáveis (soluções *low e high tech*)
- Soluções de projeto sustentáveis (baixo custo, reutilização, eco eficiência, renovação, regeneração urbana)
- Transferência de conhecimento técnico para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis
- Estratégias e políticas para a sustentabilidade do ambiente construído
- Governança para a sustentabilidade do ambiente construído
- Processos de participação e de empoderamento para a sustentabilidade
- Habitação social e edificações de baixo custo
- Ferramentas de avaliação (análise de ciclo de vida, certificação da sustentabilidade e monitoramento) para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis
- Educação para a sustentabilidade
- Mobilidade urbana e acessibilidade
- Recursos (água e energia) e tratamento de resíduos

Além disso, um número relevante de contribuições foram recebidas para as seguintes 9 Sessões Especiais organizadas por colegas que colaboraram ativamente com a comissão organizadora:

- Arquitetura e construção em terra
- BIM e construção sustentável
- Canteiros sustentáveis
- Padrões espaciais dos ecossistemas urbanos
- Sistema de espaços abertos para um ambiente construído sustentável
- Acústica aplicada a edifícios e ambientes sustentáveis
- Projeto integrado de sistemas de energias renováveis em edifícios
- Habitação, tecnologias e culturas construtivas rurais
- Integração de sistemas solares térmicos em edifícios

Todos os trabalhos selecionados para apresentação na Conferência e publicados nos anais passaram por um processo de revisão por especialistas e foram avaliados por, no mínimo, dois avaliadores.

Os organizadores agradecem a todos os autores que contribuíram com artigos para publicação destes anais; a todos os avaliadores, cujos esforços e trabalho árduo garantiram a alta qualidade das contribuições para esta conferência; e aos organizadores das sessões especiais que ajudaram a promover alguns temas específicos de grande relevância para a sustentabilidade do ambiente construído.

A Comissão Organizadora

Andrea Naguissa Yuba – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Cristina Engel de Alvarez – Universidade Federal do Espírito Santo

Luis Bragança – Universidade do Minho

PREFÁCIO

El Euro-ELECS 2015 es la primera conferencia latinoamericana y europea en edificios y comunidades sostenibles. Este evento internacional es organizado por UMinho, UFMS, UFES, ANTAC y iISBE PT, en Guimarães, Portugal de 21 al 23 de Julio de 2015.

El evento es la evolución de varios ELECS anteriores (Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis) que se inició en 1997 y con sucesivas ediciones realizadas a cada dos años a partir de 2001.

El Euro-ELECS 2015 es un evento científico innovador cuyo tema es "Conectando Personas e Ideas" y tiene por objetivo llenar el vacío existente entre el ámbito académico, la sociedad, la teoría y la práctica, haciendo la vinculación entre los países europeos y de América Latina. La conferencia se centró en los temas de Edificios Sustentables, los Barrios Sustentables y las contribuciones para lograr estos objetivos.

El sector de la construcción utiliza, a nivel mundial, alrededor del 40% de energía, el 25% de agua, 40% de los recursos naturales y emite aproximadamente 1/3 de los gases de efecto invernadero (el mayor contribuyente). Edificios residenciales y comerciales consumen alrededor del 60% de la electricidad mundial. Los edificios existentes, por presentaren bajos niveles de desempeño, ofrecen oportunidades de reducción significativa del consumo de energía. El consumo de energía en los edificios puede ser reducido de 30 a 80% utilizando tecnologías probadas y disponibles comercialmente. La inversión en eficiencia energética puede representar ahorros directos e indirectos, que ayudan a compensar los costos incrementales, proporcionando un corto periodo de recuperación de la inversión. En paralelo, los edificios ofrecen un gran potencial para lograr reducciones significativas de las emisiones de gases de efecto invernadero a un costo menor, tanto en los países desarrollados y en desarrollo.

Por otra parte, además de la energía, existen más cuestiones relacionadas con la sostenibilidad del ambiente construido. El sector de la construcción es responsable en crear, modificar y mejorar el ambiente para la humanidad. La construcción y los edificios ocasionan impactos ambientales considerables, consumiendo una parte significativa de los recursos limitados del planeta, incluso en este contexto, las materias prima, el agua, la tierra y también la energía. El sector de la construcción se estima en 10% del PIB mundial (5,5 millones de euros) y emplea 111 millones de personas. Sin embargo, en los países en desarrollo, parte de la gran cantidad de empleos generados no implica necesariamente el trabajo digno y con calidad de vida, pues como el empleo informal y/o puestos de trabajo degradantes son numerosos en la construcción civil. Además, muchas personas siguen siendo excluidas, económica y socialmente, viviendo en habitaciones informales en zonas urbanas sin planificación.

El sector de la construcción tiene la responsabilidad de contribuir para el desarrollo sostenible y, consecuentemente, ayudar a disminuir la desigualdad, el hambre y las enfermedades. Estas cuestiones no son nuevas, pero la situación no ha cambiado mucho en las últimas décadas, aún siendo un desafío direccionar la riqueza cultural y ambiental de estos países para un escenario más sostenible. La construcción sostenible abre significativas oportunidades por el crecimiento de la población y, también, motivado por la búsqueda del bienestar. La construcción estimula la urbanización y las actividades de construcción representan hasta 40% del PIB. Así, la construcción sostenible induce a la generación de ambientes más saludables y más productivos.

La sostenibilidad del ambiente construido, de la industria de la construcción y de las actividades relacionadas son cuestiones urgentes para todos los interesados en el proceso de construcción, con el fin de promover el desarrollo sostenible del mundo.

Los temas de la conferencia abarcan una amplia gama de temas de actualidad y las contribuciones recibidas de los participantes reflejan la investigación fundamental y las mejores prácticas disponibles en el ámbito de los edificios y comunidades sostenibles.

Fueron recibidos 500 resúmenes, que resultaron en 332 artículos completos sometidos. Después del proceso de evaluación, 230 trabajos fueron aprobados para presentación oral, con todos estos publicados en su versión completa en las actas del evento.

Las contribuciones recibidas se distribuyen por los siguientes 12 temas principales:

- Innovación y mejoría en los materiales y sistemas de construcción sostenibles (soluciones low y high tech)
- Soluciones de proyectos sostenibles (bajo costo, reutilización, eco-eficiencia, renovación, regeneración urbana)
- Gestión y tecnología de construcción sostenible
- Transferencia de conocimientos técnicos para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles
- Edificios de balance energético casi nulo
- Estrategias y políticas para la sostenibilidad del ambiente construido
- Gobernanza para la sostenibilidad del ambiente construido
- Procesos de participación y de empoderamiento para la sostenibilidad
- Habitación social y edificación de bajo costo
- Herramientas de evaluación (análisis del ciclo de vida, certificación de sostenibilidad y monitoreo) para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles
- Educación para la sostenibilidad
- Movilidad urbana y accesibilidad
- Agricultura / producción de alimentos urbana
- Recursos (agua y energía) y gestión de los residuos

Además, se ha recibido un número significativo de contribuciones para las siguientes 9 Sesiones Especiales organizados por colegas que colaboraron activamente con el comité organizador:

- Arquitectura y construcción en tierra
- BIM y construcción sostenible
- Sitios de construcción sostenibles
- Patrones espaciales de los ecosistemas urbanos
- Sistema de espacios abiertos para un ambiente construido sostenible
- Acústica aplicada a edificios y ambientes sostenibles
- Diseño integrado de sistemas de energías renovables en edificios
- Viviendas rurales, tecnologías y culturas de construcción
- Integración de sistemas solares térmicos en edificios

Todos los trabajos seleccionados para su presentación en la Conferencia y publicados en las actas pasaron por un proceso de revisión por especialistas y fueron evaluados por al menos dos revisores.

Los organizadores agradecen a todos los autores que contribuyeron con artículos para la publicación de este libro de actas; a todos los evaluadores, cuyos esfuerzos y trabajo arduo aseguraron la alta calidad de las contribuciones a esta conferencia; y a los organizadores de las sesiones especiales que ayudaron a promover algunos temas específicos de gran relevancia para la sostenibilidad del ambiente construido.

El Comité Organizador

Andrea Naguissa Yuba – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Cristina Engel de Alvarez – Universidade Federal do Espírito Santo

Luis Bragança – Universidade do Minho

Scientific Committee / Comité Científico / Comité Científico

Akemi Ino	Aloísio Leoni Schmid	Andrea Moro
Andrea Naguissa Yuba	Carlos Pina dos Santos	Carlos Torres Formoso
Catarina Brandão Araújo	Charles Kibert	Christian Wetzel
Cristina Engel de Alvarez	Curt Garrigan	Dimitrios Bikas
Dinara Paixão	Dorota Chwieduk	Dóris Kowaltowski
Edna Nico Rodrigues	Eduardo Maldonado	Emilio Mitre
Eneida Maria Souza Mendonça	Ercília Hitomi Hirota	Frank Schultmann
François Baillon	Helena Gervásio	Helenice Sacht
Hipólito de Sousa	Holmer Savastano Junior	Irina Tumini
Joana Bonifácio Andrade	Jorge Patricio	Jorge de Brito
José Amarilio Barbosa	José Neto	João Luis Calmon Gama
Liza Maria Souza de Andrade	Luisa Cabeza	Luís Bragança
Luís Simões da Silva	Manuel Pinheiro	Manuela Almeida
Maria do Carmo Duarte Freitas	Mat Santamouris	Miguel Aloysio Sattler
Márcia Bissoli Dalvi	Mônica Santos Salgado	Nelson Porto Ribeiro
Nils Larsson	Obede Borges Faria	Paulo Vargas
Petr Hajek	Raymond Cole	Ricardo Mateus
Rodolfo Rotondaro	Rodrigo Garcia Alvarado	Ronald Rovers
Said Jalali	Sandra Silva	Sergio Fernando Tavares
Sheyla Mara Baptista Serra	Silva Afonso	Soteris Kalogirou
Sylviane Nibel	Teresa Barbosa	Thomas Luetzkendorf
Tom Woolley	Tove Malmqvist	Vanessa Gomes da Silva
Wim Bakens		



Contents / Índice / Índice

Foreword / Prefácio / Prefácio

Andrea Naguissa, Yuba Cristina Engel, Luis Bragança

Volume 1

Chapter 1: Sustainable design solutions (low cost, reuse, eco efficiency, renovation, retrofitting, urban renovation)

Capítulo 1: Soluções de projeto sustentáveis (baixo custo, reutilização, eco eficiência, renovação, regeneração urbana)

Capítulo 1: Soluciones de proyectos sostenibles (bajo costo, reutilización, eco-eficiencia, renovación, regeneración urbana)

How can sustainability assessment systems for urban development support a housing improvement district? 3

Thomas Lützkendorf

Embodied energy in green roofing – case study in southern Brazil 7

Giane Grigoletti, Marcos Pereira

Construction site processes: sustainable management and participation 15

Francesca Muzzillo, Antonella Violano, Monica Cannaviello, Fosca Tortorelli, Lucia Melchior

The connection of open spaces to improve the urban contexts environmental 25

Raffaella Martino, Rossella Franchino, Caterina Frettoloso

Resilience Thinking: the next tread of Sustainable Regeneration Strategies? 33

Duarte Nunes, Ana Tomé, Manuel Pinheiro

A case study of zero energy building: How to achieve the best performance 43

Francisco García, María Díaz

Fuseta's vaulted houses. A Thermal Performance Study 53

Mafalda Pacheco, Ana Tomé, Maria Gomes

Methodology for thermal performance resilience assessment of buildings in a changing climate – a case study from Lisbon 63

Ricardo Barbosa, Rui Santos, Romeu Vicente

The recovery sustainable urban water systems management and Green Roofs - Widespread conversion of impervious surfaces existing greened surfaces in urban areas 73

Gioia Clementella, Emanuele Habib, Carlo Cecere

A composite assessment tool of both deficiencies and potential transformation for Italian Council Housing <i>Lorenzo Diana, Carlo Cecere</i>	83
An integrated approach to the residential mega-structures retrofitting. <i>Lorenzo Diana, Simona Vasinton, Carlo Cecere</i>	89
Parametric analysis of the impact of windows on energy needs of buildings with Energy Passive House Standard <i>Meri Cvetkovska, Strahinja Trpevski, Andrej Andreev, Ana Gavriloska, Marijana Lazarevska</i>	99
Use of recycled aggregates from construction and demolition wastes in the production of structural concrete <i>Rui Silva, Jorge de Brito</i>	107
O Turismo Regional como fator de Resiliência Urbana <i>Deize Ximenes</i>	117
Parque Linear às Margens de Rios: Elemento de Regeneração Urbana e Apropriação do Espaço Público <i>Felipe Oliveira, Deize Ximenes</i>	127
Redesenho da garrafa tipo PET para utilização na construção civil <i>José Dibo, Pedro Mattia</i>	137
Mampuestos producidos con residuos del desmote del algodón <i>Hugo Muñoz, Joao Ferreyra, Carlos Defagot, Rubén Grether, Ariel González, María Carrasco</i>	145
Análise de custo de concretos asfálticos produzidos com agregado reciclado de concreto <i>Adriana Lobo, Janaína Motter, Leonardo Miranda</i>	155
Avaliação de sustentabilidade na urbanização de favelas: soluções de desenho e gestão <i>Laura Bueno, Caroline Pera, Estela Almeida</i>	163
Inovações tecnológicas na taipa contemporânea <i>Rosana Parisi, Raymundo Rodrigues, Glacir Fricke</i>	173
Estudo de Caso de 3 Paredes Verdes em Brasília – DF / Brazil: análise fitogeográfica e morfológica <i>Pedro Sorte, Caio Silva, Marta Romero</i>	183

Particularidades climáticas del Ecuador y su influencia en el confort de las edificaciones. El caso de la localidad de Guayaquil <i>Raúl Gulá, Verónica Criollo, José Castillo, Ana Báez, Ana Rivero, Justo Navarro</i>	189
Análise de variáveis térmicas ambientais nos Módulos Antárticos Emergenciais <i>Wagner Martins, Cristina Alvarez</i>	199
Identificação do Padrão de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, Públicas e de Serviços em Cidade Média da Zona Bioclimática 2, Brasil <i>Rosa Kalil, Rodrigo Fritsch, Eduardo Cunha, Jaqueline Peglow, Adriana Gelpi</i>	209
Investigação da relação do consumo de materiais, energia incorporada e emissões de CO2 com a compacidade de projetos de empreendimentos de habitação de interesse social <i>Renata Postay, Andrea Kern, Mauricio Mancio, Eduardo Schneck</i>	217
Avaliação Térmica de Casa Popular Eficiente no Período de Verão <i>Joaquim Santos, Marcos Vagheti, Roberta Soares, Andressa Schley, Liége Garlet, Rayner Machado</i>	227
A correlação entre variáveis climáticas em diferentes configurações urbanas <i>Fabiana Silva, Cristina Alvarez</i>	237
O impacto da distribuição de vegetação no microclima de ambientes urbanos <i>Brenda Silva, Tatiana Xavier, Fabiana Silva, Cristina Alvarez</i>	247
A identidade visual nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade - estudo de caso: ISMAS <i>Gleica Bortolini, Márcia Bissoli-Dalvi, Cristina Alvarez</i>	257
Um hotel na antártica: o turismo como instrumento para a preservação ambiental <i>Marina Tomé, Cristina Alvarez, Paulo Vargas</i>	267
Design de Interiores para a Sustentabilidade: uma vivência de ensino e extensão universitária na ambientação das salas de aula da EMEI Chapeuzinho Vermelho <i>Adriana Silva, Gustavo Cossio</i>	277
Emprego dos Resíduos de Processamento de Ágatas em Argamassas na Construção Civil <i>Rodrigo Silva, Jocenir Boita, Daiane Folle, Ana Melo, Ana Kirchheim</i>	285
Metodología para la evaluación de la sostenibilidad de proyectos vis mediante indicadores de línea base para las comunas 6 y 8 de la ciudad de Medellín <i>Alejandra Quintero, Gloria Peláez, Diana Valencia, Ader García, Enrique Vanegas, Johnny Vega</i>	291

Conforto acústico em quartos de internação: Efeitos na saúde de seus usuários <i>Fernanda Andrade</i>	301
Análise Comparativa de Blocos de Concreto Produzidos na Cidade de VIÇOSA/MG <i>Gabriel Viana, Larissa Negriz, Maristela Siolari, Charles Silva</i>	309
Creatividad Sustentable: Simulación Ambiental en el Diseño Inicial de Viviendas <i>Rodrigo Alvarado, Cristián Viveros, Gerth Wandersleben, Esteban Zalamea</i>	319
Chapter 2: Innovation and improvement of sustainable construction materials or systems (low and high tech solutions)	
Capítulo 2: Inovação e melhoria nos materiais e sistemas de construção sustentáveis (soluções low e high tech)	
Capítulo 2: Innovación y mejoría en los materiales y sistemas de construcción sostenibles (soluciones low y high tech)	
Advanced Concrete Technology for Sustainable Building <i>Petr Hajek, Ctislav Fiala, Magdalena Novotna</i>	329
Rubber crumb used in concrete to provide freeze-thaw protection <i>Alan Richardson, Kathryn Coventry, Eli Dias</i>	337
Impact resistance of concrete - Using slit rubber from tyres <i>Kathryn Coventry, Alan Richardson, Jamie Rogers</i>	347
Study of Natural Ventilation for a Modular Façade System in Wind Tunnel Tests <i>Helenice Sacht, Luís Bragança, Manuela Almeida, Rosana Caram</i>	355
Evaluation of the Influence of Early Age Shrinkage on the Control of Mortar Cracking <i>Ribeiro</i> <i>Matthias Eckert, Miguel Oliveira, A. Bettencourt Ribeiro</i>	363
Customized sandwich panels for the rehabilitation of the built patrimony <i>Pedro Costa, Joaquim Barros</i>	373
Iluminação de escritórios: considerações sobre o uso do LED <i>Mariangela Moura, Ana Motta</i>	383
Calor de hidratação de pastas com resíduo de gesso em três ciclos de reciclagem <i>Andréa Ribeiro, Luis Mesquita, Yêda Póvoas</i>	391
Utilização do “bambusa vulgaris” como entramado na taipa visando construções sustentáveis <i>Sandro César, Rita Cunha, Deir Silva</i>	401

Arquivos climáticos com dados horários de irradiância para estudos de degradação de fachada	411
<i>Vanda Zanoni, José Sánchez, Elton Bauer, Cláudia Amorim</i>	
Análise da energia embutida na readequação de coberturas: estudo de caso nas escolas públicas do estado do paraná	421
<i>Sérgio Tavares, Isaura Uhmman, Adriane Savi</i>	
Avalia�o de parâmetros geotécnicos de um solo reforçado com resíduos da constru�o civil e fibras para uso em pavimenta�o	429
<i>Th�sia Macedo, Kalinny Lafayette, Alexandre Gusmão, Jonas Silva</i>	
A revolu�o da nanotecnologia na constru�o de painéis solares fotovoltaicos de alto desempenho	437
<i>Ant�nio Ferreira, Fernando Mainier, Carlos Soares, Orlando Longo</i>	
Sustentabilidade em lajes alveolares protendidas	445
<i>Romão Direitinho, Sheyla Serra, Marcelo Ferreira</i>	
Avalia�o do Conceito de Desenvolvimento Sustentável em Agregados Artificiais	455
<i>Claudia Coura, Teresa Barbosa</i>	
Concreto com o uso conjunto de dois resíduos: ACBC e o RCC	465
<i>Juliana Moretti, Almir Sales, Fernando Almeida, Pedro Gromboni, Mariana Rezende</i>	
Design e produ�o de protótipos de componentes pré-fabricados elaborados com materiais de base florestal	475
<i>João Santos, Tomás Barata, Marco Pereira</i>	
Desenvolvimento de Produto: Pesquisa para Proposi�o de Produto com Características Sustentáveis	485
<i>Marcos Borges, Amanda Pereira, Eduardo Castro</i>	
Painéis de vedaq�o em bambu: projeto, processo construtivo e patologias.	495
<i>Marco Pereira, Tomás Barata</i>	
Atributos de compósitos termoplásticos com detritos plásticos e vegetais	503
<i>Bernardo Dias, João Calmon, Cristina Alvarez</i>	
Análise do Ciclo de Vida da envoltória da Estaq�o Antártica Comandante Ferraz	513
<i>Thalles Reis, Cristina Alvarez</i>	
Materiais compósitos com incorpora�o de cânhamo industrial	523
<i>Elisabete Araújo, Rute Eires</i>	

Contribuição para avaliação da influência da granulometria de agregados reciclados em estruturas de contenção do tipo solo reforçado a partir do ensaio do arrancamento de pequeno porte	531
<i>José Marques, Heloisa Campos, Lígia Real, Talita Soares, Débora Tomaselli, Leonardo Miranda</i>	
Caracterização de Fachadas Duplas Ventiladas como Envolvente de Edifícios	541
<i>Erika Guimarães, Elaine Vazquez, Luís Bragança</i>	
A evolução da janela e sua interferência em ambiente de edificações multifamiliares	551
<i>Edna Nico-Rodrigues, Cristina Alvarez, Maria Piderit, Artur Rodrigues</i>	
Materiais de isolamento térmico de edifícios. Para além da energia operacional	561
<i>Carlos Augusto, Luís Bragança, Manuela Almeida</i>	
Fabricação artesanal de briquetes utilizando resíduos de jornal e serragem de madeira	571
<i>Marcela Ferreira, Adeildo Silva</i>	
Utilização de resíduos de pneus em argamassa para revestimento	581
<i>Daiana Arnold, Adriana Silva, Alexandre Silva, Adair Kaiser, Janaina Rosa</i>	
Comparação de Propriedades de Argamassas Dosadas com Areia Natural e Resíduos do Beneficiamento de Rochas Ornamentais	589
<i>Farah Silva, Felisbela Oliveira, Arnaldo Carneiro</i>	
Chapter 3: Integrated design of renewable energy systems in buildings	
Capítulo 3: Projeto integrado de sistemas de energias renováveis em edifícios	
Capítulo 3: Diseño integrado de sistemas de energías renovables en edificios	
Old buildings, new cities: Analysis of Brussels' Leopold quarter building typologies as a driver to identify optimal retrofitting strategies	601
<i>Aránzazu González, Consolación Román, Philippe Bouillard, Sophie Trachte, Arnaud Evrard</i>	
Comportamento do software Ecotect comparado ao software EnergyPlus	611
<i>Juliana José, Marcos Borges, Eduardo Castro</i>	
Assessing the energy saving potential of semi-transparent photovoltaic elements for building integration	621
<i>Lorenzo Olivieri, Estefanía Martín, Francisco Vázquez, Nuria Chivelet, Francesca Olivieri, Javier Neila</i>	
Equipment and systems in energy-efficient homes for the Center-South of Chile	631
<i>Flavio D'Amico, Ernesto Valiente, Rodrigo Alvarado, Maureen Kelly, Olavo Escorcía</i>	

Potencial Solar Activo en Techumbres de Viviendas Inmobiliarias. <i>Esteban Zalamea, Rodrigo García, Lorena Troncoso</i>	639
Energy savings technologies for a non-residential NZEB in Medi-terranean climate <i>Annamaria Buonomano, Umberto Montanaro, Adolfo Palombo, Maria Vicidomini</i>	649
Chapter 4: Building Integrated Solar Thermal Systems	
Capítulo 4: Sistemas Solares Térmicos Integrados em Edifícios	
Capítulo 4: Sistema solares térmicos integrados en los Edificios	
Building Integrated Solar Thermal Systems <i>Soteris Kalogirou</i>	661
Evaluation of the environmental profile of a building-integrated solar thermal collector, based on multiple life-cycle impact assessment methodologies <i>Chrysovalantou Lamnatou, Gilles Notton, Daniel Chemisana, Christian Cristofari</i>	669
Consideration of Certain Health Issues Related to Solar Hot Water Systems <i>Nikola Z. Furundzic, Dijana P. Furundzic, Aleksandra Krstic-Furundzic</i>	679
The energy requirements by the ventilation system in housing. A review of the Polish legislation and standards <i>Hanna Jędrzejuk, Artur Rusowicz, Dorota Chwieduk, Andrzej Grzebielec, Maciej Jaworski</i>	687
Investigation of Sun Protection Issues of Building Envelopes via Active Energy Production Systems <i>Constantinos Vassiliades, Andreas Savvides, Aimilios Michael</i>	697
Economic aspect of solar thermal collectors' integration into facade of multifamily residential building <i>Tatjana Kosic, Aleksandra Krstić-Furundzic, Marija Grujic</i>	707
Towards the effective solar energy use in buildings in lithuania <i>Rokas Tamašauskas, Rosita Norvaišienė</i>	717

Volume 2**Chapter 5: Earth architecture and construction****Capítulo 5: Arquitetura e Construção em Terra****Capítulo 5: Arquitectura y Construcción en la Tierra**

Enseñanza-aprendizaje de la edificación con tierra en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México <i>Luis Guerrero, Francisco Soria</i>	729
Comportamiento Térmico de un Módulo Experimental Construido con Tierra Vertida Compactada en la Ciudad de México <i>Luis Guerrero, Francisco Soria, José Roberto García, Francisco Fernández</i>	739
Proposta de método de ensaio para determinação do módulo de deformação de adobes <i>Obede Faria, Célia Neves, Eduardo Pinto</i>	747
O conforto da habitação de terra <i>Leonardo Maia</i>	757
Yo puedo construir un aula de tierra <i>Ariel González, Maria Lazzarini</i>	767
Preceitos de sustentabilidade utilizados em parque ecológico em Minas Gerais, Brasil <i>Regina Mattaraia, Wilza Lopes, Karenina Matos</i>	775
Earthen construction opportunities after the new Brazilian building performance standard <i>Ana Villaça</i>	785
Tradition and Continuity-Towards an Authentic Earth Architecture in Jericho <i>Mohammad Rujoub, Luís Bragança, Nelson Ribeiro, Rute Eires</i>	793
Procedimentos expeditos para medição in loco de patologias de paredes de taipa <i>Ana Veraldo, Andrea Yuba, Ana Milani</i>	803
Tsuchikabe e o Protagonismo do Trabalhador <i>Bianca Joaquim, Akemi Hijioka, Akemi Ino</i>	813

Chapter 6: Rural housing, technologies and building cultures

Capítulo 6: Construção rural, cultura e tecnologias de edifícios

Capítulo 6: Construcción rural, tecnologías e cultura de la construcción

Apresentação de um Modelo de Apoio à Gestão de Projetos no Contexto da Construção Sustentável <i>Daniel Reis, Andreia Martins, José Sousa, Márcio Fabrício</i>	825
Mutirão x organicidade: a construção coletiva dos habitats dos assentamentos do MST <i>Cecília Medeiros, Amadja Borges</i>	835
O processo de conquista da moradia a partir de duas comunidades rurais brasileiras <i>Táisa Brosler, Sonia Bergamasco</i>	843
Tipologias de habitats de assentamentos do MST em São Paulo e no Rio Grande do Norte <i>Amadja Borges</i>	853
Possibilidades de apropriação do habitat em assentamentos rurais no Brasil <i>Amadja Borges, Cecília Medeiros, Márcia Oliveira, Sarah Andrade</i>	863
A cultura construtiva da Serra do Caparaó no Espírito Santo, Brasil: técnica tradicional e eco eficiência. <i>Nelson Ribeiro, Aline Silveira</i>	873
Lições aprendidas com as construções em ambientes remotos: aplicação à realidade urbana <i>Carolina Rocon, Ricardo Maioli, Cristina Alvarez</i>	883
Sobre a provisão e a produção de habitações em assentamentos rurais: o caso do projeto Inovarural (Itapeva/SP) <i>Rodolfo Sertori, Akemi Ino</i>	893
Moradias Sobredimensionadas dos anos 70-90 na periferia de Braga: Processo de transformação <i>Michael Loureiro, Ricardo Mateus</i>	903
Tradição em Continuidade: monitorização das estratégias bioclimáticas das Quintas no Nordeste Transmontano <i>Joana Gonçalves, Ricardo Mateus, Teresa Ferreira</i>	913
The influence of the Palestinian sociocultural values in shaping the vernacular architecture of Nablus city <i>Fajr Tawayha, Luís Bragança, Ricardo Mateus</i>	923

Chapter 7: Acoustics applied to buildings and sustainable environments

Capítulo 7: Acústica aplicada a edifícios e ambientes sustentáveis

Capítulo7: Acústica aplicada a edificios y entornos sostenibles

Avaliação de Propriedades Acústicas da “Casa Popular Eficiente” <i>Jamile Rossi, Anderson Ongaro, Marco Pinheiro, Marcos Vaghetti, Dinara Paixão</i>	933
Critérios e metodologias para limitação de vibrações, em edifícios, provenientes de vias férreas <i>Jorge Patrício, Fernando Azevedo</i>	943
Mapeamento acústico das denúncias de poluição sonora em Natal-RN <i>Luciana Alves, Débora Pinto, Virgínia Araújo, Bianca Araújo</i>	951
Impacto sonoro decorrente de alterações na legislação urbana - o PEU das vargens, rio de janeiro <i>Lygia Niemeyer</i>	959
Metodologia para avaliação acústica de espaços livres (Parque do Aterro do Flamengo, RJ) <i>Lygia Niemeyer, Marina Cortês, Felipe Aguiar, Maria Chaves</i>	969
Caracterização acústica de espécies verdes através da determinação da absorção sonora <i>Claudia Gaida, Larissa Tamiosso, Dinara Paixão</i>	979
Desempenho acústico: uma avaliação em campo e laboratório de vedações verticais e horizontais <i>Otávio Júnior, José Silva, Marco Pinheiro</i>	987
La incorporación de la variable acústica en la gestión ambiental <i>Alice González, Marcos Lisboa, Pablo Kovar, Nicolás Tizze</i>	997
Planejamento para Elaboração de um Mapa acústico no Município de Frederico Westphalen <i>Alessandro Alves, Claudia Gaida, Cristhian Brum, Angélica Baggiotto, Joani Covalesski</i>	1007
Análise dos Estudos de Impacto de Vizinhança na área de emissões sonoras no município de Frederico Westphalen <i>Alessandro Alves, Claudia Gaida, Cristhian Brum, Giovana Pavan</i>	1017
Ruído proveniente da construção civil: estudo de caso em obras em desenvolvimento na cidade de Frederico Westphalen-RS <i>Alessandro Alves, Claudia Gaida, Cristhian Brum, Leonardo Romitti</i>	1027

Chapter 8: Resources (water and energy) and residues management

Capítulo 8: Recursos (água e energia) e tratamento de resíduos

Capítulo 8: Recursos (agua y energía) y gestión de los residuos

Urban forestry residues management in small towns of São Paulo, Brazil <i>Adriana Nolasco, Mariana Cerca</i>	1039
Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios da Bacia Hidrográfica do PCJ, São Paulo, Brasil <i>Adriana Nolasco, Aline Meneses</i>	1047
Recarga de águas subterrâneas com trincheira de infiltração <i>Alfredo Júnior, Luciene Silva, Melissa Graciosa, Eduardo Mendiondo</i>	1055
Captação de águas pluviais em habitações de interesse social na região metropolitana do Recife <i>Amanda Figueiredo, Simone Silva</i>	1065
Sustentabilidade dos pontos de recebimento de resíduos sólidos na cidade do Recife <i>Alexandre de Lima, Camila Rodrigues, Daniela Albuquerque, Kalinny Lafayette</i>	1075
Plastificantes: efectos en morteros de albañilería con árido fino reciclado <i>Gloria Moyano, María Morales, Ignacio Palacios, Ignacio Espinosa, Montserrat Toro</i>	1085
Um método multiobjetivo para posicionamento otimizado de novos reservatórios hídricos com volume preestabelecido <i>José Sousa, Bruna Lima</i>	1095
Planejamento energético em ambientes extremos: uma experiência Antártica <i>Tiago Christo, Jussara Fardin, Domingos Simonetti, Cristina Alvarez</i>	1105
Áreas potenciais para produção de alimento no espaço urbano público: estudo de caso no município de São Carlos, SP/Brasil <i>Gustavo Scarpinella, Ricardo Silva, Sabrina Viana, Daniel Caiche</i>	1115
A web-based tool for the Construction and Demolition Waste (CDW) Management on sites <i>Diogo Paz, Kalinny Lafayette, Yêda Tavares</i>	1125
Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações Unifamiliares: Funcionamento Hidráulico de um Sistema de Drenagem Sifónica <i>Ana Silva, Manuela Lima, António Curado</i>	1133

Selecting strategies for the water saving in social housing by means of an analytic hierarchy method <i>Léa Silva, Ricardo Gonçalves, Luana Moreira</i>	1143
Avaliação das condições ótimas de viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão <i>Thiago Franci, Ricardo Gonçalves</i>	1153
Wood Waste Generation of Wooden-Houses Manufacturers in the Brazilian State of Santa Catarina <i>Victor Araujo, José Garcia, Maristela Gava, Juliana Cortez-Barbosa Antonio Savi, Elen Morales, Juliano Vasconcelos</i>	1161
Indicadores de “Hidricidade” como ferramenta de avaliação da eficiência urbana <i>Giovana Ulian, Manuela Lima, Ivan Cartes</i>	1169
Estimativa do Consumo e Considerações Sobre Uso Racional de Água em Edificação em Campus Universitário <i>Karinnie Almeida, Jessica Silva, Maristela Silva, Vanessa Silva</i>	1179
Diretrizes para Elaboração do Projeto Logístico de Gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) em Canteiros de Obras <i>Adriano Bosetti, José Neto</i>	1187
Gestão da água em edificações através do aproveitamento de condensação do sistema de ar-condicionado: um exemplo em Vitória, Brasil <i>Celso Bastos, Sérgio Túlio, Ricardo Franci</i>	1197
Um Estudo do Planejamento do Fluxo de Materiais utilizando o Simulador STELLA <i>Phelipe Ruiz, Patricia Fontanini, Lia Pimentel, Ana Jacintho</i>	1203
Processo de Gestão de Planejamento Sustentável na Construção Civil a partir da aplicação do Last Planner e Gestão de Resíduo da Construção <i>Paula Claro, Patricia Fontanini, Lia Pimentel, Ana Jacintho</i>	1213
A medição individual de água como incentivo à sustentabilidade em áreas urbanas <i>Micaella Moura, Simone Rosa, Filipa Malafaya</i>	1223
 Chapter 9: Sustainable building technology and management	
Capítulo 9: Gestão e tecnologias de construções sustentáveis	
Capítulo 9: Gestión y tecnología de construcción sostenible	
Sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida <i>Poliana Cardoso, Javier Pablos</i>	1233

Assessment of existing building to intelligent and sustainable building – a case study in a university laboratory in São Paulo, Brazil <i>Carolina Miceli, Patricia Fontanini, Rosa Lintz, Lia Pimentel, Ana Jacintho</i>	1243
Microgeração Renovável no Contexto de Edificações Verdes no Brasil <i>Mauro Berni, Jane Tassinari, Paulo Manduca</i>	1251
Estudo comparativo entre as normas ISO 21931:2010, NBR 15575 e os requisitos das Certificações AQUA e LEED <i>Maria Costa, Manuela Almeida, Rita Cunha, Sandro Cesar</i>	1261
Analysis of Portuguese Residential Buildings’ Needs and Proposed Solutions <i>Erika Guimarães, Luis Bragança, Manuela Almeida, Ricardo Mateus</i>	1271
Emissões De CO2 na Construção Civil Brasileira (Estudo de caso no setor residencial) <i>Sérgio Tavares, Eloise de Oliveira, Carla Monich, Adriane Savi</i>	1281
Aplicação de critérios sustentáveis em uma obra pública do nordeste do brasil <i>Geórgia Jereissati, Maria Beinichis, Alexandre Bertini</i>	1289
 Chapter 10: Assessment tools (life cycle analysis, rating tools and monitoring) for sustainable materials, buildings, neighborhoods and building sector	
Capítulo 10: Ferramentas de avaliação (análise de ciclo de vida, certificação da sustentabilidade e monitorização) para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis	
Capítulo 10: Herramientas de evaluación (análisis del ciclo de vida, certificación de sostenibilidad y monitoreo) para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles	
Practice and knowledge of Flemish architects on sustainable material use <i>Elke Meex, Griet Verbeeck</i>	1299
Development of a Sustainability Assessment Methodology for Service Buildings in Turkey <i>Ceren Abacioğlu, José Barbosa, Müjde Altın, Luís Bragança</i>	1309
Monitoramento da Poluição Atmosférica Oriunda do Tráfego Veicular no Município de Passo Fundo <i>Denise Daris, Eduardo Meng, Luciana Brandli, Francisco Rosa, Julius Schwanz</i>	1319
Energia incorporada de sistemas de vedação de habitações na fase de desconstrução: estudo de caso para o DF, Brasil <i>Gilson Pedroso, Rosa Sposto</i>	1327

Avaliação da sustentabilidade ambiental de edificações públicas sob o foco do sistema de certificação LEED <i>Roberto Silva, Eloy Casagrande Jr., Adriana Santos</i>	1337
Study of the of the concept of community buildings and its importance for Land Use Efficiency <i>José Barbosa, Catarina Araújo, Luís Bragança, Ricardo Mateus</i>	1347
Análise e diagnóstico da ecoeficiência do Museu Zoobotânico Augusto Ruschi <i>Marcos Frandoloso, Luciana Brandli, Ana Scheffer, Bruna Stürmer, Deividly Morello, Evelise Both, Franciele Basso</i>	1355
Using performance indicators to evaluate concrete structures sustainability <i>Flávia Oliveira, Marcella Saade, Vanessa Gomes, Maristela Silva</i>	1365
Energia e emissões incorporadas nos estágios de produto e construção de edificações: aplicação a casos brasileiros <i>Maristela Silva, Marcella Saade, Larissa Miranda, Karine Klippel, Clara Dias, Flávia Oliveira, Vanessa Silva</i>	1375
Avaliação da acessibilidade em edifícios públicos em Brasília <i>Chenia Figueiredo, Andrezza Mendes</i>	1385
Análise do Ciclo de Vida dos Materiais (ACV) em busca de maior Sustentabilidade na Construção Civil Brasileira <i>Bruna Matos, Teresa Barbosa, Maria Hippert</i>	1393
Impacto da distância e tipo de transporte de materiais nas emissões de CO2 na construção de um empreendimento habitacional de interesse social <i>Marcos Godinho, Eduardo Schneck, Andrea Kern, Mauricio Mancio, Marco González, Josiane Pires</i>	1401
Análise do consumo de água e energia em prédio comercial com certificação ambiental LEED <i>Cibele Antonioli, Andrea Kern, Paulo Wander, Julia Herrmann, Carla Oliveira</i>	1411
Estratégia para a incorporação de impactes ambientais, sociais e económicos específicos num método de Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Saúde (HBSA) <i>Fátima Castro, Ricardo Mateus, Luís Bragança</i>	1421
Desempenho Económico de Edifícios: Desenvolvimento de Metodologia Avaliação Segundo a prEN 16627:2013 <i>Domingos Ribas, Miguel Morais, Paulo Cachim</i>	1431

Analysis and selection of indicators for a sustainability assessment method for school buildings based on SBTool - PT <i>Tatiana Saraiva, Manuela Almeida, Luís Bragança</i>	1441
Análise do Ciclo de Vida (ACV) do sistema de vedação vertical <i>Quarter log</i> <i>Thalles Reis, Cristina Alvarez, Emanuella Altoé</i>	1449
Ejemplo de una aplicación del Análisis de Ciclo de Vida a dos Materiales de Construcción en Uruguay <i>Marcela Silva, Carola Bianco, Alicia Mimbacas, Virginia Casañas</i>	1459
Complementos importantes para evaluar la sostenibilidad de la arquitectura hoy <i>Raúl Gulá</i>	1469
Sustainability assessment of biotic building solutions in Netherlands <i>Tyler Cain, Ronal Rovers, Luís Bragança</i>	1479
Chapter 11: BIM and sustainable construction	
Capítulo 11: BIM e a construção sustentável	
Capítulo 11: BIM y la construcción sostenible	
Análise ambiental da envoltória do edifício: Diálogo com o Sistema BIM <i>Aline Marques, Leopoldo Bastos, Frédéric Bonneaud</i>	1491
Desenvolvimento de projetos sustentáveis usando a plataforma BIM: estudo de caso na Cidade do Rio de Janeiro <i>Mônica Salgado, Marco Cunha, Técia Duarte</i>	1501
Modelagem, sustentabilidade e desempenho: BIM e a qualidade da construção <i>Fernanda Coelho, Mônica Salgado, Marcos Silvano</i>	1511
Integrating Life Cycle Assessment and Building Information Modelling: An Overview <i>Cristiane Bueno, Márcio Fabricio</i>	1521
Esforço demandado para emprego de Building Information Modeling na Certificação LEED® NC, etapa de projeto <i>Giseli Colleto, Vanessa Silva, Regina Ruschel</i>	1531
Building Information Modelling [BIM] for energy efficiency in housing refurbishments <i>Julie Comlay, Patricia Tzortzopoulos</i>	1541
Using Photographic Data and Auto CAD to Build a Library of Typical Facades Defects <i>Taal Elmasuri</i>	1551

Volume 3

Chapter 12: Policies and strategies for a sustainable built environment

Capítulo 12: Estratégias e políticas para a sustentabilidade do ambiente construído

Capítulo 12: Estrategias y políticas para la sostenibilidad del ambiente construido

Análise da disponibilidade de investimento em projetos de reabilitação portugueses <i>Catarina Araújo, Luís Bragança, Manuela Almeida, José Amarílio Barbosa</i>	1563
Espacios de oportunidad para la vivienda de media densidad <i>Ion Gutiérrez</i>	1571
Comércio e serviços como estratégia de sustentabilidade socioeconômica <i>Thaís Vicentim, Milena Kanashiro</i>	1581
Sustentabilidade urbana: instrumentos de planeamento e gestão ambiental <i>Silvia Lima, Wilza Lopes, Edson Silva</i>	1591
Análise da inserção urbana e impacto ambiental em conjunto habitacional, Campinas – SP <i>Gabrielle Okretic, Laura Bueno</i>	1601
Habitação social em municípios polo: sustentabilidade e inserção urbana <i>Rosa Kalil, Adriana Gelpi, Wagner Oliveira, Tanise Spielmann, Bianca Henicka, Nelita Prietto, Thauana Vanz, Ramadan Kalil</i>	1611
Ferramentas metodológicas para análise da ocupação urbana em áreas de risco <i>Leandro Assis, Vivian Albani, Abrahão Elesbon, Ludmila Carli, Rômulo Croce</i>	1621
Patrimonio construido y sustentabilidade <i>Graciela Pedemonte</i>	1629
Mapeamento das áreas com risco de impactos pluviais a partir de ferramentas de geoprocessamento na zona leste da cidade de Teresina-PI/Brasil em 1985 e 2010. <i>Nícia Leite, Felipe Monteiro</i>	1639
ECOPOL um modelo europeu de parceria pública para o desenho de políticas e instrumentos de promoção de eco-inovação – A experiência Portuguesa na construção sustentável <i>Luís Ferreira, Clara Lopes, Victor Ferreira</i>	1647
Desarrollo de una metodología de evaluación integral de sustentabilidad a nivel urbano <i>Jocelyn Nieto, Luis Silva, Vitor Murtinho, Constança Rigueiro, Helena Gervásio, António Bettencourt</i>	1657

Caracterização do ruído de tráfego automotor em espaços públicos na cidade de Vitória/ES <i>Greicikelly Paneto, Paulo Zannin, Cristina Alvarez</i>	1667
The resilience as new paradigm of sustainability <i>Irina Tumini, Sergio Rada</i>	1675
Multi-criteria evaluation for supporting renovation actions in educational buildings <i>Giulia Olivieri, Andrea Boeri, Jacopo Gaspari, Danila Longo</i>	1685
Procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade para construções na Antártica <i>Dielly Montarroyos, Márcia Bissoli-Dalvi, Cristina Alvarez, Luís Bragança</i>	1695
Cost optimal strategies for the renovation of residential neighborhoods towards energy and emissions neutrality – Rainha Dona Leonor case study <i>Marco Ferreira, Manuela Almeida, Ana Rodrigues</i>	1705
Espaços livres privados e legislação urbanística: interferências na qualidade urbana <i>Renata Simões, Flavia Torezani</i>	1715
Qualidade do Ar Interno (QAI) em edificações na Antártica: identificação de fontes e estratégias de controle <i>Érica Pagel, Cristina Alvarez, Neyval Júnior</i>	1725
Iluminação natural e legislação urbana: a experiência de Domingos Martins – ES (Brasil) <i>Stella Hoppe, Cristina Alvarez, Andréa Laranja</i>	1735
Promoting Sustainability as a Strategy to Mitigate the Effects of Economic Downturn on the Construction Industry <i>Ahmed Ashour, Luís Bragança, Manuela Almeida</i>	1745
 Chapter 13: Governance for a sustainable built environment	
Capítulo 13: Governança para a sustentabilidade do ambiente construído	
Capítulo 13: Gobernanza para la sostenibilidad del ambiente construido	
Governança e requalificação de espaços comuns construindo a sustentabilidade social: Avaliação e proposta para Programa Minha Casa Minha Vida na Cidade de Juiz de Fora – Minas Gerais – Brasil <i>Letícia Zambrano, Janaina Lawall, Nádía Camacho, Isabela Lopes, Daniella Ongaro, Yara Neves, Vitor Caldas, José Abdalla, Caterine Reginensi</i>	1755

A construção coletiva de espaços livres públicos no Assentamento rural Rosário <i>Sarah Andrade, Cecília Medeiros, Amadja Borges, Kleiton Nascimento</i>	1765
O papel dos movimentos sociais no fortalecimento da efetivação do Estatuto da Cidade como articuladores de ações de reconquista dos centros: um olhar sobre a experiência de João Pessoa, Paraíba. <i>Marina Fontenele, Elisabetta Romano</i>	1775
Information and communication technologies and the public spaces: reflections on exploring a new relationship first results from cost action cyberparks TU 1306 <i>Carlos Costa, Ina Erjavec</i>	1785
Um Estudo Exploratório Acerca da Segurança Contra Incêndio Numa Instituição Pública de Ensino Superior do Estado do Rio de Janeiro <i>Luciana Santos, Joel de Araújo, Orlando Celso Longo</i>	1795
Democratizando estratégias de gestão urbana: o exemplo das Zonas de Proteção Ambiental em Natal/Brasil <i>Ruth Ataíde, Miss Silva, Ana Lima, Rosa de Fátima</i>	1805
 Chapter 14: Emporwement and participation processes for sustainability	
Capítulo 14: Processos de participação e de empoderamento para a sustentabilidade	
Capítulo 14: Procesos de participación y de empoderamiento para la sostenibilidad	
Concepção de projeto habitacional flexível a partir da pré-ocupação <i>Anicoli Romanini, Marcele Martins, Andrea Mussi, Daiane Folle, Sheila Garcia</i>	1817
Ejemplificación de la problemática actual de las ciudades latinoamericanas, a través del análisis de santiago de querétaro <i>Jocelyn Nieto, Luis Silva, Vitor Murtinho, Constança Rigueiro, Adelino Gonçalves</i>	1825
Integrative Methodologies in Technical Assistance Projects for Urban Communities <i>Heliana Rocha, Maria Moura</i>	1835
Instrumento para monitorar empoderamento no Programa Nacional de Habitação Rural <i>André Pereira, Andrea Yuba</i>	1845
Projeto participativo de habitação de interesse social mais sustentável na Vila Telebrasilândia em Brasília: um exemplo de processo de projeto para o Programa Minha Casa Minha Vida no Brasil <i>Luisa Venancio, Liza Andrade</i>	1855

Chapter 15: Social housing and buildings affordable to all

Capítulo 15: Habitação social e edificações de baixo custo

Capítulo 15: abitación social y edificación de bajo costo

Análise do conforto ambiental em edifícios escolares no município de Vila Velha-ES, BR 1867
Luciana Jesus, Larissa Ramos, Eliane Antunes

Análise da adequação de empreendimentos habitacionais aos critérios da certificação ambiental brasileira Selo Casa Azul 1877
Daniela Fastofski, Marco González, Andrea Kern

Norma de Desempenho 15.575/2013: Análise de casos das exigências de conforto térmico em projetos de habitação de interesse social 1887
Josiane Pires, Andrea Kern, Marco González, Eduardo Schneck

Evaluating sustainable practices and capital cost analysis in brazilian low income houses 1897
Vanessa Freitas, Dayana Costa, Angelo Bello

Sombreamento e Transparência no Desempenho Térmico de Aberturas em Edificações Residenciais: Recomendações do Zoneamento Bioclimático Brasileiro 1907
Andréia Oliveira, Solange Leder, Solange Goulart

Impacto do Programa Nacional de Habitação Rural na cultura do fogão a lenha 1917
Suellen Santos, Maristela Siolari, Neuza Silva, Lilian Reis

Avaliação de Habitações de Interesse Social: com foco para os aspectos do conceito de sustentabilidade 1927
Daniella Gomes, Adriana Campos

Valoración de conjuntos de vivienda social en Cuenca (Ecuador) através de indicadores de densificación sustentable 1937
Maria Hermida, Natasha Cabrera

Chapter 16: Spatial patterns of urban ecosystems

Capítulo 16: Padrões espaciais e ecossistemas urbanos

Capítulo 16: Patrones espaciales y los ecosistemas urbanos

Humanização e resiliência: a capacidade adaptativa para o habitar urbano 1949
Raquel Barros

Padrões espaciais dos ecossistemas urbanos: uma conexão para promover a resiliência em ecologia e desenho urbano <i>Liza Andrade</i>	1961
O desafio da universalização do saneamento: padrões espaciais das águas urbanas para cidadãos dos assentamentos irregulares. <i>Laura Bueno</i>	1971
Pegada ecológica e produção de alimentos dos municípios e sua relação com padrões espaciais <i>Miguel Sattler</i>	1981
Padrões espaciais da paisagem para a agricultura urbana <i>José Medeiros</i>	1991
Niterói, RJ, Brasil: Reflexões sobre o Aumento das Construções na Última Década <i>Joel Araújo, Luciana Santos, Orlando Longo</i>	1999
Por uma cidade mais sustentável: discussão acerca de um sistema cicloviário a partir das áreas de fundo de vale em Presidente Prudente, SP <i>Arlete Francisco</i>	2007
A compreensão da caminhabilidade por meio dos padrões espaciais <i>Ana Barros</i>	2017
A Favela: Padrões Emergentes Em Assentamentos Informais <i>Vânia Loureiro</i>	2027
Padrões urbanos em cidades lusófonas: a perspectiva sintática <i>Valério Medeiros</i>	2037
Assessment of the Effects of the Expansion of the City of Estarreja on the Rational Land Use <i>Francisco Serôdio, Jorge Fernandes, Luís Bragança, Ricardo Mateus</i>	2045
Dimensões urbanas e valor ambiental em bairro habitacional: Estudo de caso em bairro de Vitória ES, Brasil <i>Karla Conde, Silvia Pina</i>	2055

Chapter 17: Open spaces system for a sustainable built environment

Capítulo 17: Sistema de espaços livres para a sustentabilidade do ambiente construído

Capítulo 17: Sistema de espacios libres para la sostenibilidad del entorno construído

Avaliação dos espaços livres de uso público da cidade de Colatina, Espírito Santo, Brasil <i>Vivian Albani, Leandro Assis, Bruna Perim, Bruno Martins, Nayara Malta</i>	2067
A importância metropolitana do sistema de espaços livres da região de Vitória – ES – Brasil <i>Eneida Mendonça</i>	2075
Infraestrutura verde - estratégia para regeneração de espaços livres e qualidade do ambiente construído <i>Daniella Bonatto</i>	2085
Espaços livres e urbanização brasileira: da conservação ambiental à esfera pública <i>Eugenio Queiroga</i>	2095
Estratégias para a transformação da paisagem das ilhas em urbanização <i>Barbara Prado</i>	2103
Os sistemas de espaços livres e o meio ambiente urbano – sobre um projeto de pesquisa nacional <i>Silvio Macedo</i>	2113
Espaços públicos urbanos: o centro urbano <i>Alina Santiago, Gabriel Pedrotti</i>	2123
Princípios e recomendações de projeto para a qualidade espacial de praças, sob a ótica da Sustentabilidade <i>Vivian Ecker, Nelson Vaz</i>	2133
Atributos espaciais para a qualificação de praças públicas urbanas <i>Vivian Ecker, Nelson Vaz</i>	2143
Espaços livres privados: residuais ou projetados? <i>Renata Simões, Sirana Fassina, Cristina Alvarez</i>	2153
Chapter 18: Sustainable construction sites	
Capítulo 18: Locais de construção sustentáveis	
Capítulo 18: Las obras de construcción sostenibles	
Análise do conforto dos usuários em canteiros de obras <i>Ludimilla Zeule, Sheyla Serra</i>	2163

Analysis of the evolution of research on construction and demolition waste using the SciMAT tool	2173
<i>María Morales, María Aires, Mónica Alonso, María Rojas, Eulalia Gago</i>	
Auditorias ambientais em estaleiros/canteiros de construção	2181
<i>José Teixeira, Sheyla Serra</i>	
Protocol for evaluating the compliance with requirements of Temporary Edge Protection Systems (TEPS)	2191
<i>Guilhermina Peñaloza, Tarcisio Saurin, Carlos Formoso</i>	
Análise de Desempenho Acústico de Escritórios em Canteiros de Obra	2201
<i>Fábio Mian, Léa Souza, Sheyla Serra</i>	
Orientações para a elaboração do projeto de inventário para alvenaria nos canteiros de obras.	2211
<i>Maria Santos, Sheyla Serra, Alexandre Bertini</i>	
Using a checklist for assessing the sustainability on water use in construction sites	2221
<i>Ludimilla Zeule, Sheyla Serra</i>	
Aferição de custos no canteiro de obra: um comparativo entre as tipologias das instalações provisórias	2231
<i>Natalia Matos, Sérgio Duarte, Maria Silva</i>	
Chapter 19: Urban mobility and accessibility	
Capítulo 19: Mobilidade urbana e acessibilidade	
Capítulo 19: Movilidad urbana y accesibilidad	
Análise espacial da acessibilidade e mobilidade urbana em teresina, Piauí - Brasil	2243
<i>Nícia Leite, Geraldo Costa</i>	
Acessibilidade em edifícios públicos em Fortaleza - Brasil	2253
<i>Chenia Figueiredo, Camila Landim</i>	
Requalificação do antigo hotel Tropicana para adaptação em um EHS	2261
<i>Marina Fontenele, Elisabetta Romano</i>	
Conectividade: princípio ecológico estruturador da resiliência no desenho ambiental	2271
<i>Giovanna Vital, Fernando Garrefa</i>	
Análise e Diagnóstico da Acessibilidade e Mobilidade Urbana no Centro de Poços de Caldas-MG, Brasil.	2281
<i>Ana Pereira, Rosana Parisi</i>	

Chapter 20: Technical knowledge transfer for sustainable materials, buildings, neighborhoods and building sector

Capítulo 20: Transferência de conhecimento técnico para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis

Capítulo 20: Transferencia de conocimientos técnicos para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles

Resultados da aplicação de métodos e instrumentos de apoio à pesquisa e ao projeto de iluminação natural - um estudo de caso acadêmico-profissional <i>Ingrid Fonseca, Marília Fontenelle, Andrea Matriciano, Maria Porto</i>	2293
Comparação estatística entre arquivos climáticos desenvolvidos com métodos diferentes <i>Ítalo Guimarães, Joyce Carlo</i>	2303
Casa popular eficiente: Uma proposta de moradia de baixo custo e sustentável <i>Marcos Vagheti, Joaquim Santos, Elvis Carissimi</i>	2313
Estimación de instalaciones solares domesticas según tipologías de edificación <i>Lorena Troncoso, Rodrigo García, Paulina Wegertseeder</i>	2323
Desempenho de revestimentos de argamassa com areia reciclada lavada e homogeneizada <i>Leonardo Miranda, Sílvia Selmo, Fabiani Sebrão</i>	2331
Envelhecimento natural de revestimentos “frios” e convencionais após 2 anos de exposição em ambiente marinho <i>Isabela Silva, Kai Loh</i>	2343

Chapter 21: Education for sustainability

Capítulo 21: Educação para a sustentabilidade

Capítulo 21: Educación para la sostenible

Learning by playing, growing creatively <i>Antonella Violano, Mariarosaria Strollo, Francesca Verde</i>	2351
Estudo da resistência de peças de paver fabricadas com diferentes combinações de misturas de agregados reciclados e naturais <i>Adriane Savi, Fabiani Franzen, Herminia Breginski, Leonardo Miranda</i>	2361
Estudo bibliométrico da produção científica do encontro latino-americano de edificações e comunidades sustentáveis <i>Maria Freitas, Paula Grünberg, Jéssica Tavares, Sérgio Tavares</i>	2371

Visualização e análise da informação científica divulgada no Youtube® <i>Maria Freitas, Miguel Martinez, Viviane Kuntz, Celso Ishida, Felipe Comunello, Felipe Nunes</i>	2381
Cidades melhores: cidades acessíveis para as pessoas <i>Anicoli Romanini, Marcele Martins, Marina Bernardes, Daiane Folle</i>	2391
Utilização de Experimento para a Compreensão do Fenômeno Ventilação por Efeito Chaminé <i>Marcelo Galafassi, Rafael Cartana, João Pacheco, Carolina Carvalho</i>	2309
O Ensino de Edificações e Comunidades Sustentáveis no NORIE, UFRGS <i>Miguel Sattler</i>	2409
Os Escritórios Modelo e a Arquitetura Sustentável no Brasil: o caso da Fau/UnB <i>Camila Silva, Liza Andrade, Helena Bokos, Taís Oliveira, Luiz Silva, Débora Lopes</i>	2419
A Importância de um Planeamento na Desconstrução de Edifícios <i>Andreia Martins, Daniel Reis, Márcio Fabrício, José Sousa</i>	2429
Green Schools – conceito e integração de novas tecnologias sustentáveis em projetos de edifícios escolares <i>Fernanda Azevedo, Jorge Ribeiro</i>	2439
The importance of the category of consciousness and education for sustainability in methodologies for eco-efficiency in school buildings <i>Tatiana Saraiva, Manuela Almeida, Luís Bragança</i>	2449
nZEB Training Needs in the Southern EU Countries – SouthZEB project <i>Sandra Silva, Manuela Almeida, Luís Bragança, Miguel Carvalho</i>	2457
Uso de "Ecotécnicas" No Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano: Uma Abordagem Crítica <i>Ricardo Silva, Eduardo Silva</i>	2479
Desenho urbano e capital social em assentamentos espontâneos. Caso de estudo, Bairro Moravia, Medellín , 2004-2014 <i>Katila Vilar, Ivan Cartes</i>	2489
Cooperação, produtividade e sustentabilidade no Programa Nacional de Habitação Rural - MCMV <i>Cecília Lenzi, João Lopes</i>	2499
Condicionantes de projeto para as instalações provisórias em canteiros de obras na cidade de São Paulo <i>Adriana Rodrigo, Danielle Gazarini, Francisco Cardoso</i>	2507

CHAPTER 1 | CAPÍTULO 1 | CAPÍTULO 1

Sustainable design solutions (low cost, reuse, eco efficiency, renovation, retrofitting, urban renovation)

Soluções de projeto sustentáveis (baixo custo, reutilização, eco eficiência, renovação, regeneração urbana)

Soluciones de proyectos sostenibles (bajo costo, reutilización, eco-eficiencia, renovación, regeneración urbana)



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

How can sustainability assessment systems for urban development support a housing improvement district?

Thomas Lützkendorf

Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Centre for Real Estate, Chair for Sustainable Management of Housing and Real Estate, Karlsruhe, Germany

thomas.luetzkendorf@kit.edu

ABSTRACT: Cities need to overcome major challenges. Their development should aim, among others, at responding to climate change, scarcity of resources, demographic changes or changing residents' needs concerning their work and living environment. The goal is to implement the sustainable development principles in the transformation of cities. For this purpose, it is necessary to identify specific levels of action, to secure the involvement of stakeholders and to develop appropriate tools. One approach is to examine the possibilities for action at the district or neighbourhood level. Especially in the case of residential neighbourhoods, it is primarily the property owners that need to be mobilized. The formation of Housing Improvement Districts (HID) can facilitate their collective commitment. What is needed is a system for the formulation of specific targets supporting at the same time the monitoring of successes. Individually adaptable systems for assessing and influencing the sustainable neighbourhood development should be applied.

Keywords: sustainability assessment, assessment system, sustainable urban development, housing improvement district (HID), stakeholders

RESUMO: As cidades encontram-se perante grandes desafios. Entre outras coisas, têm de reagir, com o seu desenvolvimento, às alterações climáticas, à escassez de recursos, à transformação demográfica ou transformação do mundo de trabalho e desejos habitacionais. O objectivo consiste na implementação de princípios para um desenvolvimento sustentável para a transformação das cidades. Para tal, é necessário identificar níveis de acção concretos, integrar os agentes e desenvolver recursos adequados. Um ponto de partida consiste na exploração das possibilidades de acção ao nível de bairros e comunidades urbanas. Nos bairros residenciais, podem ser mobilizados, entre outros, os proprietários dos terrenos e edifícios. Através da constituição de Housing Improvement Districts, pode criar-se o contexto para o seu envolvimento colectivo. Assim, torna-se necessário um sistema para a formulação de objetivos concretos, que promova ao mesmo tempo a verificação dos sucessos, devendo ser utilizados sistemas de avaliação, de adaptação individual, para apreciação e influência do desenvolvimento sustentável de bairros e comunidades urbanas.

Palavras-chave: avaliação da sustentabilidade, sistema de avaliação, desenvolvimento urbano sustentável, desenvolvimento de bairros residenciais, intervenientes no processo construtivo

1 INTRODUCTION

The transformation of cities in the sense of their adaptation to the current and future challenges becomes more and more a requirement for achieving a sustainable development. The cities need, on the one hand, to adapt to the climate change, which has already started taking root, and on the other hand, to the changing work environments, as well as to the new residential forms and users' needs. At the same time, they need also to contribute to the conservation of resources, the protection of the environment and the climate, as well as the health, security and quality of life of their residents. To this end, concepts for energy and other strategies are increasingly being elaborated – including suggestions for saving energy and protecting the

climate – which can provide a basis for urban development. Often measures are proposed and scenarios are developed as part of the concepts and strategies that can contribute both to significant improvements in quality of life as well as to the reduction of environmental impact.

Gaps, however, are evident: for example, it is often not clearly shown in these concepts, which stakeholders should be engaged and involved and in what way, as well as by whom and how the planned measures should be carried out or funded. Thus, for example, proposals for energy improvement of the existing building stock in cities are often developed (Nieboer et al. 2012). These buildings are, however, in private hands. The municipality has no direct influence on private buildings. To some extent, municipalities themselves have economic problems and do not have the financial means to stimulate sustainable urban development through funding alone. Thereby, the following questions arise among others:

- How can relevant stakeholders be identified, informed and motivated? Which of these stakeholders have influence, rights and resources to make an active contribution to sustainable urban development?
- Is there an appropriate level of action that makes possible the identification of a link between the individual and institutional goals of the stakeholders and the goals related to sustainable urban development?
- How and by means of which tools can goals and targets be formulated and the compliance with them be reviewed? Are the existing sustainability assessment systems for neighbourhoods and districts suited for this purpose?
- How can private capital be mobilized for a sustainable urban development? Are there approaches and experiences suitable for this purpose?

These questions are discussed below using the example of residential neighbourhoods and districts. The results are in principle transferable also to the business district.

2 THE QUARTER OR THE NEIGHBOURHOOD AS THE MAIN LEVEL OF ACTION

Cities are complex and dynamic systems. They are defined, among others, through their territorial or administrative boundaries and can be understood as a living space and working environment for their residents that cause significant energy and material flows. It is true that in big cities, and especially in megacities, the residents identify themselves with their city as such. But they lose the feeling of being able to directly influence the urban development itself. Experience has shown that even below the overall system of a city important levels of action exist, which, on the one hand, are important for the overall perception of problems or the identification of the present level of quality of life, and on the one hand, give citizens the feeling that they themselves can still influence and form the development plan (Wilson, 2009). This refers to districts, neighbourhoods and quarters, which are systems with loosely defined boundaries. In this sense, the specific territorial framework for action is often determined by the problems to be solved (need for air quality improvement, for green and open spaces, for implementation of energy concepts, etc.).

3 LAND AND BUILDING OWNERS: STAKEHOLDERS FOR URBAN DEVELOPMENT

Large parts of the city and its building stock are usually privately owned. Thus, the group of owner-occupiers and private landlords, as well as the housing companies, become relevant stakeholders for the urban development. They have in principle the rights, opportunities, and to some extent the means to contribute to sustainable development in their neighborhood, and thus in the whole city. This raises the question of how these stakeholders can become interested, motivated and involved. Land and building owners may pursue both individual and institutional goals. These goals are mainly oriented to the preservation and enhancement of the economic value of their buildings and land, but also to the improvement of the design and urban quality. Numerous stakeholders are also willing to contribute to sustainable urban development

as a way of accepting and fulfilling their shared responsibility for society and environment. The value and value development of buildings and land are partly influenced by the quality of the conditions at the site (air quality, access to public spaces and green areas, quality of public spaces, etc.). Thus, a link between the individual and institutional interests of the owners and the goals of sustainable neighborhood development can be established. However, the realization of the goals requires the joint and coordinated action by the owners, especially when the properties in a quarter are dispersed amongst various owners. Their opportunities for action, as well as their resources, need to be pooled.

4 INSTRUMENTS FOR THE BUNDLING OF THE OWNERS' INTERESTS

In order to bundle, coordinate and use the possibilities and the means of private owners of land and buildings in a targeted manner, various forms of cooperation of owners were developed and tested in the past aiming at improving the situation at the site. Besides the interest organisations of owners in the form of Housing Improvement Districts (HID's) (Krüger et al. 2007) and the partnerships between the public and private investors (PPP's), there are also other special forms such as the urban improvement districts, neighbourhood improvement districts (Kreuz, 2009), business improvement districts (for commercial districts) (Hoyt & Gopal-Agge 2007), energy improvement districts (Giancattarino, 2014), climate improvement districts or social improvement districts. The concept of an improvement district offers a legal framework for the private initiatives to support the development of a city or neighbourhood. The aim is to strengthen and better integrate such initiatives. Thereby, often these initiatives are originated by a group of building and land owners, who are willing to make an active commitment in terms of time, content and money, to promote both their own interests and urban interests. The current legal framework for HID's is very diverse.

Interest organisations of property owners acting within the boundaries of a neighbourhood need tools for the analysis of the concrete situation and deficits at the site, the formulation of goals and target systems including the identification of target and interest conflicts, the development of measures including the evaluation of costs, side effects and prospects of success, as well as the measurement of progress and successes. In connection with a sustainable neighbourhood development, besides a site analysis, also particular systems for assessing the sustainability of a neighbourhood are suited for this purpose.

5 SUSTAINABILITY ASSESSMENT SYSTEMS AS A USEFUL TOOL

In recent years, the different systems for assessing the sustainability of individual buildings have been proved to be effective for the description, assessment and influencing of the functional and technical quality of a building, as well as its economic, environmental and social performance. In the meantime, the various system providers have also developed variants appropriate for the sustainability assessment of cities and neighbourhoods (Sharifi & Murayama, 2013). These are especially suited for motivating project developers towards designing new sustainability-oriented neighbourhoods. However, for the further development of existing neighbourhoods, they prove to be too inflexible (Balouktsi et al. 2013). Cities fear that an absolute assessment result can lead to the stigmatisation of districts with problems as "unsustainable".

Yet existing neighborhoods need an immediate improvement. Sustainability assessment systems can also be used at different stages of the improvement process. When used in a flexible way, they allow the identification of specific subject and problem areas, the selection of appropriate indicators, metrics and targets, as well as the regular checks of the extent to which the targets have been achieved and the measurement of success. Therefore, it is recommended that flexible systems in the form of a "kit" are used that allow the adaptation to the specific local situation. Already this adaptation is part of the participation of local residents. In Karlsruhe such

a process has been developed by the Karlsruhe Institute of Technology (KIT) within the context of a “Reallabor” (“Urban Transition Lab”) (Nevens et al. 2013).

6 CONCLUSIONS

The transformation of existing cities into liveable, energy-saving, resource-saving, climate-neutral and affordable work and living environments requires the active involvement and participation of its residents. In this sense, districts and quarters or neighbourhoods form an appropriate level of action, since residents can more easily identify themselves with their neighbourhood and have an interest in their development. For mobilizing private capital a solution is the development of Housing Improvement Districts. Here, the interests and opportunities of private property owners are bundled, who share the common interest of preserving and increasing the value of their property. HID's provide the framework for achieving this. These interest organizations of property owners need foundations and tools for the development and monitoring of goals. These must be adaptable to the specific situation. For the development of new neighbourhoods the existing sustainability assessment systems are suitable for motivating investors and lead to a certificate. For the further development of existing neighbourhoods involving a variety of owners, these systems turn out to be too rigid. In this case the development and use of flexible systems in the form of a “kit” are recommended that can be adaptable and support various stages of the process. There is a need for research projects analysing the application of sustainability assessment systems within the framework of HID's. In Germany, this is achieved through the use of the scientifically supported "Urban Transition Labs" in different cities. Finally, it can be said that sustainable urban development can not only be taken forward through new technologies, but it should be also financed and implemented in an effective way. To this end, residents are important stakeholders whose contribution is necessary.

REFERENCES

- Balouktsi, M., Lützkendorf, T., Kopfmüller, J. & Parodi, O. 2013. Sustainable neighbourhoods: Challenges for research, policy and planning. In: G. Hauser, T. Lützkendorf & N. Eßig (eds), *Proceedings of SB13 Munich: Implementing Sustainability - Barriers and Chances, 24-26 April 2013*. Munich: CIB Publication
- Giancattarino, A. (ed.) 2014. Energy Investment District (EIDs): Policy Concept Paper. New York: Centre for Social Inclusion
- Hoyt, L.M., Gopal-Agge, D. 2007. The Business Improvement District Model: A Balanced Review of Contemporary Debates. *Geography Compass* 1(4): 946-958
- Kreuz, S. 2009. Urban Improvement Districts in Germany: New legal instruments for joint proprietor activities in area development. *Journal of Urban Regeneration & Renewal* 2 (4): 304-317
- Krüger, T., Wickel, M. & Kreuz, S. 2007. *Gutachten über die Begleitforschung für das Teilprojekt HID Steilshoop im Rahmen des Projektes Lebenswerte Stadt Hamburg*. Hamburg: HafenCity Universität
- Nevens, F., Frantzeskaki, N., Gorissen, L. & Loorbach, D. 2013. Urban Transition Labs: co-creating transformative action for sustainable cities. *Journal of Cleaner Production* 50: 111–122
- Nieboer, N. (ed.), Tsenkova, S. (ed.), Gruis, V. (ed.) & van Hal, A. (ed.) 2012. *Energy Efficiency in Housing Management: Policies and Practice in Eleven Countries*. New York: Routledge
- Sharifi, A. & Murayama, A. 2013. A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review* 8: 73-87
- Wilson, R.E. 2009. Why Neighborhoods Matter: The Importance of Geographic Composition. *A Quarterly Bulletin of Applied Geography for the Study of Crime & Public Safety* 2(2): 1-2

Embodied energy in green roofing – case study in southern Brazil

Giane de Campos Grigoletti

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria, Brazil
giane.c.grigoletti@ufsm.br

Marcos Fabrício Benedetti Pereira

Universidade Luterana do Brasil, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Santa Maria, Brazil
marcosbenedetti@hotmail.com

ABSTRACT: Nowadays there are several efforts in define embodied energy of buildings components and materials mainly in developing countries, where there is not enough information available. This data shall be in accordance with local building technology therefore studies of local alternatives are important. This work presents results of embodied energy for two solutions of green roofing in southern Brazil comparatively to conventional roofing in ceramic tiles with thermal insulation. The method considers production of main inputs, road transport from point of sale to the site of construction, workmanship transport. The data were obtained by surveys, interviews with owners and scientific literature. Materials, distances of transport were quantified. The main contribution for embodied energy in analyzed green roofing is due to waterproofing layers. Despite of that, embodied energy of green roofing is smaller than of studied conventional roofing.

Keywords: green roofing, embodied energy, ceramic tile, asbestos-cement tile.

1 INTRODUCTION

Civil construction is responsible for 40% of energy demand. However there is 30% to 50% of potential for reduction of energy consumption and 35% for reduction of air emissions (Hoballah, 2012). Materials production, transportation and building construction are responsible for the major energy consumption (Bribián et al., 2011), therefore the choice of materials and building systems with minimal embodied energy are important to reduce energy consumption. Table 1 presents data on the energy consumption for main energy sources compared to total embodied energy in Brazil (Tavares, 2006).

Table 1. Building materials energy consumption expressed in percentage compared to total embodied energy (Tavares, 2006, p. 110).

sources materials	diesel fuel	natural gas	petroleum coke	other sources de- rived of petroleum	eletricity	fuel wood
sand	99				1	
mortar	86				4	
ceramic	4				2	85
cement	3		61		12	
asbestos cement	84				14	
water proofing	10	30		34	26	
polymer	10	30		34	26	

Table 2 presents energy consumption EC due to different means of transport according to Tavares (2006). Table 3 presents data on the embodied energy for some building materials produced in Brazil (Tavares, 2006), where EE is embodied energy.

Table 2. Energy consumption for some means of transport in Brazil (Tavares, 2006, p. 72).

transport	EC (MJ/km×t)
passenger	5.15
light	11.10
heavy (16t)	5.17
heavy (28t)	3.56
heavy (40t)	2.54

Table 3. Embodied energy for some Brazilian building materials (Graf, Tavares,(2008, p.3).

material	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m3)	density (kg/m ³)
sand	0.05	75.75	1,515
ceramic tile	5.40	10,260	1,900
tile cement-asbestos	6.00	11,520	1,920
asphalt	51.00	107,865	2,115

The choice of the best environmentally sound building technologies promotes the environmental impacts reduction, such as exhaustion of natural resources, greenhouse gases, toxic gases emissions, more important impacts associated to energy consumption (Bribián et al., 2011). Table 1 demonstrates that energy source for building materials are heavily based on non-renewable resources. Technologies must be in accordance with local or regional traditional technology, availability of natural resources, industrialized local materials. As such, the study of local solutions is important to achieve the building environmental performance.

Here green roofs are understood as vegetal layer intentionally incorporate on top of buildings. They have been pointed as an alternative more sustainable if compared with conventional roofing, such as ceramic and asbestos-cement. There are many vantages associated to green roofing, such as natural top ground, life cycle extended, better thermal performance and causes for further building occupants comfort more acceptable, reduction of urban heat-island effect, carbon sequestration, among others (Carter, Butler, 2008; Carter, Keeler, 2008).

Kosareo and Ries (2007) analyzed the lifecycle of a conventional roof and two green roofs considering impacts associated to materials production, transportation, installation, operation, maintenance, and ending disposal. They used the SimaPro 5.0 software. The study was a very complete inventory and an analysis of environmental performance of selected roofs and pointed out the energy benefits associated to green roofs, the materials choice is an important criterio to reduce impacts mainly when the roof replacement cycles are short. The authors emphasized that studies must be contextualized to building type, climate and location.

In Brazil some studies about green roofing has been already enhanced. Through computational simulation (Santos, 2013, Tassi 2014) and prototypes submitted to measurement (Baldessar, 2012) the potential of green roofs for water catchment and retention was verified. Also was verified the viability of green roofs for low-cost housing (Oliveira, 2009). A research concerning to occupants' satisfaction indicated that the need for constant maintenance was one of the problems more mentioned (Kist, 2011). However there are a few studies about the environmental impacts of green roofs mainly referring to embodied energy.

This study aims to contribute to this issue through the quantification of embodied energy of four roofs commonly built in Brazil, two green roofs built in two different regions, provincial medium town and industrial big city, and two conventional ceramic roofing improved with thermal insulation in order to compare their environmental performance related to embodied energy. The layers of green roof was replaced for ceramic tiles for purposes of comparison.

2 METHOD

2.1 Analyzed green roofs

The selected green roofs are approximately 200km away each other (with different proximities of industries that produce the building materials involved), they are selected in accordance with the occupants permission to access the necessary data for the life cycle inventory, the construction system involving little labor and artisanal method (with the participation of owners). The ceramic roof is improved with a layer of thermal insulation, since one of vantage of the green roofs referring to their thermal performance. Figure 1 illustrates the green roofs studied.



Figure 1. Schematic layers of analyzed green roofs in a big and medium city respectively.

2.2 Inventory

The data for the inventory were obtained from interviews with the owners of analyzed houses, invoices, private diaries and reports elaborated by owners, regular direct observations, *in situ* measurements during building production process. Layers constituting the roofs, the amount of materials, products points of sale, places of production of listed materials, distances of production, sale and jobsite area, materials transportation modals were collected. The demand of labor and the distances between jobsite, workmanship housing, and means of transport also were obtained from interviews and from data registered by owners. The distances were obtained from virtual maps.

2.3 Embodied energy

Embodied energy (EE) of buildings materials was obtained from Brazilian reference values according to studies carried out by Tavares (2006). In the calculations embodied energy due to materials production, transportation from production to point of sale, transportation from point of sale to jobsite, transportation of workmanship were computed.

In the calculations of embodied energy related to materials production equation 1 was used, where n is the number of different inputs for each roof considered. The equations and relative embodied energy data was obtained from Tavares (2006) and Herrera (2013).

$$EE_{prod}(MJ) = \sum_1^n [volume (m^3) \times density (kg / m^3) \times relative embodied energy (MJ / kg)] \quad (1)$$

Embodied energy due to materials transportation from production to point of sale and point of sale to jobsite was obtained using equation 2 where n is the number of different inputs for each roof (two green roofs, ceramic, asbestos-cement). The $coef_{transpweight}$ (energy due to transport from production to sale that, in Brazil, is made by heavy road transport) and the $coef_{transplight}$ (made by light load transport) was obtained from Tavares (2006).

$$EE_{transpmat}(MJ) = \sum_1^n [mass (kg) \times dist_{prod \rightarrow sale} (km) \times coef_{transpweight} (\frac{MJ}{km \times kg}) + mass(kg) \times dist_{sale \rightarrow jobsite} (km) \times coef_{transplight} (\frac{MJ}{km \times kg})] \quad (2)$$

Embodied energy due to workmanship was calculated using equation 3, where m is the number

of workers; $EC_{transport}$ is energy consumption relative to transport of workers (passenger car).

$$EE_{transport} (MJ) = \sum_1^m [2 \times dist_{workplace \leftrightarrow house} (km) \times daysworked (days) \times EC_{transport} (MJ)] \quad (3)$$

The total embodied energy EE_{total} is equal to the sum of EE_{prod} , embodied energy due to materials production, $EE_{transpmat}$, embodied energy due to materials transport from place of production to place of sale and place of sale to place of construction site, $EE_{transport}$ represents the embodied energy due to workers transportation (equation 4).

$$EE_{total} (MJ) = EE_{prod} + EE_{transpmat} + EE_{transport} \quad (4)$$

The total embodied energy is referenced to area of roofs. The results were organized in tables and graphics that demonstrate the main contributions for total embodied energy per square meter of area for four roofs analyzed.

3 RESULTS

3.1 Green roofs

Embodied energy due to materials production for green roofs is presented on Tables 4 and 5. The green roof located at the big city (green roof 1) has 28.41m² of surface (results on table 4). The green roof located at the medium town (green roof 2) has 56.60m² of surface (results on Table 5).

Table 4. Embodied energy for the green roof 1 at the big city.

material	volume or area	density (kg/m ³)	mass (kg)	EEprod (MJ) - EE _{psm} (MJ/m ²)
asphalt membrane 4mm	28.41 m ²	1,125	127.84	6,519.84 – 229.49
gravel	0.28 m ³	1,400	397.74	59.66 – 2.10
sand	0.57m ³	1,470	835.25	41.76 – 1.47
organic soil	0.075m ³	1,600	120.00	obtained from site construction
soil	0,075m ³	1,400	105.00	0
garden grass 1 (60%)	16,93m ²	1,500	1,523.70	0
garden grass 2 (40%)	11,48m ²	1,500	1,033.20	0
-	-	-	-	6,621.26 – 233.06

Table 5. Embodied energy for the green roof 2 at the medium town.

material	volume or area	density (kg/m ³)	mass (kg)	EEprod (MJ) - EE _{psm} (MJ/m ²)
waterproofing	<i>45.28 litres</i>	<i>1.3 (kg/litro)</i>	<i>58.86</i>	<i>3,826.16 – 67.90</i>
pebble crushing	2.30 m ³	1,000	2,300.00	obtained from site construction
waterproofing coating	56.60 m ²	0.12	6.79	346.29 – 6.12
soil	3.40 m ³	1,400	4,760.00	obtained from site construction
garden grass	56.60 m ²	1,500	5,114.44	obtained from site construction
-	-	-	-	4,172.45 – 73.72

The production embodied energy of green roof 1 is greater than of green roof 2 due to use of asphalt membrane that has high energy incorporated and for both roofs the waterproofing layers are the responsible for the highest rates (in the body of tables in italic typeset). Embodied energy for green roof 1 due to soil and garden grass was not possible to define since was obtained from owner's homestead.

Tables 6 and 7 present results for embodied energy in materials transport for green roofs 1 and

2. The coefficients $\text{coef}_{\text{transpweight}}$ and $\text{coef}_{\text{transplight}}$ were considered equals to $0.00517 \text{ MJ}/(\text{km}\times\text{kg})$ and $0.00515 \text{ MJ}/(\text{km}\times\text{kg})$ respectively and obtained from Tavares (2006).

In relation to materials transport, the asphalt membrane (green roof 1) has significant embodied energy, but, due to mass, garden grass also has an important contribution. Choice of local or regional construction technology, with local or regional materials, is determinant for reducing energy consumption. Energy embodied related to green roof 1 is greater than the green roof 2 both for production or transportation.

Embodied energy due to workmanship transport of green roof 1 is equal to 10.82MJ whereas the green roof 2 corresponds to 8.22MJ , values considered small compared with the previous values.

Table 6. Embodied energy for material transport related to green roof 1 at the big city.

material	mass (kg)	distance production-sale (km)	partial EE (MJ)	distance sale→jobsite (km)	partial EE (MJ)	$EE_{\text{transpmat}} \text{ (MJ)} - EE_{\text{psm}} \text{ (MJ/m}^2\text{)}$
asphalt membrane 4mm	127.84	1185	783.21	21.9	14.42	797.62 – 28.08
gravel	397.74	52	106.93	0.24	0	106.93 – 3.76
sand	835.25	52	224.55	0.24	0	224.55 – 7.90
organic soil	120.00	0	0,00	0	0	0
soil	105.00	77.2	41.91	10.9	5.89	47.80 – 1.68
<i>garden grass 1 (60%)</i>	<i>1,523.70</i>	<i>68</i>	<i>535.67</i>	<i>10.9</i>	<i>85.53</i>	<i>621.20 – 21.87</i>
garden grass 2 (40%)	1,033.20	0	0	13.4	71.30	71.30 – 2.51
-	-	-	-	-	-	1,869.41– 65.80

Table 7. Embodied energy for material transport related to green roof 2 at the medium town.

material	mass (kg)	distance production-sale (km)	partial EE (MJ)	distance sale-jobsite (km)	partial EE (MJ)	$EE_{\text{transpmat}} \text{ (MJ)} - EE_{\text{psm}} \text{ (MJ/m}^2\text{)}$
waterproofing	58.86	1,265	384.97	6.90	2.09	387.07 – 6.84
pebble crushing	2,300.00	0	0	0	0	0
waterproofing coating	6.79	1,431	50.23	6.90	0.24	50.48 – 0.89
soil	4,760.00	0	0	0	0	0
garden grass	5,114.44	0	0	0	0	0
-	-	-	-	-	-	437.54 – 7.73

3.2 Ceramic tile roofs

Tables 8 and 9 refer to embodied energy due to roofs with ceramic tiles. Ceramic tile roof 1 covers an area of 28.41m^2 and roof 2 covers 56.6m^2 .

One can notice that the ceramic tile is the most important contribution for embodied energy followed by thermal insulation, however almost half of the quantity due to tiles.

Table 8. Embodied energy for material production for ceramic tile roof at the big city.

material	volume or amount	density	mass (kg)	$EE_{\text{transpmat}} \text{ (MJ)} - EE_{\text{psm}} \text{ (MJ/m}^2\text{)}$
steel nail	2.27 kg	7,850 kg/m ³	2.27	68,10 – 2.40
wood structure (peroba)	204.55 kg	600 kg/m ³	204.55	102,28 – 3.60
thermal insulation mineral wool 50mm	156.25 kg	110 kg/m ³	156.25	2,968.75 – 104.50
ceramic tile	455 tiles	2.5kg/telha	1,137.50	6,142.50 – 216.21
-	-	-	-	9,281.63 – 326.70

Table 9. Embodied energy for material production for ceramic tile roof at the medium town.

material	volume or amount	density	mass (kg)	EE _{transpmat} (MJ) - EE _{psm} (MJ/m ²)
steel nail	4.53 kg	7,850 kg/m ³	4.53	135.90 – 2.40
wood structure (peroba)	407.52 kg	600 kg/m ³	407.52	203.76 – 3.60
thermal insulation mineral wool 50mm	311.3 kg	110 kg/m ³	311.3 kg	5,914.70 – 104.5
ceramic tile	906 tiles	1,900 kg/m ³	2,265.00	12,231.00 – 216.10 18,485.36 – 326.60

Tables 10 and 11 refer to embodied energy due to material transportation respectively ceramic tiles roof 1 and 2. In this case, the ceramic tile roof at the medium town, that is a long way away from production centers (for example, distance associated to ceramic tile) was determinant for high embodied energy.

The embodied energy due to workmanship transportation is 32.45 MJ for ceramic tile roof 1 and 41.10 MJ for roof 2. In this case, because of the greater complexity of construction technology, that requires skilled labor, the embodied energy is greater than that related to green roofs.

Table 10. Embodied energy for material transportation related to ceramic tile roof at the big city.

material	mass (kg)	distance production- sale (km)	partial EE (MJ)	distance sale-jobsite (km)	partial EE (MJ)	EE _{transpmat} (MJ) - EE _{psm} (MJ/m ²)
steel nail	2.27	5.70	0.07	0.24	0.00281	0.07 – 0.002
wood struc- ture (peroba)	204.55	1,206.00	1,275.37	23.30	24,54498	1,299.92 – 45.76
thermal insu- lation mineral wool 50mm	156.25	1,305.00	1,054.20	23.30	18.75	1,072.94 – 37.77
ceramic tile	1,137.50	93.20	548.10	0.24	1,40595	549.50 – 19.34 2,922.44 – 102.87

Table 11. Embodied energy for material transportation related to ceramic tile roof at the medium town.

material	mass (kg)	distance production - sale (km)	partial EE (MJ)	distance sale-jobsite (km)	partial EE (MJ)	EE _{transpmat} (MJ) - EE _{psm} (MJ/m ²)
steel nail	4.53	290.00	6.79	6.20	0.14464	6.94 – 0.12
wood struc- ture (pe- roba)	407.5 2	1,310.00	2,760.01	6.20	13.06265	2,773.07 – 48.99
thermal in- sulation mineral wool 50mm	311.3 0	1.347.00	2,167.89	6.20	9.98	2,177.87 – 38.48
ceramic tile	2,265 .00	283.00	3,313.94	6.80	79.62834	3,393.57 – 59.96 8,351.45 – 147.55

Table 12. Total embodied energy for the green and ceramic roofs.

	EE _{material production} (MJ/m ²)	EE _{material transport} (MJ/m ²)	EE _{transport workers} (MJ/m ²)	EE _{total} (MJ/m ²)
green roof 1	233,06	65,80	10,82	309,68
green roof 2	73,72	7,73	8,22	89,67
ceramic 1	326,70	102,87	32,45	462,02
ceramic 2	326,60	147,55	45,10	519,25

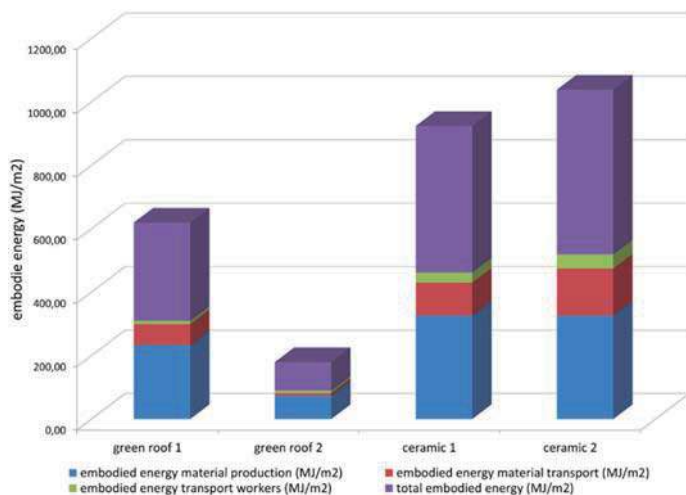


Figure 2. Comparison between embodied energy per square meter for analyzed roofs.

Table 12 presents the general results for four analyzed roofs and Figure 2 illustrates the embodied energy for four presented roofs.

The green roofs have better performance than the ceramic tile roofs. The green roof 2, located at a medium city has the smallest amount of embodied energy for three considered aspects (production, material transportation, workmanship transportation), which meets the importance of regional or local building techniques since the green roof 2 is heavily artisanal process, even being away from production sites. Embodied energy due to material production is the principal contribution to the total impact, even when compared with energy required for long-range transport.

4 CONCLUSIONS

Despite of using materials with high embodied energy such as waterproofing, results of the research demonstrate that the green roofs have better performance than conventional ceramic tile; the artisanal method was determinant to reaching this outcome.

Layers based on polymers or fossil source materials which production involves large embodied energy are the principal contribution. It pointed to need to replace the waterproofing layer based on fossil source for another one more environmentally sound. The use of renewable sources also is important to reduce embodied energy.

For the presented studies material transport is also responsible for the largest emissions. The ceramic tile roofs obtained the greatest contribution for materials located distant from production site. Results reinforce the importance of choosing local and regional technologies, materials, and workforce.

Green roofing has been considered as a building system with low environmental impacts. The analyses of embodied energy demonstrate that green roofs have higher performance than the conventional solutions as expected. However it is still possible to improve energy performance considering regional and artisanal techniques and materials.

REFERENCES

Baldessar, Silvia Maria Nogueira. 2012. *Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada*. Master Thesis. Parana Federal University (UFPR).

Bribián, Ignacio Zabalza; CAPILLA, Antonio Vallero; USÓN, Alfonso Aranda. 2011. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and valuation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment* (4) 1133-1140.

Carter, Thimoty; Keeler, Andrew. 2008. Life-cycle cost-benefit analysis of extensive vegetated roof systems. *Journal of Environmental Management*. (87) p.350-363.

Carter, Timothy; Butler, Colleen. 2008. Ecological impacts of replacing traditional roofs with green roofs in two urban areas. *Cities and the Environment*. (1) 2, Article 9, 2008. (online). <<http://digitalcommons.lmu.edu/cate/vol1/iss2/9>>.

Graf, Helena Fernanda; Tavares, Sérgio Fernando. 2010. *Energia incorporada dos materiais de uma edificação padrão brasileira residencial*.

Herrera, Jaime Andrés Quiroa. 2013. *Quantificação e correlação das variáveis do ciclo de vida energético: energia incorporada na envolvente arquitetônica e consumo energético pelo comportamento térmico, caso de estudo: moradia*. Doctoral Thesis. São Carlos: Universidade de São Paulo.

Kist, Rubens Sallaberry. 2011. *Coberturas verdes sobre edificações: avaliação da satisfação de moradores de um condomínio horizontal na cidade de Porto Alegre*. Monography. Rio Grande do Sul Federal Univesity (UFRGS).

Kosareo, Lisa; RIES, Robert. 2007. Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environment*, (42) p. 2602-2613.

Oliveira, Eric Watson Netto de. 2009. *Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico*. Master Thesis. Rio de Janeiro Estadual University.

Santos, Pedro T. da Silva; et al. 2013. Green roof: performance of the constructive system in the reduction of runoff. *Ambiente Construído* (13) 161-174.

Snodgrass, Edmund C.; MCINTYRE, Linda. 2010. *The Green Roof Manual: a professional guide to design, installation, and maintenance*. London. Timber.

Tassi, Rutnéia; et al. 2014. Green roof: a sustainable alternative for stormwater management. *Ambiente Construído* (14) 139-154.

Tavares, Sérgio Fernando. 2006. *Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras*. Doctoral Thesis. Santa Catarina Federal University (UFSC).

Construction site processes: sustainable management and participation

Francesca Muzzillo

Second University of Naples, Department of Architecture and Industrial Design "L. Vanvitelli", Aversa (CE), Italy
francesca.muzzillo@unina2.it

Antonella Violano

Second University of Naples, Department of Architecture and Industrial Design "L. Vanvitelli", Aversa (CE), Italy
antonella.violano@unina2.it

Monica Cannaviello

Second University of Naples, Department of Architecture and Industrial Design "L. Vanvitelli", Aversa (CE), Italy
monica.cannaviello@libero.it

Fosca Tortorelli

Second University of Naples, Department of Architecture and Industrial Design "L. Vanvitelli", Aversa (CE), Italy
archfo@gmail.com

Lucia Melchiorre

Second University of Naples, Department of Architecture and Industrial Design "L. Vanvitelli", Aversa (CE), Italy
lucia.melchiorre@unina2.it

ABSTRACT: The paper presents some work-in-progress results of a Research Project of National Interest, funded by the Ministry of University (PRIN). The sustainability concept applied to the building process, and in particular to its construction phase, points out attention not only on the relationship between type of works and surrounding environment. It analyzes all the potential change factors - in dynamic and evolutionary terms - through a systemic and multi-dimensional view. The proposed action strategies are related to improve communication, integration and participation of direct and indirect users. Therefore, the aim is the identification of actions designed to reduce the energy, environmental and visual impact, through the integration of innovative technologies that might help to make the construction site as a temporary architecture.

Keywords: Sustainable construction site, LCA, energy-environmental impact, participation

1 ECOFRIENDLY MANAGEMENT OF THE URBAN COSTRUCTION SITE (by A. Violano)

1.1 The construction site: from environmental cost to social benefit

The construction process can be defined as truly sustainable, only if the evaluation of social, economic and environmental impacts is made considering the whole transformation life cycle (from cradle-design, to grave-end of life). However, in the construction industry, the current legislative and regulatory framework contains specific indications on energy efficiency, safety, management of resources (water, energy, soil, ...) issues, but they are mainly related to the exercise - management and end of life (grave) phase, not by providing measures and requirements related to the sustainability of the construction processes and methods (implementation phase). Assumed that the construction site is a complex production place, it produces significant and diversified impacts on locals and workers, especially when it is located in densely populated urban areas. However, the construction phase may cause significant social, environmental and energy impacts, affecting the quality of urban life, which is influenced by the presence of construction sites that cyclically open and close. Considering the requirements of

Usability, Aspect and Integrability, the main concerns are the impacts on the social and environmental context, and their mitigation measures.

The research conducted by the SUN teamwork, proposes a system of operating procedures to support the designer for a sustainable management of the construction phase. This system is not only oriented to minimize the environmental and social impacts or properly use the resources (about this, the legislative instruments provide a number of requirements to be respected); the goal is to transform the site from social-environmental cost into opportunities = a transformation place of positive utility. According to the different impacts typology, but primarily to the quality of the transformation process, it is possible to identify four different types of construction site:

- Traditional Construction Site: The resources arrive on site and there they are transformed. The impact generated by the transformation directly weighs on end-users and the environmental receptors without particular mitigation measures.
- Appropriate Construction Site: The resources transformed into the construction site, in part are reused in the construction industry. The impacts on environmental receptors will therefore mitigated.
- Sustainable Construction Site: Most of the resources processed on construction site are from the reuse industry and have characteristics of recyclability, eco-compatibility and re-usability. The impacts will be greatly cut down on the end-users and the environmental receptors.
- Smart Construction Site: all resources, matter and energy flows are managed in an intelligent way to reduce to almost zero the impacts on end-users and the environmental receptors, thus creating opportunities for improvement, competitiveness and attractiveness as an added value for processing.

The Technical Committee ISO/TC 59“Building in Construction” has developed some interesting standards about the requirements for the Environmental Product Declarations (EPD) of III type of building products (ISO 21930:20071) and the significant aspects for the evaluation of environmental performance, not only of buildings but also of related construction works (ISO 21931-1:20102). This standard is strictly related with EN ISO 14020:2000 “Environmental labels and declarations” and UNI EN ISO 14040:2006 “Environmental management-Life Cycle Assessment-Principle and framework”.

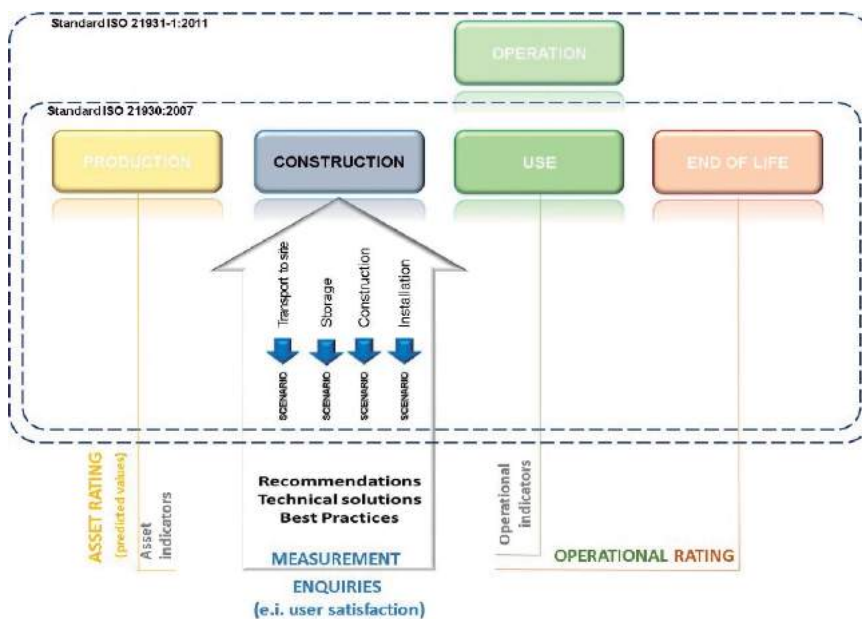


Figure 1. International Standards for manage the construction phase

These voluntary standards represent an important step towards reducing building's impacts during Life Cycle on the environment and achieving true sustainability in building construction. The construction sector, more and more environmentally friendly and consciousness of the importance to make sustainable choices, must lead towards an aware implementation of its choices, giving importance to the sustainable control and management of the construction phase. Indicators must consider and calculate (measurements methods) all Life-Cycle stages and when it is not possible/appropriate, the reasons shall be clearly explained. Regarding the different aspects and the complete record of the Life Cycle, the indicators must include information also about process phase (i.e. construction), location site (i.e. urban area), degree of influence (direct or indirect), spatial and temporal system boundaries (i.e. regional, local; long-term, medium-term, short-term), complexity (i.e. if it is represented by one parameter or several parameters) and character of the assessment process (i.e. nominal, ordinal or cardinal scale). The research team took into account these variables to structure the energy-environmental-social Management System of the Sustainable Construction Site (SCS).

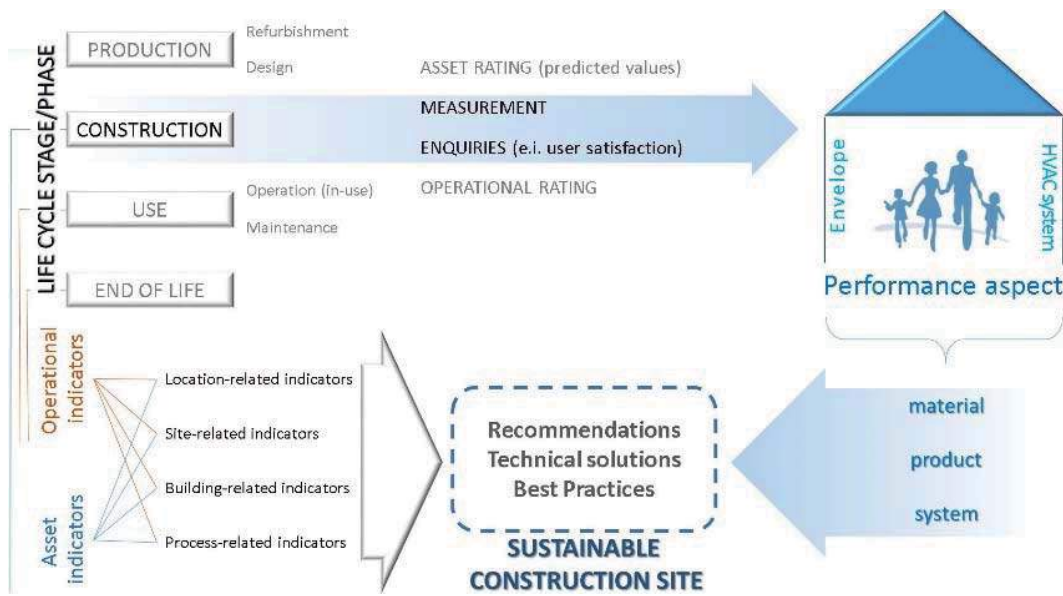


Figure 2. Life cycle stages/phases and the typology of indicator for a Sustainable Construction Site

1.2 Competitiveness, efficiency and productivity

Ambitious goals (Low cost, plus energy, low waste, zero kilometres, ...) define in a more stringent way, the size according to which measure all the anthropic transformations (tangible and intangible), from which we expect a trend marked to the continuous improvement. These keywords, as established in the Horizon 2020 goals, contribute to capitalize European leadership in the development of new technologies and transformation management methods of the consolidated city, in which it is increasingly clear the need to mediate and mitigate conflicts between transformation and habitability, triggering virtuous mechanisms of development. The construction site can be the place of experimentation and innovation, knowledge and communication; therefore, it needs to be creatively designed and managed.

The research starts from analysing the flows of resources, material and energy input and output by the design production process, meant as a product. The added value is given by the skill to manage these flows optimizing uses, reducing waste and controlling impacts with efficient mitigation measures. The flows evaluation has to be differentiated according to the type: matter, energy, users and information. The frontier of the construction site is the technological element, which has the main role to manage these flows, controlling and filtering the transit in and out. However, it is also the scenic backdrop, which defines the urban landscape, even if for a more or less limited period. A phase of the research focuses on the role and potentiality of this

frontier.

2 CONSTRUCTION SITE AND PERCEPTIVE STRATEGIES (by F. Muzzillo)

2.1 Visual perceptive integrity

The study of the environmental perception of a “construction site”, as the response of people to the presence of a construction site in central urban spaces, is in itself a complex project. It implies checking in a systematic and procedural way the dynamic of human perception in relation to used axis, and it needs opinion polls based on questions like “What did you see from here?”, “What do you see at the moment?”, “What do you expect to see in the future?” Moreover, the surveys should be connected, from the perceptive point of view, to the progress of construction phases, following the variations from fixed points of view in daily habits of crossing the area with the differences in the reception of various visual fields. The possible strategies are temporal contraction of working length with acceleration of building process phases, temporal alternation of steps in which it is possible to have a certain visual perspective with other ones in which it is not possible to have visual perceptions with an acceleration of construction. In any case, the focal points of visual perception must be clearly identified and timetabled in advance.

Some aspects must be investigated with attention in a project of a building site, especially considering that inside a town there is often a small space confined for workers. First, in order to allow a more convenient perceptive view, the imperative is not to modify the long distance visual perception introducing obstructive temporary structures. These structures, when people move more and more closely to the construction site, could be progressively visible as distance shortens. Other special points of attention are the use of fences all around a construction site, earthworks at the basis of buildings, the position of temporary structures for workers, and the position of machines like cement mixer or bulldozer. It is also important during construction phase to use vegetation, in order to reduce the environmental impacts of works. Moreover, in this phase, it is also important to have a good grade of community consensus and vegetation is generally a point of agreement inside communities.

Now, how should we operate during design process through data gathering, evaluation of alternatives, schematic design and design development, focusing on the idea that the maintenance of a visual perceptive integrity should be one of the most important goals during construction? Different mutable conditions are given by construction phases, which are dynamic so it is important to compare construction buildings’ phases with the help of comparative schemes. Studies done to value visual perceptive axis could help in order to organize these schemes of the perceptive impact of a building site.

It is well worth focusing on this work, as the construction phase of a building is the perfect place to experience the interconnection between people and the future of a town, because in the idea of a “construction site” it is contained the sign of the progression, of a possible future of a town and that one of a community. Obviously psychological aspects are related to the social state of “waiting for the new that will happen” only when the project has a sympathetic attitude to the context. In that case, the social involvement of a community toward a construction site, primarily based on the impact of perception, would make the site a symbol of social living. This experience is witnessed by history, by the long construction phase of Gothic cathedrals, which used to involve all citizens. Still today, with a system of design methodologies, it is possible to recreate a situation similar to historic presence of construction sites into an antique town, with continuous emotional participation of people. It could take up again, in a different way, a direct participation action between construction building and community life in order to consider a construction site as a mean for the creation of new emotional geographies.



Figure 3. Strong impact in a construction site at the end of High Line, New York (Author: F. Muzzillo)

3 THE SUSTAINABLE CONSTRUCTION SITE URBAN (by F. Tortorelli)

3.1 Link between nature and built and its social

Starting from design models increasingly linked to the concept of green architecture, there is a need to integrate the presence of green sustainable even in the construction site. This issue can be addressed through new design approaches, such as those based on the regeneration and redevelopment of the site itself, creating an ever closer connection between the built and natural environment (including its transformation phase). Particular attention must be given to controlling transformations of the landscape in historical contexts, including in relation to the renewal of the different production cycles. The sustainable construction sites are as emblematic place of encounter between the built environment and the built urban landscape, they turn to the local population and all the other figures involved in the preservation, transmission and use of local resources. The experience of the construction sites is spread primarily through the development in the field of advocacy, research and modeling tools for the enhancement of the built heritage of the territories. The concept of temporality that characterizes the construction activity does not mean that the project and its effect is limited in time. The management of a construction site, in fact, always involves interference with the surrounding environment with the potential loss situations to manage, especially if the site is within an urban core. The construction site is therefore not a random space, a becoming of longitudinal actuations, but joint activity: therefore must be planned, coordinated, implemented, monitored and changed en route, if necessary. In a construction site, to the transience of the construction process, the two aspects (artificial and natural) co-exist because the articulation of space is changing over time. Thus become an opportunity to put into practice and experiment with traditional techniques and participate in a transformation of the local landscape, both physical and perceptual. Participation, sustainability, sharing are good practice. Make visible or visited a construction site does not necessarily interfere with the methods of working; it is sufficient to allow space observation without hindering the work and lessening the security measures. Windows, green areas, spaces crossing, protected routes or observation points outside can make spectacular vision of the work and still respect the rules Considering the green as a new material, it is necessary to predict its evolution, without being tied only to simple regulatory requirements.

There are several aspects to be investigated and to be considered as a priority:

- a) The integration of technological, functional and green plant element

b) The contextualization landscape / environmental-perceptual landscape in relation to the specific characteristics of the surroundings environmental

c) The social consequences in view of the preservation and renewal of the urban

One possible hypothesis for the coexistence of man / built / Nature, or to create a dialogue with the national scope of the construction site, there may be creating a sort of laboratory in which to rediscover the inhabitants of the district in which it is present on the site, the benefit given by the presence of green structures, possibly native.

We outline in the following way the green resource:

Existing Green - Fencing of the area. This is a very important point, as it may prove as sensitive barrier obstacle as far as possible, in the organization of the site. May also be a useful barrier fruition for the yard, in the sense of using the shell as an element of communication between the inside and the outside of the building site itself.

Existing Green - Cutting vegetation. The cutting of the existing green may be of different natures: "Cutting of vegetation extraordinary" (which makes it necessary to end to allow the development and the processing itself of the site area) and "Cutting of vegetation ordinary" (trees that do not give guarantees of stability and must be cut regardless of the physiological status. The cut should be according to the classical methods of intervention with appropriate transport operations of cut lumber).

Green Project - Treatment of land. This third subcategory is necessary to assess critical issues and needs of the final result. It should be considered that the urban construction site uses different materials and between these there is no lack large amounts of water, especially to maintain any areas dedicated to the vegetation. For example, we can consider the example of the Symbiotic Green Wall, which provides a double wall layers that acts as a tank, so as to collect rainwater and wastewater. The water thus collected helps to absorb noise and heat, so as to make the area around the construction site dry and quiet. In addition, the outer wall in its wave pattern, also has benches for citizen.

GREEN PROJECT - Dismantling of construction site. The top priority is to minimize even more the possible negative effects resulting from the construction site. This practice should be followed in priority even at the stage of closure and decommissioning of the site.

4 CONSTRUCTION SITE AND ENERGY IMPACTS (by M. Cannaviello)

4.1 Energy consumption during construction-phase

A sustainable management of the construction site cannot fail to take into account energy aspects. The Italian and European legislative framework has set a target of reducing energy consumptions during the operational phase of buildings: the ambitious goal contained in Directive 2010/31/EU is that, in 2020, all new buildings must be "net zero energy". So far the research has therefore focused almost entirely on the reduction of operating energy, forgetting that ISO 21929-1 states that "The total amount of non-renewable primary energy shall be assessed on the basis of life-cycle assessment methods...", and the life cycle energy consumption of a building is made up not only of operating energy, but also of embodied energy.

The embodied energy is the non-renewable energy required for all of the processes associated with the production of a building: for extraction, processing and manufacture of building materials, for their transportation to construction site, for installation and final demolition.

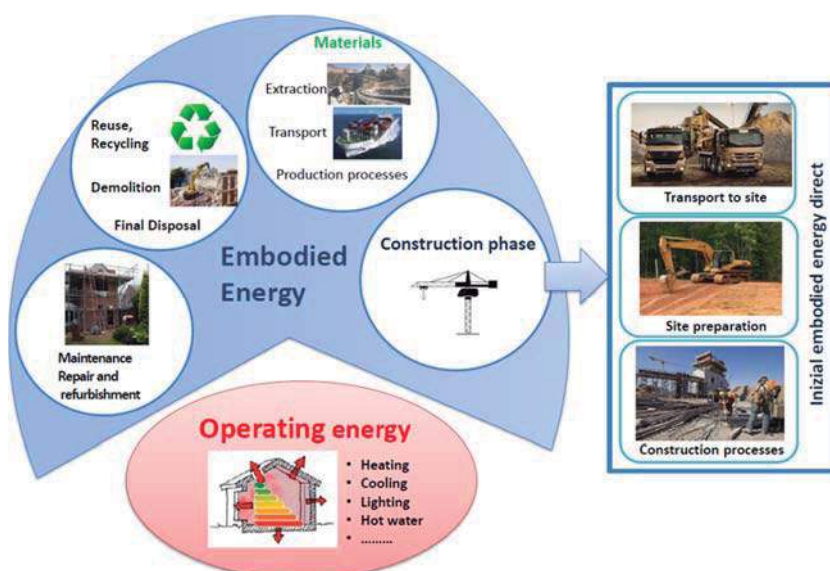


Figure 4. Life cycle energy consumption of a building: Operating energy and Embodied Energy

Recent researches have indicated that the embodied energy used in residential buildings could account for up to 25-40% of the life-cycle energy used in residential buildings. Moreover, as the energy efficiency of a building increases, (reducing operating energy); the embodied energy will also become increasingly important. Therefore, to achieve sustainability in buildings construction is essential to minimize energy consumption not only during operating-phase, but also in creating, and decommissioning built facilities.

The initial embodied energy in buildings represents the energy consumed in the acquisition of raw materials, their processing, manufacturing, transportation to building site, and construction. In particular, energy used to transport building products to the construction site, and then to construct the building, is generally defined initial embodied energy “direct”. The initial embodied energy direct includes energy consumption associated with the construction processes, including, for example, building site preparation, major earth works, excavation and filling, installation of tower crane, concrete pouring, pre-casting, shuttering and mortar preparation. The amount of Energy used during construction phase of buildings on the Construction Site depends on many factors, some of which depend on the project choices, such as the construction system (wood, steel, concrete....) and the materials used, while the others depend primarily on the management of the construction site. The majority of energy sources used during construction phase are fuel and electricity. The diesel fuel is generally used by earth moving equipment for the preparation of the construction site, which is the first step of construction phase. Fuel is also consumed for operation of construction machinery.

The amount of energy used during the site preparation depends mainly on layout of site, characteristics of the soil and energy efficiency of earth moving of equipment. The consumption of electricity in the construction site instead, are generally attributable to:

- lighting systems (lighting of construction site area, emergency lighting, traffic signal....)
- Site offices and other buildings (operating energy for heating, cooling, lighting, hot water, computer system...),
- different processes for the construction (equipment and machinery).

The incidence of each item on the total energy consumption is variable and depends on the type and the size of construction site and on the duration of the construction phase.

4.2 The ISO 50001: a tool of energetic management during construction- phase

The optimization of the processes in the construction industry is of primary importance, and it is used to obtain an improvement in the works organization and management of the

construction site during the operational phase. The aim is to achieve greater sustainability not only in energy and environmental, but also economic. For example, through the use of efficient processes and an adequate planning and organization of activities and workers, the durability reduction of a construction site have significant effects on energy consumption attributable to the construction phase (initial direct embodied energy).

For an energetic sustainability that is really extended to the whole building life cycle is also necessary the involvement of all actors interested in the construction process.

In order to reduce energy impacts during the construction phase, it is essential a greater awareness at the design level relating to the choice of construction technologies and used materials, aimed not only to reduce operational energy, but also the embodied. In addition, we need a greater awareness of the building companies, so that they aim at a sustainable energy management of the construction site.

For building companies wishing to achieve high energy sustainability goals during the implementation phase of the work, an interesting tool is represented by the international standard ISO 50001 (International Standard for Energy Management System). It was created with the aim of promoting the development and implementation of policies aimed at improving energy efficiency, and is applicable to any organization wishes to communicate to the outside world the conformity of its energy policy. The voluntary approach of the standard involves an active attitude in the definition of the objectives in the implementation of the measures needed to achieve them, and also offers the advantage of each organization to establish from time to time objectives, both in terms of quality and quantity and the relative timing of implementation, depending also on the financial resources available.

The ISO 50001 appears therefore as a very useful tool in the hands of a construction company that wants to improve their energy efficiency systematically. And because the construction phase of buildings are generally the most significant slice of the energy consumption of a construction company, then, the Energy Management System can be considered an effective means for continuous improvement (in line with the provisions of the Deming cycle: Plan, do, check, act) of the energy efficiency of construction site. It is important to highlight that the ISO 50001, like the other tools of a voluntary, does not define minimum criteria for energy performance, but give how to organize systems and processes aimed at continuous improvement of energy efficiency. The main objectives are to bring economic benefits to organizations resulting from lower energy consumption and benefits to the community, especially in terms of reducing greenhouse gas emissions.

5 TECHNOLOGICAL ANALISYS OF THE FRONTIER (by L. Melchiorre)

5.1 Traditional fence systems

Although in the traditional meaning, a fence is the border system whose function is to regulate the access to transformation areas and to protect workers and others from the risks arising from the activities, for the future, the role of this border is to obtain a more strategic importance in the management of synergies and conflicts between the transformation area and the urban system. Effectively, it is the device which allows the passage of the matter (materials, means of transport), people (professionals, direct, indirect and potential users), resources (renewable and non-renewable energy, water, vegetation) and information (on the site of the yard, on the urban context, info on tourism and advertising, environmental information). Therefore, a management of the construction site border, made according to the best practices of sustainability, must be the subject of appropriate evaluations and suitable design choices so that the surrounding urban context and the behaviour of those who are also involved (direct and indirect users) can be positively affected. For these reasons, its typological choice is a direct result of a careful design. In traditional practice, the choice of the fence to be installed depends on the type of construction

(road, new construction and renovation), the site characteristics (soil trends, constraints, localization), the duration of work and the need to be able to adapt to the changes.

TECHNOLOGICAL ELEMENTS OF A TRADITIONAL CONSTRUCTION FENCE		Closures						
		PRINTED PLASTIC MESH	ZINCCOATED WIRE MESH	DUSTPROOF WICKER	SHADING MESH	CORRUGATED SHEET	WOODEN PLANK (recommended for historical contexts)	BLIND WOODEN PANELS (recommended for historical contexts)
Vertical framework	WOODEN POLES							
	STEEL TUBES							
	SCAFFOLDING TUBES							
	FIR-TREE BEAM SUPPORTS							
	METAL TUBES							
Bases structure	CONCRETE BASES							
	CONCRETE BASES WITH PLASTIC COATING							
	PLASTIC BASES							
	PLATE FOR THE FLOOR							
	CONCRETE ROAD TRAFFIC BARRIERS "NEW JERSEY"							

Figure 5. Technological elements of traditional systems fence

In any case, the structure of any kind of traditional fence is substantially constituted by three types of technological elements: Vertical structure, Basic structure and Closures. These elements can be assembled in different ways according to the needs and the required performances, and the evaluation of the typological and technological characteristics, such as the permeability and introspection degree, the dimensions, the partition and frame materials or connection systems.

5.2 “New generation” fence system

The increasing attention to the implementation phase of the building process, especially in urban areas, has encouraged the spread of innovative types of fence, conceived and designed ad hoc in relation to both the same site and the work to be done, and keeping in mind the integration of such "temporary architecture" in the context. The research work has led to the identification of certain types of fences more or less widely used both nationally and internationally, which can be considered "of new generation": ecological, transparent, energy active, media and art fences. The high attention for the urban green integration on the one hand, and the need of free green designed surfaces on the other, have given the possibility to use vegetation for the construction of yard vertical walls. The so-called "green screens" are, therefore, temporary walls covered with green, used to hide invasive and high impact constructions for the urban context in which they are inserted. The implementation of this type of green fence brings not only an aesthetic benefit to the surrounding environment, but also all the other benefits of vegetation itself: reduction of pollution impact and dust spread, and noise insulation. Another innovative type of fence is the transparent one. It is adopted to make visible the entire construction process to users. In particular, it was designed and realized in Japan by the SOUP DESIGN Team a wall called "Diary". This wall is made of glass cases within which the recycled materials used for the construction are separately collected. Moreover, information on the type of work and materials used for an educational purpose are displayed. It is, therefore, a type of fence, which performs in a smart and original way, the function of supplying information on what is going on in the construction process. Finally, with the intention to reduce the negative visual impact that the construction sites cause in the surrounding urban area, fences are increasingly used not only as a support of advertising inserts, but also for illustrations and artistic integrations. In this way, the fence itself becomes an artwork, which qualifies the affected area and is a source of attraction for the users. It may be also the device, which interprets and communicates the key features of the site or the urban context concerned. The urban fabric

transformations are often traumatic for people living there. However, an adequate communication can facilitate the understanding of the change. Even the fences, if wisely designed, can be items with the surprising ability to capture the attention of passers-by, not for the social costs of transformation, but for the benefits resulting from the processing itself. Therefore, the fence becomes a showcase for any kind of product or service. The curiosity that arises in the visitors facilitates a process of effective communication based on a direct, visual and personal connection. The construction site becomes not only the place to build, but also the place that it showcases. The process, the event, the fervour of doing and participate becomes more important than any discomfort or result.

6 CONCLUSIONS (by A. Violano)

The construction site is the place of the transformation, a choral work that grows over time to give new equipment and services to the urban system. If this transformation is in accordance with the existing environmental and social balance, reducing the negative impacts and enhancing the opportunities for growth of civil awareness and participation, it becomes a device that interprets and communicates these elements.

The research project is aiming to define a voluntary integrated energy-environmental-social system to manage the transformation process. Therefore, the building site will communicate to the citizens the future scene at the end of works of the building/square/street: it becomes an urban area of participation. Then the dynamic city that is transformed becomes the urban landscape.

REFERENCES

- Gangemi, V. (ed.) 2004. *Riciclare in architettura. Scenari evolutivi della cultura del progetto*. Napoli: Clean
- Gaspari J. 2008. *L'innovazione tecnologica e la sostenibilità nelle costruzioni*. Bologna: EdicomEdizioni
- La Delfa S. & Cantone, F. 2012. *The architecture of the site. Characters and strategies for operation on the building*. Roma: Gangemi Editore
- Losasso M. (ed.) 2005. *Progetto e innovazione. Nuovi scenari per la costruzione e la sostenibilità del progetto architettonico*. Napoli: Clean
- Baldo G. & Marino M. & Rossi S. 2008. *Analisi del Ciclo di Vita LCA. Gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiale, prodotti e processi*. Milano: Edizioni Ambiente
- Hong, T., Ji, C., Jang, M., and Park, H. 2014. *Assessment Model for Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions during Building Construction*. *Journal of Management in Engineering*, 30(2), 226–235.
- Haynes R., 2010. *Embodied Energy Calculations within Life Cycle Analysis of Residential buildings*, in: *eTool Analysis software for sustainable design*, Sydney, Australia.
- Vijayan A., Kumar A. 2005. *A Review of Tools to Assess the Sustainability in Building Construction*, Wiley Interscience, 28 January 2005.

The connection of open spaces to improve the urban contexts environmental

Raffaella De Martino

Seconda Università degli Studi di Napoli, Department of Architecture and Industrial Design “Luigi Vanvitelli”, Aversa, Caserta, Italia

raffadema@libero.it

Rossella Franchino

Seconda Università degli Studi di Napoli, Department of Architecture and Industrial Design “Luigi Vanvitelli”, Aversa, Caserta, Italia

rossella.franchino@unina2.it

Caterina Frettoloso

Seconda Università degli Studi di Napoli, Department of Architecture and Industrial Design “Luigi Vanvitelli”, Aversa, Caserta, Italia

caterina.frettoloso@unina2.it

ABSTRACT: Currently, one of the most important issues about the renovation of urban areas is the environmental upgrading of open spaces that are configured as complex systems that can assume the role of nodal elements within the city in ecological, fruition and environmental terms. The redevelopment of these areas represents an added value to the urban fabric, especially when there are either unfavorable environmental conditions or the ecological balance is compromised. Particular attention is paid to the ecological/environmental quality control of the open spaces, in order to further increase the eco-sustainability of the transformations that will be pursued through the transposition to the urban area of the ecological network concept, as a system capable of connecting habitats or natural areas in general. This transposition allows to systematize, according to a logic network, urban open spaces that are enriched with new features: ecological, fruition and environmental.

Keywords: Urban Environment, Open Spaces.

1 URBAN OPEN SPACES: THE NETWORK CONCEPT (RAFFAELA DE MARTINO)

1.1 Introduction

The European Landscape Convention (Florence, 20 October 2000) in defining the landscape, as an essential component of the living environment of people, an expression of the diversity of their shared cultural and natural heritage and a foundation of their identity, recognised it not only a physical, dynamic and complex entity, but also an ethical and aesthetical reality, thus giving a landscape dimension to all the parts of the territory. In particular, it recognised the value of urban and peri-urban landscapes due the quality of life of the urban population, highlighting the crucial ecological, structural, semantic and aesthetic roles of the elements of the natural and open spaces within the built fabric (Stiles, 2011).

Open spaces are an important part of the urban structure, with it now being recognised that they can play an important role in improving the standard of living in the cities in the broadest sense of the term. An urban open space is a complex system characterized by a multiplicity of components, tangible and intangible, and relationships, both among the components of the system itself as well as between the system and the urban environment. Currently, one of the most important issues regarding renewal interventions of urban contexts is related to the environmental rehabilitation of open spaces.

In recent years, the concept of ecological network, as a system of interconnected habitats which protect biodiversity, although usually applied to large geographical areas, has been proposed for the reorganization of the open spaces in urban areas. The procedures relating to the construction of the ecological network, now consolidated at the level of natural areas, with appropriate adjustments have been transferred to the urban environment and modulated depending on the size of the area examined. The construction of an urban ecological network and the subsequent connection of open spaces are a pre-requisite for the improvement of not only the ecological functionality but also the physical and environmental aspects of a city.

1.2 The urban ecological network

From an ecological point of view, the importance of networks, both urban and rural, is an opportunity to create corridors and connections within the urban landscape, both physically and culturally fragmented, in order to avoid being confined in closed habitats, while allowing for the development and consequent spread of flora and fauna throughout the territory. The phenomenon of fragmentation, which is due to the uncontrolled growth of cities and related phenomena of settling, infrastructuring and manufacturing, has profoundly altered the urban ecological structure, transforming the semi-artificial (gardens, avenues, urban gardens) and/or semi-natural (large parks, urban forests, parks, agro-ecosystems) spaces, present in the city, into isolated pieces, poorly connected and with their ecological functionality severely compromised. Urban ecological networks are, therefore, able to establish both physical and visual ecological connections between the urban fabric, agro-ecosystems and natural ecosystems present in the peripheral areas.

The functional elements of an ecological network, with a present or potential urban environmental value, are nodes and connectors. The nodes (core areas) are areal elements and represent small basins of naturalness within the city, since they are large enough, not manufactured, while being more or less distributed evenly across the urban area. The connectors (ecological corridors) are linear elements that link the aforementioned nodes between them as well as the urban fabric with the ecological connective outside the city. The links can be constituted by continuous or discontinuous elements. The discontinuous ones consist of small units (stepping stones) which, although not physically connected to each other still allow movement along the line that ideally connects them.

The transposition of the concept of ecological network in the city is highly interesting but requires some clarification. The creation of an ecological network in an urban environment makes the presence of green spaces with special characteristics essential: large surfaces and uniformly distributed throughout the territory, good connections between the areas, the existence of a watercourse or wetland, presence of certain species of flora etc. Since the conditions found in cities often differ from the ideal, there has been a reshaping of the structure of the urban ecological network that is not only understood as a system of connected green spaces (equipped parks and large green areas), but also small gardens, squares, entire unbuilt areas and other open spaces (not green) as pedestrian areas, car parks and roads, the latter particularly important in the urban matrix as excellent connecting elements (PAGANO, 2006).

The construction of an urban ecological network is also based on two fundamental assumptions: the first is that the spaces are characterised by an adequate environmental quality, while the other is that they are connected to the network. To verify the presence of the two conditions, it is possible to carry out an eco-systemic analysis of the city capable of restoring a thorough understanding of the urban ecosystem with the recognition of the biotic and abiotic elements, the evaluation of human interactions with these elements, the interference of human activities with natural processes, the effects of human interventions and structures on the environment, highlighting the degrees of conflict and integration (Tarsitano, n.d.).

The eco-systemic analysis is based on ecological indicators as well as analytical-descriptive methods, that have already been discussed in literature and can highlight the equilibrium level of the ecosystem of a given territory, along with the level of territorial fragmentation. This information allows, through the application of landscape/structural and biological/functional criteria, to identify the elements of the ecological system, understand its possible future scenarios as well as offer more appropriate developing guidelines for the preservation and redevelopment of urban natural areas. The knowledge of the “state of health” of the spaces and their connections is a fundamental condition to orientating the redevelopment. It is therefore possible to recover the compromised areas that may constitute natural elements diffused throughout the city to work alongside the main natural units (parks and reserves). To promote the ecological connectivity territorial, there is also the recovery of the existing connecting elements as well as the construction of small new connection units (stepping stones) which, as previously mentioned, even if they do not give structural continuity to the network, guarantee, however, functional continuity (MALCEVSCHI, BISOGNI, GARIBOLDI, 1996). The corridors, through the connection between the green areas, between the city and the countryside, between the residential and living centres, in addition to having an ecological value, often encourage movement and the territorial distribution of plants and animals, while also having recreational, historical, cultural and social functions. In these cases, they are known as greenways. Greenways indicate paths that connect people with local resources (natural, agricultural, scenic, historical, cultural) and the “centre of life” of urban settlements, both in cities and rural areas (Associazione Italiana Greenways, 1998).

2 URBAN OPEN SPACES: THE SYSTEMIC APPROACH (CATERINA FRETTOLOSO)

2.1 The main design issues

The quality of an urban space is closely related to the combination of two technological systems: the environmental and physical systems which require different types of need. The first system expresses needs related to activities that take place in a space, while the second is related to the physical space that must be adapted to support functions that enable the implementation of these activities.

The design of unbuilt spaces along with the prospect to redevelop existing open spaces, often dismissed due to neglect or absence of a plan which clearly describes any forms of use, raises numerous questions not only about the formal aspects of the project but also related to these concepts, namely, “to several invariants – nature, art, memory, society – that from time to time, prevail and give value to the proposed interventions” (Latini, 2004). Interpretive criteria related to the role that open spaces have traditionally served as nodal elements of the city system not only in relation to the usability and comfort, but also to cultural identity, thus giving an added value to the urban fabric. A value that is expressed in terms of the ability of these open spaces to play a significant role in the activation of the revitalization processes of the city in both an architectural-environmental and social perspective, where the environmental, social and economic balance is compromised. The way the open spaces are organized in redevelopment interventions must meet specific functional requirements, dictated by the collective life way of life, which is increasingly oriented towards a growing flexibility that does not mean, as often occurs, the lack of a design choice. On the contrary, it means working on the recognition of surfaces and the comfort of spatial elements (i.e. microclimatic control), in an integrated approach to the project in which the technical and functional aspects (i.e. accessibility) are interwoven with social and environmental issues (i.e. use of local material and vegetation, use of recyclable/recycled materials).

In addition to the issues that could be called “acquired”, i.e. relating to the accessibility of the site in relation to its specific functions, even with respect to the types of flows that cross and touch the open space, to issues regarding security, lighting and cleaning, there are further areas

of consideration relating to environmental sustainability as well as the sharing concept. In fact, “as part of a network, strategically planned through the whole urban area, well-designed urban spaces can help to lessen the impact of the urban heat island, thanks to the refreshing effect of vegetation; helping to regulate the water balance and reduce the withdrawals from the drainage system, allowing for greater infiltration of rainwater; lessening the impact of noise and pollution; constituting an ideal habitat for plants and animals” (STILES, 2011). Until recently, the definition of public space was based on a contrast with private space, meaning in fact, a space in which every citizen had the possibility, the right to move freely. Today, public spaces are primarily intended as spaces for sharing and relationships, a meaning that has been accentuated by the role that information technologies have had in this change (DI SIENA, 2009). It is for this reason that in some areas of research the concept of hybrid spaces has been introduced, i.e. places where local social networks, physical and “virtual”, should meet, catalyse and be visualised (Di Siena, 2014).

2.2 The relations system definition

The idea of working on a systemic approach comes from, in addition to the considerations set out above, the sharing of a concept that is “wider and all-encompassing of [open space], [intended as] a continuous network throughout the unbuilt territory in urban areas: public parks, but also private gardens, urban streets and squares. In this way, the network acts both as a link between individual spaces as well as an engine between buildings and structures, forming the context and frame of each of them and linking the centre with the surrounding landscape” (Stiles, 2011).

The construction of a network means, from a methodological point of view, the identification of the system of relationships between the different nodes of the system. This approach, with a technological matrix, consists of an analysis of the urban context object of the intervention that is then divided into two successive levels: the first highlights the eco-systemic aspects (previously mentioned), while the second, the technological/environmental ones (study applied to areas with a high ecological quality, identified in the previous analysis). Starting from the identification of the redevelopment goals, it will be possible to define the framework of the needs which will be fulfilled through the identification of a requirements system which is a prerequisite for the definition of the meta-design measures necessary to ensure an adequate quality to the network elements and, more generally, the quality of life in the urban context.

In this first phase of the research, in order to structure the relationships system, that will later have different final configurations, it is worth considering the most significant criteria, mainly in terms of fruition, and what will allow the designer to operate the first meta-level design choices. In particular, the criteria include: the proximity/distance between two or more selected nodes; the level of functional integration (in reference to the dependence, in functional terms, between two or more areas); connection mode (physical, perceptual, virtual); the fruition of the users (both in individual nodes as well as during both the path that connects them). Starting from a first hypothesis of the model in which it is argued, especially in terms of connection, that it will be possible to reason about further additions that are more closely linked to environmental sustainability.

It is understood that the premise of the implementation of any redevelopment process aimed at improving and monitoring actions to transform the urban environment and enhance the existing assets is critical knowledge of the places in which they must operate, the active participation of all the public and private parties involved and, last but not least, a careful economic planning of interventions to be carried out.

3 URBAN OPEN SPACES: LINKING OPPORTUNITIES BETWEEN URBAN AND NATURAL CONTEXTS (ROSSELLA FRANCHINO)

3.1. Urban farming for the sustainable redevelopment of open spaces

“Managing urban areas has become one of the most important development challenges of the 21st century. Our success or failure in building sustainable cities will be a major factor in the success of the post-2015 UN development agenda,” said John Wilmoth, Director of United Nations DESA’s (Department of Economic and Social Affairs) Population Division.

This statement is highly significant especially in light of the expected substantial growth of urbanization in the coming years. To intervene on urban development, with the aim of finding an alternative model that has emerged in the last century, a sustainable approach is necessary so as to establish the territory as a fabric in which it is not possible to detect the boundaries between the natural and artificial environments and in which each process is controlled so that its impact and, consequently, the irreversible degradation induced is the minimum possible in relation to the constraints of the process itself. The urban context should be seen as an organism with a dynamic balance achieved through the technological control of complex functions. With the aim of achieving these objectives, the role of open urban spaces is particularly important, configured as nodal elements that can carry out the delicate function of connecting the urban system to the surrounding natural environment.

In this perspective, urban farming makes a valuable contribution, with it being an effective instrument of renewal of open urban spaces, taking into account the environmental, economic and social aspects. It creates significant opportunities for the improvement of the environmental quality of these spaces, but at the same time also allows for self-produced food at 0 km, thus responding to the needs of social gatherings.

3.2 A case study of urban farming for the city of Aversa (Caserta)

In order to obtain an applicative definition of the concepts, a case study is presented, which was part of the course in “Design of Environmental Systems” (lecturer: prof. ing. Rossella Franchino - academic year 2013-14) on the degree course in Architecture at the Department of Architecture and Industrial Design of the Second University of Naples.

The aim of this didactic experiment was the use of urban farming for the environmental requalification of open urban spaces. This requalification process assumes an important role, especially when the ecological and environmental conditions of the open spaces are significantly affected by their transformation, thus corresponding to a renewal of the urban context. The case study relates to the requalification of an open urban space into a fresh fruit and vegetable market in the city of Aversa in the province of Caserta. The area is currently in a state of decay and degeneration, with the aim being to transform it completely, not only from an ecological-environmental point of view, but also so that it can be enjoyed by the local residents according to the logic of urban and social gardens, that aim to breathe new life into the local agriculture.

The main features of the new area will be:

- food production: crops and trees will provide fresh produce for the market, restaurants and street food stalls;
- self-sufficiency: the use of various technologies such as photovoltaic systems, wind turbines, rain garden sand systems for the recovery and reuse of rainwater making it a self-sufficient structure;
- green areas: the presence of trees and gardens will ensure psychological-physical well-being.

The project area for the new fruit and vegetable market takes into consideration the relationship that must be established with the existing urban fabric: alienation or integration. The project

was created on this dichotomy: the park becomes a space for the context, while the courtyard, lower than the street level, is cut off from the site recreating a *hortus conclusus* in which the experience of the context is denied. The tower of the residence is the only part that communicates, standing with and against the surrounding area: like an arboreal totem, the vertical garden emphasises the presence of the intervention.

Figure 1 presents the climatic and environmental analysis that preceded the project idea and upon which it is based. Figure 2 shows the project concept prepared in accordance with the logic of the transformation intervention of an open space, considering the preservation and regeneration of the natural resources as well as the connection between the environmental and landscape values for an overall enhancement of the territory. Finally, figure 3 shows a photovoltaic systems for the production of electrical energy integrated into a roof garden under a covered path.



Figure 1. Analysis phase - case study of open space in Aversa (CE) (Elaborated by students Vittorio Golia, Augusto Fabio Cerqua and Pietro Rosano)

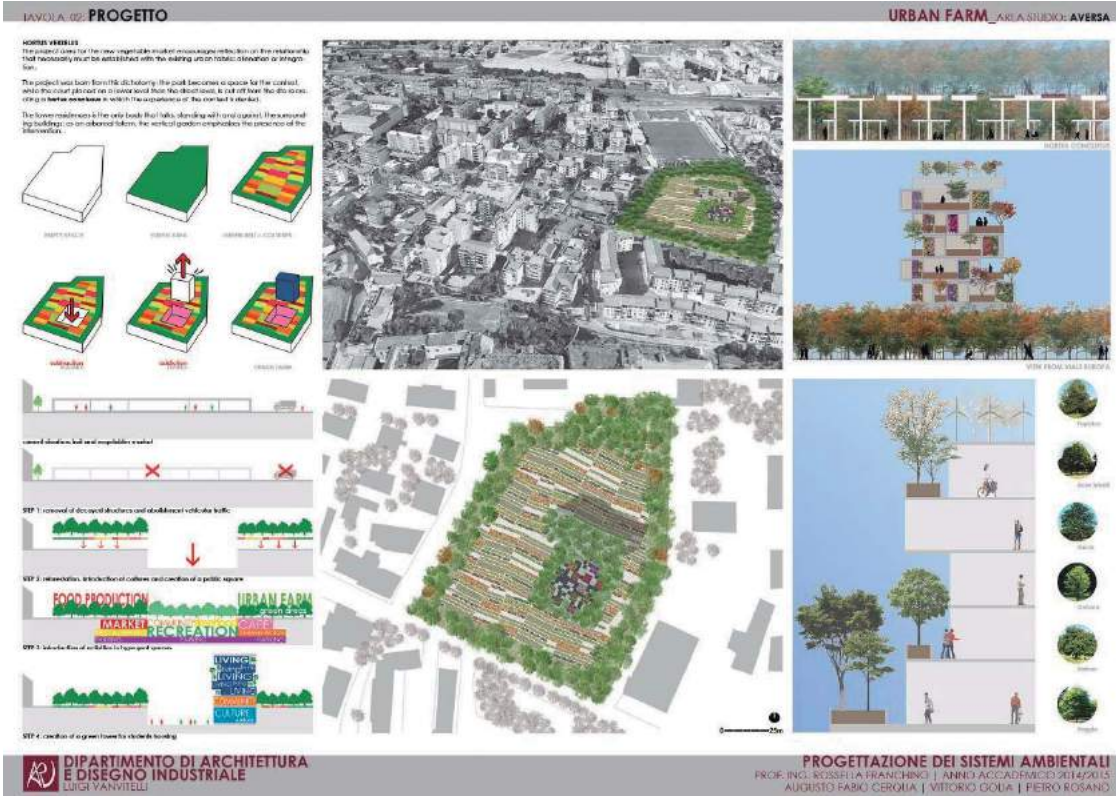


Figure 2. Concept phase - case study of open space in Aversa (CE) (Elaborated by students Vittorio Golia, Augusto Fabio Cerqua and Pietro Rosano)



Figure 3. Photovoltaic system - case study of open space in Aversa (CE) (Elaborated by student Vittorio Golia)

4 CONCLUSIONS

The connection of urban open spaces is important for several reasons. From an ecological point of view, and for the improvement of eco-systemic quality, it allows to create corridors and connections so as to avoid confinement in closed biotopes, while enabling the development and consequent spread of flora and fauna throughout the territory. From a fruition point of view, the connection of urban spaces makes any movement safer and access to individual spaces easier. According to structural considerations, connected spaces are more effective in the articulation of the urban fabric and facilitate orientation. Finally, from an environmental point of view, the network approach allows for the conservation of territorial natural resources as well as the connection between the environmental and landscape values of the areas for a total enhancement of the territory.

REFERENCES

Associazione Italiana Greenways. 1998. *Statuto*

Di Siena D. 2009. *Imaginario e Spazi Pubblici Ibridi / Intervista di Domenico di Siena*, <http://www.immaginoteca.com/immaginario-e-spazi-pubblici-ibridi-intervista/>

Di Siena D. 2009. *Espacios sensibles, Hibridación físico-digital para la revitalización de los espacios públicos*.

Latini L. 2004. *Spazi aperti urbani. Percorsi progettuali e metodo di lavoro di tre progettisti contemporanei*. Quaderni della Ri-vista, 1(1), 1-6.

Malcevski S., Bisogni L.G., Gariboldi A. 1996. *Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale*, Il Verde Editoriale, Milano.

Pagano C. 2006. Reti di aree verdi, reti ecologiche e riqualificazione urbana, in: Fonti L. *Parchi, reti ecologiche e riqualificazione urbana*, Alinea editrice, Firenze

Stiles R. (2011). *Manuale per spazio urbano*, Progetto "UrbSpace", <http://urbanspace.rec.org/files/Joint-Strategy-in-Italian.pdf>, 5-6.

Tarsitano E. *Ecosistema città: biotopi e biocenosi urbane. Gestione ecologica dei sistemi urbani e delle trasformazioni connesse. Gestione integrata dei rifiuti. Gestione integrata del ciclo dell'acqua*, http://www.dipartimentodibiologiabari.it/media/materiale/pMjvzwdvZiivO4ChXqqnmaxVEHpOImxg/Eco_Tarsitano.pdf

Resilience Thinking: the next thread of Sustainable Regeneration Strategies?

Duarte Marques Nunes

University of Lisbon, Instituto Superior Técnico, DECEivil, Lisbon, Portugal
duartemarquesnunes@tecnico.ulisboa.pt

Ana Tomé

University of Lisbon, Instituto Superior Técnico, DECEivil, Lisbon, Portugal
anatome@tecnico.ulisboa.pt

Manuel Duarte Pinheiro

University of Lisbon, Instituto Superior Técnico, DECEivil, Lisbon, Portugal
manuel.pinheiro@tecnico.ulisboa.pt

ABSTRACT: Sustainable Development has deeply influenced urban planning over the last decades. However, the stresses contemporary cities face emphasise the need for a more holistic approach, which addresses change, promoting a '*stronger sustainability*' within Knowledge Societies. 'Resilience' can become an important standard for such holistic approach. This article approaches 'Resilience' as a generator of a '*strong sustainability*' through Urban Regeneration strategies, thus focusing on the ability to tackle '*change*'. This research firstly overviews contemporary development trends. Discussing how such trends can favour a '*strong urban sustainability*' in regenerative processes, it proposes a simplified framework for the implementation of regeneration strategies that enhance 'Resilience'. We believe that combining contemporary development trends in a common framework for the enhancement of 'Resilience', through Urban Regeneration, provides an innovative approach to urban planning, which re-establishes the principles for achieving a '*strong sustainability*' in existing urban environments.

Keywords: Sustainable Urban Development; Urban Regeneration; Resilience; Strong Sustainability.

1 INTRODUCTION

Urban planning has been greatly influenced overtime by Sustainable Development (SD), as a viable paradigm shift in the relationship between '*Society*' and the '*Environment*' that tackles the development and regeneration of consolidated urban environments (Tallon, 2009, p. 154). Additionally, contemporary societies have increasingly become characterized by global dynamics and greater local diversity (Nijkamp and Kourtit, 2012, p. 292). Urban agglomerations, as the convenor pole of human activity (Rogers, 1997, pp. 2–24) and the natural habitat of Knowledge Societies, will increasingly play a pivotal role in human development (Nijkamp and Kourtit, 2012, p. 292). As the "major contributors to global environmental problems" (Hall, 2006, p. 152), cities have become favoured proponents for SD (Girardet, 1999, p. 8). Their development processes, have changed and will change at a faster pace, as 'shocks and stresses' transform '*urban nature*' (Hall, 2006, pp. 3, 15).

Overtime, the lost of significance of industrial sectors, the decay of growth-based development and rising critics to modernism, triggered substantial forces of '*change*' that reshaped the urban image (Tallon, 2009). Additionally, the embodiment of SD (Girardet, 1999; Waas et al., 2011) and the materialization of new Knowledge-based Economies (KBes), placed '*knowledge*' and '*sustainability*' at the centre of urban planning (David and Foray, 2003; Powell and Snellman, 2004; Waas et al., 2011) underpinning the need to rethink cities. Urban environments have faced severe difficulties to adapt their structure (Ginot, 2010, p. 4) to the challenge and pace of those changes, which underpins '*sustainability*' as an important paradigm to avoid past mistakes and integrate responses to environmental and socioeconomic stresses (Ginot, 2010, p. 49).

While becoming more competitive and attractive, cities are responding differently while adapting to new forms of approaching development (Ginot, 2010, p. 49). On the one hand, Knowledge-based Urban Development (KBUD) has risen as *'a development paradigm designed to manage knowledge to generate economic prosperity, environmental sustainability, social equity and good governance, within Knowledge-based Economies'* (Yigitcanlar et al., 2008, pp. 9–10). On the other hand, as cities move from a sectorial approach to development to a more integrated one, there is the need to embrace the complexity of cities (Ginot, 2010, p. 49) while tackling *'change'*. Accordingly, the perspective of managing *'Resilience'* within urban environments, i.e., of managing the *'ability of an urban system to deal with change and evolve through fostering self-organisation and building the capacity for learning and adaptation, whilst retaining its identity and functionality'* (Walker and Salt, 2006, p. 1,12,36) becomes crucial for reinforcing a *'sustainability'* (Pisano, 2012, pp. 6–7).

Cities facing contemporary challenges need to become more competitive and breathe new life into their constituting environments; this mantra becomes the main stake (Ginot, 2010, p. 4) of Urban Regeneration (UR). This underlines the claims of local governments for regenerative interventions as a defining feature of contemporary planning. Therefore, UR has been given an increased public profile (Tallon, 2009, p. 3) and has been emphasised as a crucial mechanism for delivering SD (Roberts and Sykes, 2000, pp. 17–20). However, due to their nature and practice they are far from being a completely fixed set of guiding principles and practices (Tallon, 2009, p. 6). Additionally, contemporary UR strategies have often failed to focus on a comprehensive form of development, that addresses the challenges of modern-day Knowledge Societies, as they have produced urban environments that transpire a *'weak sustainability'* (Roberts and Sykes, 2000; Tallon, 2009). Thus, strong planning frameworks are essential for an effective UR (Teixeira, 2010, p. 110), as the use of more holistic development approaches is crucial for sustainability (Ginot, 2010, p. 49).

Considering UR strategies are most effective when complemented by a range of supporting programs (Teixeira, 2010, p. 110), and bearing in mind the need to focus urban development on a *'strong sustainability'* (Davies, 2013; SANZ, 2009; Turner, 1992), i.e., on a *'systems-based approach that assumes the preservation of natural capital, while supporting increases in human capital'* (SANZ, 2009, p. 8), this research suggests an innovative and holistic conceptualisation for the promotion of a *'strong sustainability'*, which is established through the enhancement of *'Resilience'* in *'knowledge-based'* UR processes. This research firstly comprises the overview of contemporary development trends that influence SD, such as KBUD and Resilient Urban Development (RUD). Secondly it discusses how such trends can be compiled and enhanced to favour a *'strong urban sustainability'*, proposing a simplified framework for the implementation of UR strategies that enhance *'Resilience'*. Thus, by closely examining the development possibilities of *'Resilience Thinking'* within UR strategies, this investigation sheds light on the rarely acknowledged realisation of achieving a *'strong urban sustainability'* through the process of sustainably developing consolidated urban environments.

2 UNDERSTANDING THE ASSUMPTIONS OF CONTEMPORARY SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN CONTEXTS OF URBAN REGENERATION

The idea of sustainable development implies the existence of various paths which do not lead to environmental overload but promote continuous that remain within the Earth's environmental limits (Hall, 2006, p. 156). Consequently, a *'sustainable city'* is an environment where the quality of life is improved (including ecological, cultural, political, institutional, social and economic components) without overloading the future generation, which results in reduced natural capital and an excessive local debt (Ginot, 2010, p. 9). From this perspective, the benefits of reinvesting in redundant or derelict urban environments, which can be understood as Social-ecological Systems (SEs), i.e., *'systems composed of both humans and nature'*, (Berkes et al., 2003, p. 2), becomes clearer from a Sustainable Development (SD) viewpoint. Additionally, having an integrated approach, i.e., an *'interdisciplinary process of combining, interpreting and communicating knowledge pieces from diverse disciplines'* is crucial for promoting sustainability (Ginot, 2010, p. 9).

Sustainability thus implies maintaining the capacity of ecological systems to support socioeconomic functions (Berkes et al., 2003, p. 2), while providing the means to deal with and absorb internal and external shocks. Urban SESs, as *'complex adaptive systems'* (Newman and Jennings, 2008, pp. 92–143), are characterised by their capacity to respond to change through self-organization, learning, and reasoning (Norberg and Cumming, 2008 cited in Berkes et al., 2003, p. 11), largely through human action. Urban planning can thus be perceived as the *'ability to manage the system through its motionless components, while acknowledging the interaction with it's moving components – humans and nature'*. In this context, planning for *'sustainability'* means dealing with ecological, social, cultural and economical issues in a comprehensive holistic manner (Ginot, 2010; Girardet, 1999; Tallon, 2009). Delivering SD involves planning for the long term, fully integrating economic, social and environmental factors into decision-making and considering impacts beyond the local area, aspects which should be integrated into UR in order to fully ensure *'sustainability'* (Ginot, 2010, p. 10).

2.1 Refocusing Sustainable Urban Development on the assumptions of the 'Knowledge Era'

As a result of assertions that knowledge-intensive industries are now at the core of growth, within a new global *"knowledge-driven economy"* (Powell and Snellman, 2004; Smith, 2002), public policies aimed primarily at creating and diffusing *knowledge* have attracted increasing attention. In the 'Knowledge Era', urban planning has aimed to promote SD by creating strong urban cores, harnessing their economic strength and fomenting social capital (Yigitcanlar, 2009a, pp. 231–239), while emphasizing the *'culture of knowledge'* (Yigitcanlar et al., 2010, pp. 153–157). Consequently, the need for *'knowledge-friendly'* environments has highlighted the creation of a new development model (Karvalics, 2008, p. 34; Slaus, 2007, p. 988), which: establishes socioeconomic organisation around *'innovation'* and *'change'*, foments new *'knowledge-based activities'*, focuses urban intervention on *'competitiveness'*, tailored *'place-making'* and *'UR'*, allows Humanity to achieve higher living standards, and perceives *'knowledge'* and *'individuals'* as the main assets.

From this perspective, KBUD has arisen as *'a development model designed to manage knowledge in order to enhancing competitiveness, support environmental sustainability, improve social welfare and promote good governance'* (Yigitcanlar, 2011, pp. 392–393; Yigitcanlar et al., 2008, pp. 9–10). KBUD aims to nourish the transformation and regeneration of cities into 'Knowledge Cities' (KCs) and their economies into 'KBES', through the conversion of knowledge resources into local development (Knight, 1995, pp. 225–226; Yigitcanlar, 2011, pp. 392–393). Hence, KBUD is fundamental for the regeneration of urban environments in contemporary Knowledge Societies, easily becoming a face of the same 'development coin' as UR. KBUD is seen as a beneficial set of instruments that aspire to improve the welfare and competitiveness of cities (Yigitcanlar et al., 2008, pp. 8–10), which are often applied in regeneration contexts.

Table 1 – Summary of the theoretical basis and common principles of KBUD.

Pillars	Categories	Focus	Foundations	Themes
Economic	Economic Development	Knowledge Economy	Economic prosperity	Knowledge-based infrastructure
			Competitive advantage	
Society	Socio-cultural development	Community Capitals	Innovation stimulation	Creativeness and innovativeness
			Education and training	Intellectual Capital
			Community development	Human and social Capital
Environment	Enviro-urban development	Triple bottom line of sustainability	Provision of social and cultural resources	Community Delivery
			Sustainable land use	Quality of place
Management	Institutional development	Governance and Planning	Identity and heritage preservation	Local Character
			Sustained urban metabolism	Local Resources
			Strategic planning and partnership building	Strategic and integrated governance
			Development orchestration	Democracy and transparency
		Leadership and Participation	Justice and impartiality	Social Equity

KBUD was founded (Yigitcanlar and Velibeyoglu, 2008, pp. 297–298) according to the ‘triple-bottom line’ of Sustainability mainstays: the Environment - encouraging sustainability; Society - promoting quality of life; and the Economy - reinforcing competitiveness. Yigitcanlar (2009b, pp. 239–240) has established a set of KBUD best practices and defined (2010, pp. 3–6) a conceptual KBUD framework. He (2011, pp. 392–393) defined the four domains of KBUD as: Economic, Socio-cultural, Enviro-urban and Institutional development. Sarimin, Yigitcanlar, & Parker (2010, pp. 5–12) further scrutinised and compared existing KBUD models, proposing an integrated KBUD framework (2010, pp. 9–12). We have compiled and summarized these approaches in Table 1.

2.2 Refocusing Sustainable Urban Development on the assumptions of ‘Resilience Thinking’

‘Resilience’ is one of the most important research topics in the context of ‘sustainability’ (Carpenter et al., 2001, p. 765), one of the guidelines for achieving a ‘strong sustainability’ (Walker and Salt, 2006, p. 10) in urban regeneration contexts. Thus, the key to ‘sustainability’ lies in enhancing the ‘Resilience’ of SESs, not in optimising isolated components of the system (Walker and Salt, 2006, p. 10). Applying a ‘resilience lens’ to urban SESs means that ‘sustainability’ is seen rather as a ‘process’ than an ‘end product’, a dynamic process that requires ‘adaptive capacity’ in order to actively deal with change (Marcus and Colding, 2011, p. 7). This means striving at building ‘flexibility’ and ‘diversity’ rather than attempting to achieve stable optimal production and short-term gains. Promoting ‘resilience’ can thus allow the embracement of “the idea of adaptation, learning and self-organization in addition to the general ability to persist disturbance” (Folke, 2006) in SESs.

The ‘Resilience’ of SESs can be described by (Pisano, 2012, pp. 31–34): the amount of disturbance the SES can absorb and persist; the degree of the SES’s self-organization; and the ability to enhance learning and adaptation capacity. ‘Resilience Thinking’ presents an approach to managing the ‘Biosphere’ that embraces human and natural systems as complex adaptive systems (Walker and Salt, 2006). Resilient Urban Development (RUD) becomes, in simple terms, the ‘development paradigm that promotes Resilient Cities’ (RCs). This perspective approaches the management of SESs through recurring ‘adaptive cycles’, consisting of four phases (Pisano, 2012, pp. 12–21): rapid growth - *r phase*; conservation - *K phase*; release - *Ω phase*, and reorganization - *α phase*. SES behaviour changes, from one phase to the next, as it’s ‘internal connections’, ‘flexibility’, and ‘resilience’ change (Walker and Salt, 2006, pp. 74–78). Every SES is also composed by a (b) hierarchy of linked ‘adaptive cycles’, operating at different spatial and temporal scales - the ‘panarchy’ (Pisano, 2012, pp. 12–21).

Table 2 – Summary of the theoretical basis and common principles of Resilience.

Pillars	Categories	Focus	Foundations	Themes
Environ-ment	Enviro-urban development	Triple upper line of sustainability	Sustained local environment	Integrated Social-ecological Systems
			Sustained urban metabolism	Effectiveness of Resource Use Local Resources Absorbing Environmental Impacts
Society	Socio-cultural development	Human and Social Capital	Education, culture, diversity and inclusion	Enhancing Human and Social Capital
			Community Capitals	Provision of basic services and opportunities
Econo-my	Economic prospects	Economic Foundations	Economic prosperity Economic integration Innovation stimulation	Local Economic Dynamism Technical and Industrial Systems Learning and Innovation
Habitat	Quality of Place	Local living conditions	Local enhancement Sustainable mobility Redundancy and durability	Place-making and Local Identity Pedestrians / Transit Supportiveness Resilient Infrastructures
Manage-ment	Governance and Organisation	Governance and Management Involvement and Participation	Organizing development and management	Strategic and integrated governance Resilient Operations
			Enhancing democracy and participation	Democracy and participation

A RC is one that developed capacities to absorb shocks and stresses to its social, economic, and technical systems and infrastructures so as to still be able to maintain essentially the same functions, structures, systems, and identity (Applegath et al., 2013). Applegath et al. (2013) further propose an overarching set of principles for endorsing urban resilience, namely: diversity; modularity; independence of SESs components; redundancy; feedback sensitivity; capacity for adaptation; social capital; innovation; environmental responsiveness and integration; ecological variability; and maintenance of SESs services. They and Pisano (2012, pp. 31–34) have additionally defined the elements of RUD, namely: *density, diversity and mix; pedestrian priority; transit supportiveness; place-making; complete communities; integrated natural systems; integrated technical and industrial systems; local sources; engaged communities; redundant and durable life safety and critical infrastructure systems; and resilient operations*. We have summarised this set of principles of RUD in Table 2, defining the theoretical basis and common principles of Resilience.

2.3 Urban Regeneration as an interventionist hypothesis for Sustainable Urban Development

UR has been promoted as a strategy that reinforces positive social, economic and environmental outcomes, through the resolution of arising urban problems (Roberts and Sykes, 2000; Tallon, 2009), i.e., as an effective process of managing urban SESs. UR is an interventionist and integrated planning approach (Roberts and Sykes, 2000, pp. 17–23), which considers areas subjected to change (Ginot, 2010, p. 5). UR focuses on incremental reforms (Jones and Evans, 2008, p. 14), while improving the conditions for competing in contemporary Knowledge Societies. It is rooted in practical intervention and has a high similarity between theory and practice (Tallon, 2009, p. 5). UR can therefore be perceived as a *'comprehensive and integrated vision and action for redeveloping existing urban environments and resolving urban problems that aims for the improvement of the environmental, social, economic and physical conditions of the target environments'* (Roberts and Sykes, 2000, p. 17; Tallon, 2009, pp. 4–7), which supports the continuous revitalisation of SESs.

The holistic aspect of UR implies that it should be approached with a long term and a strategic purpose in mind. Additionally, Roberts and Sykes (2000, pp. 17–23) emphasise UR straddles public, private and community sectors and is likely to experience considerable variations in its frameworks in response to socioeconomic and environmental changes in the target SESs. While considering this perspective, Tallon (2009, p. 8) has summarised the categories of UR as: *'physical environment'* - improve the built environment, through SUD patterns; *'quality of life'* - improve living conditions, cultural activities or facilities; *'social welfare'* - provide basic social services and opportunities; *'economic prospects'* - enhance employment and investment prospects; and *'governance'* - promote partnerships community engagement and stakeholderhip. Roberts and Sykes (2000, pp. 17–23) and Teixeira (2010, p. 106) further proposed a set of hallmarking principles for UR, namely: the analysis of local conditions; comprehensiveness of the approach; adaptation and integration promotion; promotion of SD; efficient use of local resources; participation and cooperation enhancement; sustained management, self-organisation and monitoring.

UR is not an academic, well-framed, or organised discipline (Lang, 2005), it is rather a unique project-designed approach. Nevertheless, Ginot (2010, pp. 11–19) has elaborated a set of key regeneration principles and strategies that promote and encourage successful and sustainable UR strategies. Lang (2005, pp. 11–16) has concentrated on the integration of social and economic strategies of UR in a common *'socioeconomic regeneration framework'*. Tallon (2009), Jones and Evans (2008) have further theorised on the frameworks of UR. Additionally, other authors (Cadell et al., 2008, pp. xiv–xv) emphasised highly relevant issues to UR strategies, while recognising that setting and managing a strategy to make urban SESs both attractive and user-friendly, as well as distinctive, is of crucial importance. They further recognised the need to provide incentives for sustainable success, through UR strategies. We have combined these perspective and their general objectives in order to generate Table 3, which summarises the theoretical basis and common principles of UR. Thus, we believe the goals of SD are ideally suited to UR, considering it seeks to alleviate social, environmental and economic problems, through the rejuvenation of existing SESs.

Table 3 – Summary of the theoretical basis and common principles of UR.

Pillars	Categories	Focus	Foundations	Themes
Environ- ment	Enviro-urban development	Triple bottom line of sustainability	Compactness and clustering	Local Integration
			Enhancing the local environment	Local Resources Absorbing Environmental Impacts
Society	Socio-cultural development	Social and Human Capitals	Education, culture, diversity and inclusion	Social and Human Capital enhancement
		Community Capitals	Provision of basic services and opportunities	Community Provision
Economy	Economic prospects	Economic Funda- mentals	Economic prosperity, diversity and employment Technology and knowledge diffusion, and innovation	Local Economic Dynamism Economic Development and Competitiveness
Habitat	Quality of Life	Enhancing Quality of Life	Local enhancement Sustainable mobility Safety and security	Place-making and Local Identity Sustainable Mobility Safety and Security Enhancement
Manage- ment	Governance and Organisation	Governance and Planning	Organizing development	Good Governance and Management
		Involvement and Participation	Enhancing democracy and participation	Local Engagement

3 RETHINKING URBAN REGENERATION IN THE CONTEXT OF THE KNOWLEDGE SOCIETY THROUGH THE ‘STRONG SUSTAINABILITY LENS’

The wide range of theories that have influenced the advance of SD have been usually contested (Giddings et al., 2002, p. 187). SD has been commonly associated with the ‘*Triple Bottom Line Model*’ (TBLM), in which the intersection of the economic, social and environmental spheres represents the ‘*possibility of sustainability*’ (SANZ, 2009, pp. 8–9). From this perspective SD implementation strategies have asserted a ‘*weak sustainability*’, consistent with declining ‘*natural capital*’, which is replaced by other ‘*forms of human-related capital*’ (Turner, 1992, p. 13). This means that traditional planning approaches have not provided comprehensive ‘*knowledge-based*’ (Yigitcanlar et al., 2010, p. 155), ‘*regenerative*’ (Roberts and Sykes, 2000, pp. 9–35) and ‘*effectively sustainable*’ development strategies for urban communities (Girardet, 1999, pp. 9–20). Thus, readdressing urban environments in order to promote ‘*strong, sustainable, friendly and vibrant*’ communities entails reassessing planning mechanisms to promote a ‘*strong urban sustainability*’ (Davies, 2013, p. 114; SANZ, 2009, p. 8).

The emergence of the ‘*strong sustainability*’ lens, has allowed the revision of the ‘TBLM’, through a more holistic and comprehensive vision for SD, which assumes ‘*the overall preservation of natural capital, over time, while supporting possible increases in human capital*’ (Davies, 2013, p. 114; SANZ, 2009, p. 8) (SANZ, 2009, p. 8). This ‘*Triple Upper Line Model*’ (TULM), as we denominate it, entails the idea of ‘*nested circles*’ where the ‘*Economy*’ is nested within ‘*Society*’, which is nested within the ‘*Environment*’, proposed by Giddings et al. (2002, pp. 192–193). The application of this model to urban environments implies that cities are envisioned as open complex adaptive systems of humans and nature. Moreover, it also means the promotion of a circular urban metabolism, in which ‘*local inputs*’ of different ‘*capitals*’ (either human-related or natural) are transformed and used overtime, originating ‘*end-line outputs*’ which are in turn reused and recycled, continuously feeding the looping urban metabolism. ‘*Unused outputs*’ are reduced to the point of non-existence.

In this setting, ‘*sustainability*’ becomes the ‘*advanced-state in which a balanced set of local social, economic, and ecological patterns is achieved and maintained within the same structure, function and feedbacks, in a dynamic temporal and spatial frame*’ (based on Neuman, 2011, pp. 101–102). ‘*Strong sustainability*’ thus becomes the prerequisite of any human development (SANZ, 2009, pp. 8–9), as it implies the preservation of the integrity of all SESs in the ‘*Biosphere*’. Thus, ‘*ecological integrity*’ comprehends ‘*the ability of an ecosystem to recover from disturbance and re-establish its stability, diversity and resilience*’ (SANZ, 2009, pp. 8–9; Walker and Salt, 2006, p. 89). This entails

enhancing ‘Resilience’ in a readdressed ‘*nested circles*’ model which suggests the ‘*Curosphere*’, i.e., the ‘*Government*’ or the agents that manage the place humans inhabit is nested in the ‘*Locusphere*’, i.e., the place humans inhabit, which is the ‘*local urban environment*’ that is nested in the ‘*Econosphere*’. SANZ (2009, pp. 8–9) has further emphasised that the ‘*Econosphere*’ is embedded in the ‘*Sociosphere*’, which is embedded in the ‘*Biosphere*’.

From this perspective we suggest that UR can become the operational mean for promoting a ‘*strong urban sustainability*’, as a comprehensive strategy for intervening in existing urban SESs and enhancing ‘Resilience’. Promoting ‘Resilience’ can therefore allow the embracement of “*the idea of adaptation, learning and self-organization in addition to the general ability to persist disturbance*” (Folke, 2006). This standpoint suggests readdressing UR, according to this proposed ‘*nested circles model*’, which could be referred to as the ‘*Quintuple upper Line Model*’ (QULM), as it relates to five distinct nested circles and promotes higher-hierarchy strong sustainability goals. This implies understanding urban environments as continuously evolving SESs, whose life cycle could be captured through consecutive ‘*adaptive cycles*’. These cycles are part of a broader linked hierarchy operating at different spatial and temporal scales - the ‘*panarchy*’. KBUD strategies can further deliver a more comprehensive development model in the context of Knowledge Societies, reinforcing the consecutive ‘*adaptive cycles*’ and ‘*urban panarchy*’.

In this context, we have put together an innovative framework that reinforces the QULM through the enhancement of ‘Resilience’ in UR strategies, which re-establishes the principles for achieving a ‘*strong sustainability*’ in consolidated urban environments. This framework comprehends two main principles: ‘*urban sistematology*’ and ‘*resilience enhancement*’. Thus, it implies a circular urban metabolism, urban ecological limits that reduce ecological footprints and acknowledge urban connections with the impacts on other environments, and local and/or regional self-sufficiency. This theoretical approach moves toward the definition of balanced order patterns, promoting higher levels of ‘*sustainability*’ and ‘*resilience*’, while conceiving a new holistic and comprehensive interventional strategy for UR, which is summarised in Table 4.

Table 4 – Categories, themes, sub-themes and good design practices of the proposed SUDP.

Category	Theme	Sub-theme	Good Practices
Environmental Enhancement	Local Integration	Land Use	Sustainable land use and reinforce compact development.
		Natural Ecosystems	Support ecological preservation, valorisation and biophilia.
	Resources	Energy	Sponsor renewable energy sources and effectiveness.
		Water	Sponsor water effectiveness and sustained management.
		Local Sources	Boost and encourage the usage of local resources.
Environmental Impacts	Waste	4 Rs waste planning (reduce, re-use, recycle and recover).	
		Pollution	Stimulate pollution minimisation and mitigation.
Social Welfare	Community Enhancement	Social Capital	Promote social networks and local sense of belonging.
		Human Capital	Develop the stock of competencies, knowledge and skills.
	Community Provision	Local Provision	Improve the provision of basic services and utilities.
Economic Prosperity	Economic Dynamism	Diversity	Enhance local economic diversity and employment.
		Integration	Stimulate economic cooperation and integration.
	Economic Development	Development	Endorse entrepreneurial activity and new centralities.
		Innovation	Encourage local innovation and knowledge systems.
Habitat Quality	Designed Communities	Place-making	Create beautiful, vibrant places, enhancing local heritage.
	Friendly Communities	Changeability	Promote adaptability, modularity and upgradeability.
		Mobility	Sponsor pedestrian environments and sustained mobility.
		Safety and Security	Guarantee local safety and security conditions.
Urban Governance	Governance and Engagement	Governance	Promote sustained governance and awareness.
		Engagement	Sponsor the active participation of community members.
	Management	Management	Stimulate sustainable management of local constituents.

4 CONCLUSIONS

Urban agglomerations will increasingly play a pivotal role in human development (Nijkamp and Kourtit, 2012, p. 292), consequently becoming favoured proponents for SD (Girardet, 1999, p. 8). In the 'Knowledge Era', urban planning has promoted SD (Yigitcanlar, 2009a, pp. 231–239), while emphasizing the *'culture of knowledge'* (Yigitcanlar et al., 2010, pp. 153–157). KBUD has arisen to nourish the transformation and regeneration of cities into 'Knowledge Cities' (KCs) and their economies into 'KBEs' (Knight, 1995, pp. 225–226; Yigitcanlar, 2011, pp. 392–393). UR has been further promoted as a strategy for reinforcing positive outcomes (Jones and Evans, 2008, p. 14), while improving the conditions for competing in Knowledge Societies. Thus, KBUD and UR have become fundamental for the revival of urban environments, as two faces of the same 'SD coin'.

As cities and their development processes will incrementally change at a faster pace (Hall, 2006, pp. 3, 15), *'sustainability'* implies maintaining the capacity of urban systems to support socioeconomic functions (Berkes et al., 2003, p. 2), while providing the means to deal with and absorb internal and external shocks. Therefore, the key to *'sustainability'* lies in enhancing 'Resilience', which means that urban planning should strive to build *'flexibility'* and *'diversity'*, while embracing *adaptation, learning and self-organization in addition to the general ability to persist disturbances* (Folke, 2006), rather than attempting to achieve stable optimal production and short-term economic gains. From this perspective, the benefits of reinvesting in existing urban environments, becomes clearer from a SD viewpoint, in order to address pressing issues and respond to upcoming internal and external shocks. Consequently, there is the need for a more holistic, resilient and regenerative development perspective, especially when *'strong sustainability'* becomes a collective urban goal.

We believe that theoretical approaches that move towards the definition of higher levels of *'sustainability'* and *'resilience'* can provide the bases for conceiving new holistic and comprehensive interventional procedures, thus providing a broader theoretical support to the overall panorama of UR. From this perspective, we have proposed a new theoretical basis, which acknowledges the development conceptions behind a *'strong urban sustainability'* by readdressing and expanding the 'nested circles' model (Giddings et al., 2002, pp. 192–193) in a deeper vision for enhancing 'Resilience' in SESs, through UR processes: the *'Curosphere'* is nested in the *'Locusphere'*, which is nested in the *'Econosphere'*, which is nested in the *'Sociosphere'*, which is nested in the *'Biosphere'*. We consider this new perspective can become the basis for a new approach to urban planning that focuses on UR and KBUD, while providing the basis for an increased 'Resilience' that targets a *'strong urban sustainability'*.

From this perspective, UR can strongly benefit from the promotion of higher levels of sustainability, as these will comprehensively improve the target areas local dynamism and further enhance their ability to withstand future stresses or changes, while maintaining a coherent and comprehensive path towards *'overall sustainability'*. In addition, a planning foresight for 'Resilience', in regeneration contexts, which pursues a *'strong urban sustainability'*, can favour the practical application of UR and become an important contribution to SD. In this context, we further consider the proposed framework can be applied to contemporary urban planning practice, as a tool for developing *'strong urban cores'*, through *'resilience enhancement'* in UR contexts. According to this viewpoint, we are already considering future developments of this research, which encompass the definition of planning strategies for distinct urban scales and respective assessment methodologies that support the suggested framework and form a more *'comprehensive urban planning toolkit'* for the promotion of a *'strong urban sustainability'*.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

This paper is part of the first author's PhD research, which is supported by FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia (scholarship reference: SFRH / BD / 80445 / 2011).

6 LIST OF ACRONYMS

KBEs - Knowledge-based Economies; KBUD - Knowledge-based Urban Development; KCs - Knowledge Cities; QULM - Quintuple upper Line Model; RCs - Resilient Cities; RUD - Resilient Urban Development; SD - Sustainable Development; SESs - Social-ecological Systems; TBLM - Triple Bottom Line Model; UR - Urban Regeneration.

REFERENCES

Applegath, C., Arney, E., Fitzpatrick, D., Gómez-Palacio, A., Howard, P., Vomberg, A., Watkinson, B. and Yazer, J. (2013). Resilient City. *ResilientCity.org*. Available from: <http://www.resilientcity.org/> (Accessed 3 July 2014).

Berkes, F., Colding, J., Folke, C. (2003). *Navigating Social - Ecological Systems - Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo: Cambridge University Press.

Cadell, C., Falk, N., King, F. (2008). *Regeneration in European cities - Making connections*. York: Joseph Rowntree Foundation.

Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J.M., Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems* 4 (8): 765–781.

David, P. A. & Foray, D. (2003). Economic Fundamentals of the Knowledge Society. *Policy Futures in Education* 1 (1): 20.

Davies, G. R. (2013). Appraising Weak and Strong Sustainability: Searching for a Middle Ground. *Consilience: The Journal of Sustainable Development* 10 (1): 111–124.

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16 (3): 253–267.

Giddings, B., Hopwood, B., O’Brien, G. (2002). Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. *Sustainable Development* 10 (4): 187–196.

Ginot, B. (2010). Urban regeneration in Europe : State of the art and Perspectives. An analytical study interrogating sustainability. Master’s Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University Of Technology.

Girardet, H. (1999). *Creating Sustainable Cities*. Devon: Green Books Ltd.

Hall, T. (2006). *Urban Geography*. 3rd edition. London and New York: Routledge.

Jones, P. & Evans, J. (2008). *Urban Regeneration in the UK*. London: SAGE Publications Ltd.

Karvalics, L. Z. (2008) *Information Society - what is it exactly? The meaning, history and conceptual framework of an expression*, in R. Pintér (ed.) *The Information Society. From Theory to Political Practice*. Gondolat – Új Mandátum.

Knight, R. (1995) Knowledge-based Development: Policy and Planning Implications for Cities. *Urban Studies* 32 (2): 225–260.

Lang, T. (2005). *Insights in the British Debate about Urban Decline and Urban Regeneration*. IRS Working Paper No. 12-2005 (p. 25). Erkner: Institut für und Strukturplanung Regionalentwicklung.

Marcus, L. & Colding, J. (2011). *Towards a Spatial Morphology of Urban Social-Ecological Systems*, in Conference proceedings for the 18th International Conference on Urban Form, ISUF 2011. Montreal: Concordia University.

Neuman, M. (2011). Infrastructure planning for sustainable cities. *Geographica Helvetica* 66 (2): 100–107.

Newman, P. & Jennings, I. (2008). *Cities as Sustainable Ecosystems - Principles and Practices*. Washington: Island Press.

Nijkamp, P. & Kourtit, K. (2012). The “New Urban Europe”: Global Challenges and Local Responses in the Urban Century. *European Planning Studies* 21 (3): 291–315.

Pisano, U. (2012). *Resilience and Sustainable Development : Theory of resilience, systems thinking and adaptive governance*. ESDN Quarterly Report (26). Vienna: ESDN.

- Powell, W. W. & Snellman, K. (2004). The Knowledge Economy. *Annual Review of Sociology* 30 (1): 199–220.
- Roberts, P. & Sykes, H. (2000). *Urban Regeneration: a Handbook*. London: SAGE Publications.
- Rogers, R. (1997). *Cities for a small planet*. London: Faber and Faber.
- SANZ - Sustainable Aotearoa New Zealand Incorporated (2009). *Strong sustainability for New Zealand: principles and scenarios*. Auckland: Nakedize Limited.
- Sarimin, M., Yigitcanlar, T., & Parker, R. (2010). *Towards a unified method for the knowledge based urban development framework*. Paper presented at the 3rd Knowledge Cities World Summit, 16-19 November 2010. Melbourne: World Capital Institute, Office of Knowledge Capital.
- Sarimin, M. & Yigitcanlar, T. (2012) Towards a comprehensive and integrated knowledge-based urban development model: status quo and directions. *International Journal of Knowledge-Based Development* 3 (2): 175–192.
- Slaus, I. (2007) Building a knowledge-based society: The case of South East Europe. *Futures* 39 (8): 986–996.
- Smith, K. (2002). What is the “knowledge economy”? Knowledge-intensive industries and distributed knowledge bases. Discussion Paper 06. Maastricht: United Nations University, Institute for New Technologies.
- Tallon, A. (2009) *Urban Regeneration in the UK*. London: Taylor & Francis.
- Teixeira, J. M. P. (2010) Urban Renaissance : the role of Urban Regeneration in Europe’s urban development future. *Serbian Architectural Journal* 711 (4): 97–114.
- Turner, R. K. (1992) Speculations on Weak and Strong Sustainability. CSERGE Working Paper GEC 92-26. London: Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia and University College London.
- Waas, T., Hugé, J., Verbruggen, A., Wright, T. (2011). Sustainable Development: A Bird’s Eye View. *Sustainability* 3 (12): 1637–1661.
- Walker, B. & Salt, D. (2006). *Resilience Thinking - Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. Washington: Island Press.
- Yigitcanlar, T. et al. (2010). Knowledge-based development of cities: a myth or reality? *International Journal of Knowledge-Based Development* 1 (3): 153–157.
- Yigitcanlar, T. (2011). *Knowledge-based urban development redefined: from theory to practice knowledge-based development of cities*, in T. Yigitcanlar & C. Fachinelli (eds.) 4th Knowledge Cities World Summit. Bento Gonçalves: The World Capital Institute and Ibero-American Community for Knowledge Systems. pp. 389 –399.
- Yigitcanlar, T. (2010). *Knowledge-based development of cities: a myth or reality?* in Gustavo Verduzco Igartua (ed.) Proceedings of REvive MTY forum 2010, 3 - 4 June 2010, Monterrey, Mexico. Monterrey: REMTY.
- Yigitcanlar, T. (2009a). Planning for knowledge-based urban development: global perspectives. *Journal of Knowledge Management* 13 (5): 228–242.
- Yigitcanlar, T. et al. (2008). Rising knowledge cities: the role of urban knowledge precincts. *Journal of Knowledge Management* 12 (5): 8–20.
- Yigitcanlar, T. (2009b). Spatial restructuring of cities in the age of knowledge economy: insights from Australian cities, in 2nd Knowledge Cities Summit, 5-6 November 2009, Shenzhen, China. Shenzhen: Shenzhen Municipal People’s Government, World Capital Institute, New Club of Paris.
- Yigitcanlar, T. & Velibeyoglu, K. (2008) 'Knowledge-based strategic planning: harnessing (in) tangible assets of city-regions', in International Forum on Knowledge Asset Dynamics, 26 - 27 June 2008, Matera, Italy. Matera: Centre for Value Management, University of Basilicata.

A case study of a zero energy building: How to achieve the best performance

Francisco Valbuena García

Universidad de Valladolid, Unidad Técnica de Arquitectura. /Valladolid / Spain
direccion.unidad.tecnica@uva.es

María Jesús González Díaz

Torre de Comares Arquitectos S.L. / Valladolid / Spain
mjgonzalez@arquinox.es

ABSTRACT: The LUCIA building for laboratories, at the University of Valladolid, is a zero energy and zero CO₂ building which provides a springboard for research. It covers an area of 7,500 m² and cost a total of 8 225,413.36€. It uses only renewable resources. It is LEED-Platinumⁱ and has been awarded the maximum VERDEⁱⁱ rating (5 leaves). These performances are possible thanks to the use of combined strategies involving design, technical and social aspects. First, it reduces heating, cooling and electrical light demand through a bio-climatic design, specific architectural solutions, passive systems, energy efficient equipment and management devices. Finally, the reduced demand obtained (85 kWh/m² year) is supplied by renewable energy: geothermal, photovoltaic and mainly by trigeneration systems from local biomass. Compared to ASHRAEⁱⁱⁱ, it reduces demand by 90% (heating), 41% (cooling) and 61% electricity for lighting. Other sustainable performances are the reuse of water, photocatalytic and low environmental impact construction materials, waste management, and improvements in communication and dissemination results.

Keywords: Zero emissions, Design, Sustainability, Spain

1 INTRODUCTION

The LUCIA building will be used for laboratories and will provide areas for spin-offs related to nutrition, food, and dietetics; metabolopathies as well as the development of the Digital Knowledge Society. It will offer the chance to investigate a range of features that will shed light on other as yet unexplored areas, using only renewable energies. The strategies lie in the fields of reducing energy demands through bioclimatic design, efficient systems, use of local resources and other important features related to sustainability, such as training and dissemination activities, which engage user involvement.

Directive 2010/31/ EU^{iv} urges member states to ensure that all new buildings for public administration are “nearly zero energy consumption” by 2018. The LUCIA building provides an outstanding example as both an extremely low energy consumption and zero CO₂ emission building at an affordable cost. The total cost of the whole building, including equipment, devices, trigeneration system and VAT amounted to 8225,413.36€, which is an important achievement. No other extra costs are involved. Funding came from the Regional Government of Castilla y León (2010-2012 programme), and European Regional Development Funds^v.

The University of Valladolid has a particular interest in being evaluated by external institutions, which is why it was keen to be certified by LEED (by whom it was given a score of 98 points, the Platinum category), by the VERDE tool (being awarded a score of 4.55 points out of a maximum of 5), and the E-Quest^{vi} evaluation system. These tools are more comprehensive than Spanish Building Regulations, CTE^{vii}. Compared to the ASHRAE baseline building, LUCIA shows a 90% saving in heating demand, 41% in cooling, and 61% in electricity for lighting. The final energy demand of the building is 81.82 kWh/m² year, including Heating, Ventilation, and Air

Conditioning (HVAC). In addition, there is a sophisticated SCADA^{viii} control system using an M-Bus protocol to obtain the key values of the building's energy efficiency.

The paper describes all the strategies used. The results of this example will be extended to other new university buildings, and the use of bio-energy will be applied in central-heating systems in existing buildings on the university campus. The integral use of local resources (bio-mass) entails researching into an area which offers enormous potential for local job creation.

2 ENERGY SAVING STRATEGIES

The keys to achieving this are based primarily on energy saving, which has been accomplished by:

2.1 Passive and compact bio-climatic design to reduce heating and cooling demand

The building has a 0.37m^{-1} form factor for its $5,920\text{ m}^2$ of usable space ($7,500\text{ m}^2$ if parking spaces and facilities rooms are included), a ratio which is hard to improve on. Its compactness means that the relation between surface envelope and the climate controlled area is optimised. In addition, the specific design of the external area, local vegetation, deciduous trees, green permeable pavement in the car park area and sedum type intensive vegetation (73.5% of the surface on the green roof) produce a micro-climate to reduce the heat island effect at the site (VALBUENA & GONZÁLEZ, 2012).

2.2 Façade design:

The characteristics of the site require long walls facing South-West and North-East. As a result, a careful re-orientation study was performed when designing the façade combined with the eaves in the parts facing the sun (Figure 1). Through this system, 89% of the openings face South and East, achieving thermal gains in winter and producing a self-shadowing effect in summer, which reduces the cooling load whilst at the same time ensuring natural light. On its longest sides, the resulting surface resembles a "saw-tooth" (zigzag effect), one drawback being the increased surface envelope. This design strategy means a 24% reduction in the building cooling loads, according to the simulations carried out (VALBUENA & GONZÁLEZ, 2013).



Figure 1 Zigzag façade to obtain self-shadowing effect

2.3 Strong Insulation:

Compared to those stipulated by Spanish Building Regulations (CTE) and ASHRAE (2007), the thermal transfer coefficients used in the building envelope are very good. The insulation coefficients used, a key factor ($U=0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$ on facades, and $U= 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ on the green roof), will restrict loss through transfer and therefore lead to a reduction in demand. One drawback is the increased energy in the materials that can be reduced or even removed by using natural insulation (100% natural from wood), and an extra financial cost which is offset by the reduction in energy consumption. One further aspect to consider in this section is the effect of thermal inertia achieved in the structure of the building itself (reinforced concrete), particularly with the green roof, which covers 73.5% of its surface.

2.4 Improvement of Natural Lighting using solar tubes

The decision to create a compact building was combined with an increase in natural lighting of indoor areas through the skylights above the staircases and the widespread use of 27 tubular day lighting devices (Solatube trademark) (Figure 2). These are static elements which simply reflect incident sunlight and require no power to work. The system offers excellent benefits: beneficial effects for health and wellbeing and a reduction in the electricity requirement for artificial light. According to the simulation run, the LUCIA building needs 74,790 kWh per year compared to the 146,190 kWh per year of the reference building (ASHRAE criteria), thanks to these Solatube devices (VALBUENA & GONZALEZ 2014a) (Figure 3).



Figure 2 - Tubular day lighting devices (Solatube) on the green roof and the internal skylight above staircases.

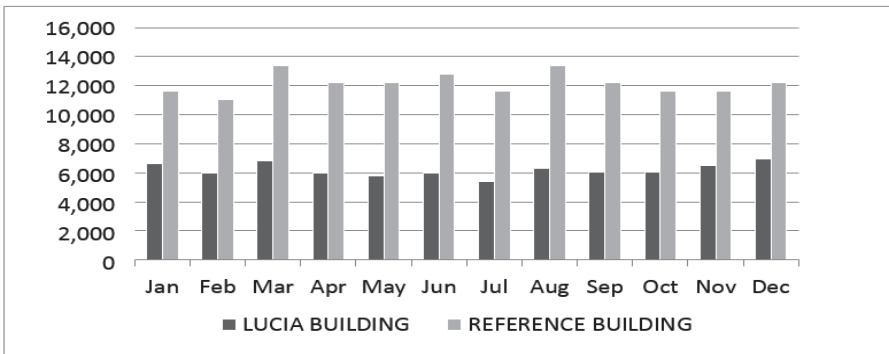


Figure 3. Energy saving with the daylight system compared to the ASHRAE reference building (DOE-2 from EQUSET 3.64). Dark grey: Lucia building. Pale grey: ASHRAE reference building

2.5 Open design of parking spaces

The car park has been designed as an open area with permeable floor pavement. This offers benefits for the senses (an open car park is much more pleasant than a closed one) and avoids the need to force the use of ventilation, artificial lighting, security, fire-fighting equipment and a regulated anti-CO₂ unit, thus reducing energy demand as well as expenses. The permeable floor pavement makes it possible to have vegetation, stimulating biodiversity and contributing to reduce the heat-island effect (Figure 4).

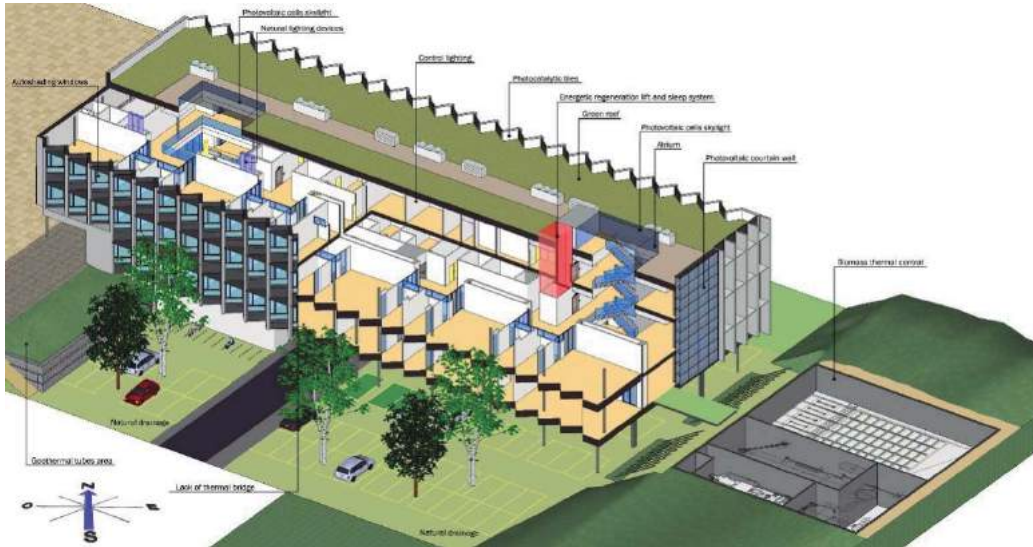


Figure 4. Axonometric section: Green roof, Tubular day-lighting devices, open car park, and biomass place

2.6 Special control devices.

The building has efficient equipment for lighting as well as energy demand management devices such as the DALI^{ix} lighting management system, a controller that automatically adjusts lighting levels based on the amount of natural daylight in the space and turns off or dims lights based on the daily cycle of the office and its level of occupation, thus saving energy. Perfect lighting control means that the least possible amount of light is supplied when needed. Other saving devices are used such as energy regeneration and sleep systems for lifts. The above-mentioned SCADA control system involves heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) which includes trigeneration, an absorption machine, water circulation and consumption points inside the building. It automatically controls management, accumulated energy values, instantaneous flow rate, etc., and is fully programmable and adjustable to possible changes in use (VALBUENA & GONZALEZ 2014b).

3 USE OF RENEWABLE ENERGIES

Having drastically reduced energy demand, the building evidences consistent integration of different renewable energies:

3.1 Geothermal

The site covers a large enough area to allow the environmental conditions for the use of vegetation, and even aids the ventilation systems by using geothermal pipes on the building's exterior. These modify the natural conditions of the outside air before it is pumped into the ventilation system, due to the natural temperature in the earth mass. This system may be deemed both a bioclimatic system and a renewable energy production device. The energy produced by these geothermal tubes is equivalent to 25,000 kWh of thermal energy per year (Figure 5).



Figure 5. Different construction phases of geothermal pipes.

3.2 Photovoltaic

There are photovoltaic cells integrated into the South-East façade and on the roof on the two skylights above the staircases.

The double-skin curtain wall has an annual output of 5,000 kWh of electricity and provides shading and a ventilated chamber during hot weather. To prevent possible overheating in the chamber, specific damping solutions have been studied that can reduce temperature by up to 4°C (Figure 6) (PICH-AGUILERA, 2012).

The photovoltaic cells on skylights produce 5,500 kWh annually. These are translucent cells, which allow the high incidence of natural light to be filtered to the interior and help to control overheating in summer.

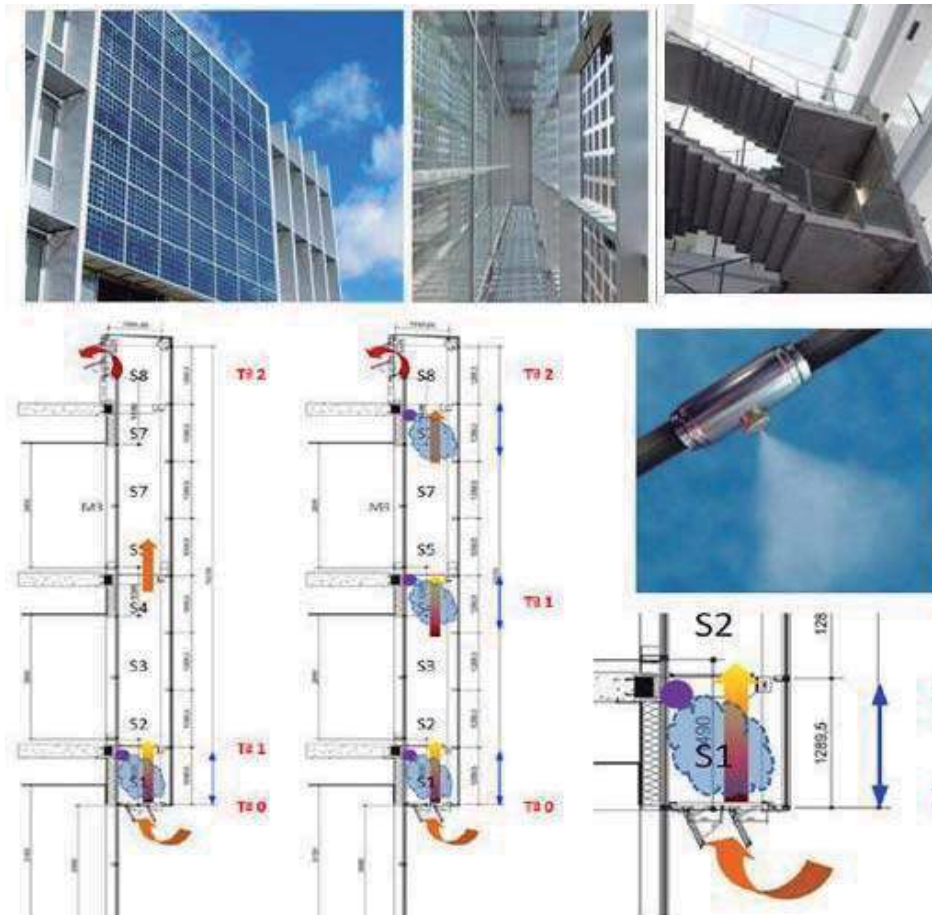


Figure 6. South-East elevation with double PV wall, and built-in photovoltaic glass skylights

3.3 Biomass

The building includes a cogeneration system that uses lignocellulosic biomass as fuel, and which covers most of the building's thermal and electricity demand. Use of biomass, a surplus resource

in this region (Castilla y León) has a major socio-economic impact, and will lead not only to job creation but also to enhanced self-sufficiency in energy.

According to (VALBUENA & HERRILLO 2013), this operates as a self-sufficient energy system for the building. The 100 kW of electric power generated covers the annual electrical requirements, and the average value of 180 kW of thermal energy also generated satisfies the thermal needs and the absorption chiller for cooling needs. Given the special characteristics of the building's use (biomedical laboratories), the system is connected to the grid, and has a support biomass boiler and a hot water tank to adapt to instantaneous variations in power demand (Figure 7).

The autonomy reached for this small-scale cogeneration based on biomass gasification can serve as an example for other buildings in the tertiary sector. The system's technology was developed by Cidaut^x. It uses a downdraft gasification reactor that transforms wood chips into a combustible gas (producer gas) which, after being adapted to engine requirements, is used in reciprocating internal combustion engines to cogenerate both electrical and thermal energy. The system allows 100 kW of electrical power and over 180 kW of thermal energy to be obtained by taking advantage of the engine cooler system and the enthalpy of the exhaust gases. Thermal energy is extracted from the system in the form of water at 90°C, which is also fundamental for efficient use of the absorption machine housed in the building. This is because this technology, which takes advantage of biomass on a small scale, is the one in which the production of electricity is paramount, with a heat electricity ratio in the order of 2, more in line with the building's needs. For the LUCIA building, this means a lower consumption of biomass chips to achieve self-sufficiency in energy, which is around 135 kg/h.

In addition, the cogeneration system based on gasification has the advantage of not using overheated steam and, due to its size and design, has some flexibility vis-à-vis the distribution of its components, thus allowing simpler adaptation to the availability of space in other buildings.

The cogeneration installation is housed in a semi-underground space adjacent to the building (Figure 4). This room houses the power generation and accumulation systems as well as the fuel storage silo and ash deposit. The silo has a moving floor which enables the biomass to be transported to the point from where it can be supplied by means of independent lines to the gasification plant and the boiler. The ashes generated by the gasification system are unloaded into a container with space for their extraction and subsequent transport.



Figure 7. Biomass gasification plant

4 OTHER SUSTAINABILITY STRATEGIES

Reduced water consumption is achieved by collecting and reusing rainwater (73%) and all grey water (100%), with networks which separate these from the laboratory water to be processed before discharge. Bathroom facilities are equipped with electronic taps that incorporate flow reduction mechanisms. In addition, use of autochthonous vegetation requires no mechanical watering (Figure 8).

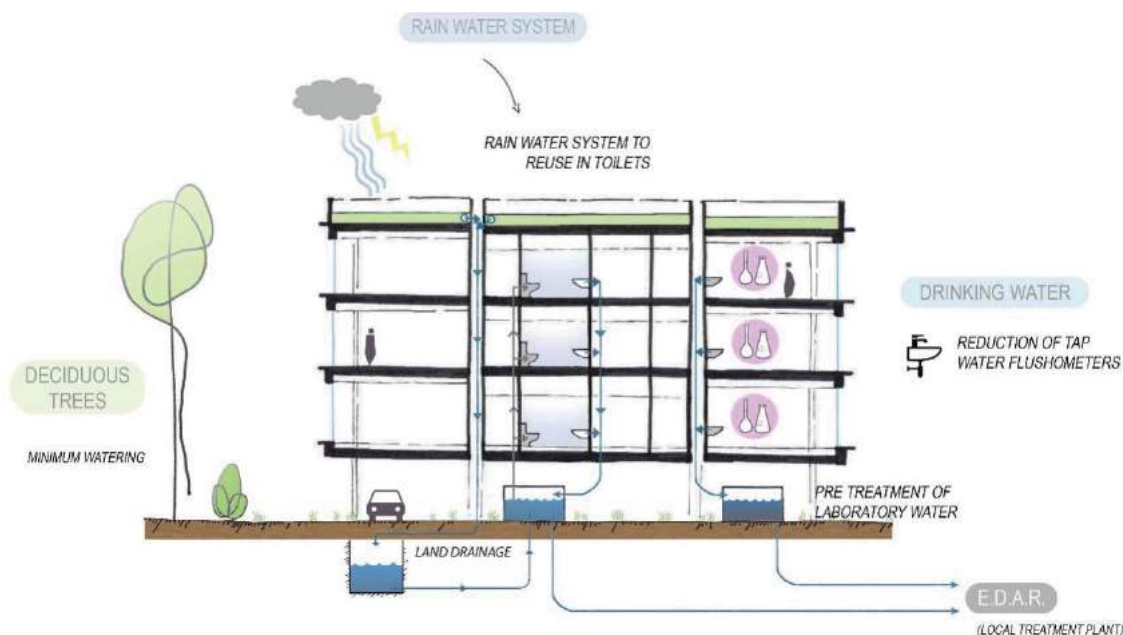


Figure 8. Water cycle

Low-environmental impact construction materials have been selected as well as recycled, renewal and non-volatile organic compound (VOCs) materials, together with recycled and reused materials, and photocatalytic building materials based on applications of TiO_2 .

A further aspect taken into consideration is waste management during the construction phase as well as during the building's use. The construction systems used reduce the waste generated during the building process as much as possible (prefabricated, dry wall partition, etc), and provide easy disassembly. The project includes a plan for studying all the waste generated during the building's life-cycle, and the creation of compost from vegetable waste is also envisaged. Finally, the waste generated during future demolition of the building has also been studied with a view to securing the maximum possible recovery of the materials used.

Other aspects related to overall sustainability are: improving devices and facilities for the disabled; technicians' maintenance plan, information to staff, users and personnel from the university and population at large to improve general understanding of environmental issues related to buildings (VALBUENA & GONZALEZ 2014a).

5 RESULTS

The achievements of the LUCIA building are summarized in Figure 9 following the VERDE environmental assessment method^{xi}, which evaluates a broad range of potential environmental performance parameters, all related to performance benchmarks that are relevant to the region. The results are exceptional. The last column shows the impact reached of 4.55 points out of a possible maximum of 5 points through the different environmental impacts.

RESULTS OF OVERALL EVALUATION /LUCIA BUILDING									
Data are based on the points obtained by self-evaluation	Indicator m ² gear	Weight	Reference building	Object building	Avoided impact	% Reduction of impact	% Impact	Relative avoided impact	
1	Climate change	kg CO2 eq	27%	90.64	12.67	77.97	90.5%	9.5%	4.5
2	UV radiations	kg CFC11eq	0%	0.00	0.00	0.00	0.0%	100.0%	0.0
3	Loss of soil fertility,	kg SO2eq	5%	0.0111	0.0002	0.01	98.5%	1.5%	4.9
4	Water habitat destruction	kg PO4eq	6%	0.01	0.00	0.01	100.0%	0.0%	5.0
5	Photo-oxidant emissions	kg C2H4eq	8%	0.01	0.00	0.01	99.9%	0.1%	5.0
6	Biodiversity changes	%	4%	100%	-4%	1.04	100.0%	0.0%	5.0
7	Primary non renewable energy	MJ	8%	1117.02	689.47	427.55	39.7%	60.3%	2.0
8	Other neither non-renewable nor primary energy	kg de Sb	9%	74.67	58.46	16.21	100.0%	0.0%	5.0
9	Depletion of drinking water	m3	10%	0.34	0.02 [-]	0.36	100.0%	0.00%	5.0
11	Non-hazardous waste generation	kg	6%	35.86	1.79	34.07	100.0%	0.0%	5.0
16	Health and wellbeing of users	%	12%	100%	12%	0.88	87.7%	12.3%	4.4
19	Financial risk and LCA cost	€ [EUR]	5%	38.96	15.03	23.94	100.0%	0.0%	5.0
Avoided impact			100%						4.55

Figure 9. Reduced impacts in the LUCIA building according to the VERDE tool (GBCE).

As regards maintenance costs, the E-Quest model ^{xiii} shows the comparison versus the baseline building, the building excluding the generation system (LUCIA v/o CHP), and the final building with the generation power system. The LUCIA building has a financial power purchase cost for its maintenance (operating phase) which is 74% below the ASHRAE reference building (Figure 10). The LUCIA building has a 60% lower energy demand and an energy consumption which is 41% lower than the benchmark building.

ENERGY DEMAND	BASELINE BUILDING	LUCIA W/O CHP	LUCIA BUILDING
COOLING	54.32 kWh/m ²	31.97 kWh/m ²	31.97 kWh/m ²
HEATING	58.72 kWh/m ²	6.02 kWh/m ²	6.02 kWh/m ²
ELECTRICITY	68.77 kWh/m ²	31.33 kWh/m ²	38.59 kWh/m ²
SANITARY HOT WATER	5.24 kWh/m ²	5.24 kWh/m ²	5.24 kWh/m ²
TOTAL W/O EQUIPMENT	187.05 kWh/m ²	74.56 kWh/m ²	81.82 kWh/m ²
EQUIPMENT (PROCESS)	73.73 kWh/m ²	73.73 kWh/m ²	73.73 kWh/m ²
TOTAL	260.78 kWh/m ²	148.29 kWh/m ²	155.55 kWh/m ²
		-60%	-56%
FINAL ENERGY USE	BASELINE BUILDING	LUCIA W/O CHP	LUCIA BUILDING
TOTAL	196.85 kWh/m ²	116.29 kWh/m ²	258.25 kWh/m ²
		-41%	31%
PRIMARY ENERGY	BASELINE BUILDING	LUCIA W/O CHP	LUCIA BUILDING
TOTAL	339.98 kWh/m ²	166.52 kWh/m ²	258.25 kWh/m ²
		-51%	-24%
CO ₂ EMISSIONS	BASELINE BUILDING	LUCIA W/O CHP	LUCIA BUILDING
TOTAL	150.84 kg CO ₂ /m ²	52.93 kg CO ₂ /m ²	0.00 kg CO ₂ /m ²
		-65%	-100%
		CALIF. A	CALIF. A
ECONOMIC COST	BASELINE BUILDING	LUCIA W/O CHP	LUCIA BUILDING
TOTAL	16.68 €/m ²	6.64 €/m ²	4.30 €/m ²
		-60%	-74%

 Figure 10. final energy and CO₂ results of the LUCIA building according E-QUEST

Regarding final energy use, the consumption of cogeneration equipment has been considered in the calculations. If there were no cogeneration system, the LUCIA building energy consumption would be 41% lower than the reference building. Yet, there is a cogeneration system to produce electricity and to meet all the heating and cooling requirements (tri-generation) such that the consumption of primary energy use (biomass) is 31% higher than the

reference building. The reference building does not produce electricity, and yet, the LUCIA building produces all that it needs, including electrical power. This is why final energy use and primary energy are the same.

6 CONCLUSIONS

The building proves that achieving energy independence at an affordable cost is possible. The LUCIA building is "zero CO₂ emission", and uses only renewable energies such as geothermal, photovoltaic and mainly surplus material in the region, such as forest wood, which can also lead to the creation of new jobs.

The reduced demand of 82 kWh/m² year for tertiary sector buildings (equipment excluded) might act as a benchmark for *Nearly Zero Energy Consumption Building* ratios. It could also be a benchmark for *Nearly Zero Emission Buildings* due to its zero CO₂ emissions and because it produces more energy than it consumes.

It constitutes a prototype on which to test hypotheses that will provide the basis for environmental methods and building assessment. The LUCIA building shows how to improve research into social aspects of building sustainability and will also offer a model on which to investigate areas that will shed light on other as yet unexplored methods.

We believe that the systems and strategies used can be replicated when constructing tertiary-sector buildings that aim to be self-sufficient in terms of energy, and also for *Nearly Zero Emission Buildings*. The bio-climatic design and passive strategies are replicable in any type of building, even in those subject to rehabilitation, as are the integrated photovoltaic systems and geothermic.

The performance of subsequent occupation in the coming years will be analyzed, since the building has only recently been put into service. Further information about the building may be found at the following address: <http://lucia-building.blogspot.com.es/> (Figure 11)



Figure 11. LUCIA building. North-West façade and geothermal tubes.

ⁱLeadership in Energy & Environmental Design- LEED 2009 for New Construction and Major Renovations, including Alternative Compliance Paths for Projects Outside the U.S. Addenda

ⁱⁱVERDE- Green Building Council – España -Established Council of World Green Building Council", WGBC.

-
- ⁱⁱⁱAmerican Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Standard 90.1-2007 Appendix G- Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings
- ^{iv}Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
- ^vFondeo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) - UE.
- ^{vi}E-Quest evaluation system, (DOE-2 program E-Quest 3.64).
- ^{vii}Código Técnico de la Edificación (CTE). Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. Ministerio de Economía y Competitividad. Spain.
- ^{viii}Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) according to ASHRAE Guideline 14-2002: Measurement of Energy and Demand Saving.
- ^{ix}Digital Addressable Lighting Interface (DALI), specified in IEC standard 60929.
- ^xFundación para la Investigación y Desarrollo en Transporte y Energía. (CIDAUT) Boecillo (Valladolid) Spain
- ^{xi}Torre de Comares Arquitectos SL. 2014. Evaluación VERDE del edificio LUCIA. Valladolid. Unpubl..
- ^{xii}Vega Ingeniería. 2013. Modelización energética del edificio LUCIA -Universidad de Valladolid. Unpubl. Valladolid.

REFERENCES

- Pich Aguilera Arquitectura. 2012. Análisis energético de doble piel fotovoltaica. Edificio LUCIA. 06/11/2012 Barcelona,Unpubl..
- Valbuena García, F. & González Díaz, M.J. 2012. Edificio de energía CERO: comenzando por la arquitectura. Caso práctico del edificio LUCIA de la Universidad de Valladolid. *Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) 2012*. Madrid. Spain.
- Valbuena, F. & González, M.J. 2013. The complete eco-design as the first strategy to reach the zero CO2 building in Spain: The Lucia Building Case. *Energy for Sustainability 2013- Sustainable cities. Designing for people and the planet*. September 8-10. 2013.Coimbra-Portugal
- Valbuena García, F. & Horrillo Güemes, A. 2013. CHP system using biomass chips installed in the LUCIA building of The University of Valladolid. *Rev. El Instalador, ISSN 0210-4091 El Instalador 510: 42-48*.
- Valbuena, F, & González M.J. 2014a.LUCIA Building experience: essential strategies for sustainability to achieve Near Zero Energy Building". *5thEuropean Conference on Energy Efficiency and Sustainability in Architecture and Planning. EESAP5. ISBN 978-84-9082-003-2. San Sebastián 7-9/07/2014*San Sebastián. Spain.
- Valbuena García, & F., González Díaz, M.J. 2014b. Zero Energy Equipment Building LUCIA: a case study according to European directive. *World Sustainable Building 2014. October 2014*. Barcelona. Spain

Fuseta's vaulted houses. A thermal performance study

Mafalda Pacheco

Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Lisboa, Portugal

mafaldapacheco@tecnico.ulisboa.pt

Ana Tomé

Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Lisboa, Portugal

anatome@tecnico.ulisboa.pt

Maria da Glória Gomes

Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Lisboa, Portugal

maria.gloria.gomes@tecnico.ulisboa.pt

ABSTRACT: The paper examines the thermal performance of the traditional vaulted houses of the fisherman's village of Fuseta, Portugal. Most of the studies about thermal behaviour of vaulted roof solution are carried out in mud brick vaults in the arid climate countries, being almost inexistent in brick vaults in the European Mediterranean climate. An experimental campaign was carried out in four similar houses in Fuseta with different roof solutions: two brick dome ceilings; a pyramidal roof; and a concrete terrace. Both hygrothermal and thermographic measurements were performed. The main results revealed that the traditional brick dome with the plaster ceiling in the interior, presents the best thermal performance for winter period. Nevertheless, in the summer period, differences are very small between all the solutions. These approaches, based on the quantitative procedures, will deepen the understanding of this traditional architecture's typology in a more holistic perspective.

Keywords: Thermal Performance, Thermal Measurements, Thermography, Vaulted Houses.

RESUMO: O artigo analisa o desempenho térmico das casas tradicionais abobadadas da vila piscatória da Fuseta, Portugal. Os estudos sobre o comportamento térmico em casas abobadadas referem-se frequentemente a coberturas de adobe em regiões de clima árido, sendo quase inexistente sobre abóbadas de tijolo no clima Mediterrâneo Europeu. Este estudo baseia-se numa campanha experimental de medições higrótérmicas e termográficas realizadas em quatro casas da Fuseta com diferentes coberturas: duas com cobertura em abóbada de vela; uma com telhado piramidal (*telhado-de-tesouro*); e outra com terraço em betão armado. Os resultados preliminares revelaram que a cobertura tradicional de abóbada de vela com tecto falso no interior apresenta o melhor desempenho térmico para o período de inverno. No entanto, durante o período do verão, as diferenças entre as quatro soluções são muito pequenas. Este estudo, com base em procedimentos quantitativos, contribuirá holisticamente para o conhecimento desta tipologia arquitectónica tradicional.

Palavras-chave: Desempenho Térmico, Medições Térmicas, Termografia, Casas Abobadadas.

1 INTRODUCTION: THE HOUSES OF FUSETA AND ITS THERMAL PERFORMANCE

The architectural heritage of the fisherman's town of Fuseta, on the southern Portugal, is an interesting example of Mediterranean vernacular architecture, built at the turning of the 19th to 20th century, with a homogeneous urban fabric characterized by an architecture typology of houses covered by terraces on vaults (dome, barrel and domical vault) and pyramidal roofs, that are still maintained today.

The aim of this study is to analyse the impact of the domed roof on the thermal performance of the traditional house. A comparative analysis is done inside four houses of Fuseta's common architecture typology, with different types of roof: 1) traditional dome (structure made in bricks with mortar and covered with plan tiles); 2) traditional dome with suspended plaster ceiling; 3) traditional pyramidal roof (structure made in wood and covered by roman tiles); and 4) current concrete terrace with suspended plaster ceiling. Another goal is to compare the performance of Fuseta brick dome with the Egyptian mud brick dome – Nubian vault – analysed by Fathy (1986). The Fuseta dome has flattened segmented sphere geometry, based on three centred arch, creating pendentives with the wall's intersection and it is made with bricks, differing from the Nubian vault geometry, based on the catenary arch and constructed with mud bricks. The Nubian vault is known by its good thermal performance enabled by its high thermal inertia, internal volume of air and roof's surface for heat transfer, and other principles such as the strategic opening locations, the wind towers and water fountain (see figure 1).

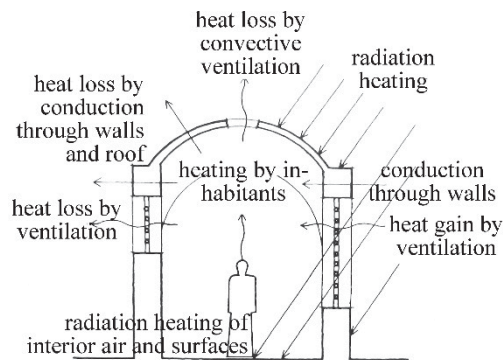


Figure 1. Schematic diagram of heat gain and loss' modes in an Egyptian building (Fathy, 1986).

The analysis is based on: 1st) indoor thermal monitoring of four houses (thermal and thermographic measurements), 2nd) analyzing the results of the measurements, 3rd) comparing the different roof results and identifying some patterns associated with the geometry of the vaults, 4th) interpreting the four roof examples according to the solar gains on the roof surface and other parameters involved, such as, geometry, material, inertia and thickness.

The thermal monitoring of the houses allowed characterizing the thermal performance of the different roof typologies, during winter and summer periods. The thermal measurements consist on a continuous registration of climatic parameters, such as indoor and outdoor temperatures and relative humidity. Results are collected at an interval of time (hourly) in an alphanumeric format.

The thermographic measurements of the roofs permitted identifying the thermal distribution and the isothermal lines in the different roofs' surface according to the geometry, properties and materials. The thermographic equipment measures the infrared radiation emitted by the roofs surfaces, which depends on its superficial temperature, and represented in a thermal image, a thermogram (Gomes, 2013).

2 MATERIALS AND METHODS

This research follows a descriptive model, based on comparative and complementary methods, by observing the thermal performance of four houses, from collected data. Two approaches were considered, according to the monitoring methodologies:






1) Hygrothermal measurements: longitudinal trend research design (observing the behaviour of different roof solutions throughout time) by collecting data over an extended period of time, during the winter and summer periods;

2) Thermographic measurements: cross-sectional research design (observing the behaviour of different roof solutions at a single point in time) by collecting a thermogram of a day and night moment in a summer day (although winter day is also recommendable, it was not measured on this study).

While the first approach allows identifying the evolution pattern of the measured values along the diary cycle (global thermal behaviour), the thermographic images allow to understand the distribution patterns of the temperature values across the geometry of the surfaces (detailed thermal behaviour).

The thermal performance study of the traditional houses with domed roof at Fuseta is based on a comparative research of four houses' samples (population), that were chosen because of their common features such as architecture typology, area, occupancy and envelope except for the roof that presents different solutions: 1) dome; 2) dome terrace with suspended plaster ceiling; 3) pyramidal roof; and 4) concrete terrace with suspended plaster ceiling (see table 1). Variables such as temperature, humidity, occupancy, materials and geometry were analysed in the four case studies. The monitored rooms present similar geometry, layout and areas but different volumes, due to the use of suspended plaster ceilings in two of the roof solutions (case studies 2 and 4), and different occupancies. The room 2 and 4 are occupied by a couple; the room 1 is used during vacations and the room 3 is used by a single person (see table 1).

Table 1. Architectural characteristics, type of use and occupancy of the case studies. (*Image ©2014 Google Aerodata International Surveys Cnes/Spot Image. Digital Globe, GeoEye, IGP/DGRF) (**height considered from the floor to the roof's structure).

Case Studies	1. Domed room	2. Domed room with suspended plaster ceiling	3. Pyramidal roof	4. Concrete terrace with suspended plaster ceiling
Case studies Location (*)				
Room section				
Occupancy	0 person	2 persons	1 person	2 persons
Use	bedroom	bedroom	living room	bedroom
Area	14,25m ²	12,95m ²	14,80m ²	14,06m ²
Ceiling height	3,80m	2,70m (4,10m ^{**})	3,80m	2,80m (3,55m ^{**})
Volume	44,85m ³	34,97m ³	47,85m ³	39,37m ³
Roof Structure	ceramic bricks with mortar; exterior covered with plan tiles and interior with lime-stone plastering	ceramic bricks with mortar; exterior covered with plan tiles and interior with suspended plaster ceiling	wooden beams; exterior covered by roman tiles and interior with wooden planking	reinforce concrete slab; exterior covered with plan tiles and interior with suspended plaster ceiling
HVAC system	none	electric heater (winter)	electric heater(winter)	none

3 MEASUREMENTS AND RESULTS

3.1 Hygrothermal measurements at Fuseta's rooms

The hygrothermal measurements consist of the registration of the indoor temperature and relative humidity of the main room of the four case studies, every hour from the 10th March 2013 to the 16th April 2013 (considered the winter period of the measurements) and from the 7th July 2013 to the 22nd September 2013 (considered the summer period of the measurements). This allows understanding the thermal behaviour of the domed roof during the heating and cooling period and comparing it to other roofs' typologies. For the data registration HOBO U-12

data loggers were used for recording temperature and relative humidity inside the room. For the outdoor temperature an external channel connected to the data logger was used. The data were uploaded in the Greenline Software and later analysed in Excel® software.

The main results revealed that, during the winter period, the outdoor thermal amplitude reaches 10°C. Inside the four rooms, the higher indoor thermal amplitude was obtained in the pyramidal roof (3,1°C) and the lower in the dome's rooms (1,8°C).

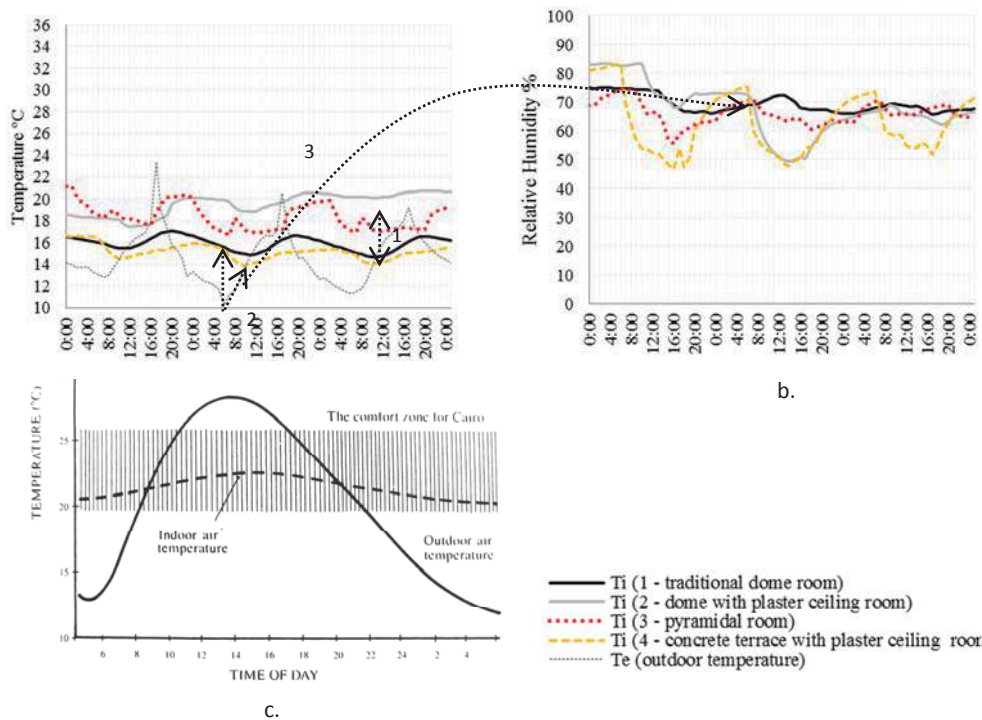


Figure 2. Comparison of indoor (Ti) and outdoor (Te) air-temperature (a) and relative humidity (b) fluctuation within a 72-hour period in winter season for the four roofs solution in Fuseta (measurements between 13th and 15th of March 2013); and within a 24-hour period for the mud brick dome test model in Cairo (c) (Fathy, 1986: 78).

This last result reinforced the mud brick vaults measurements during a March day in Egypt, revealing an outdoor thermal amplitude of +16°C whereas indoor thermal amplitude was of +2°C, varying from 21°C to 23°C (Fathy, 1986: 40) (see figure 2c).

During the winter period, the traditional dome roof provides more stable temperatures inside the room, when compared to the pyramidal roof. In fact, the pyramidal roof is the roof's solution with more indoor temperature variation (see black continuous curve and red dotted curve in figure 2a), and also a higher thermal amplitude (see table 2). The introduction of suspended plaster ceiling inside the dome room of case study 2 provides an increasing of the indoor temperature of about 4°C relative to the traditional dome of the case study 1 (see point 1 in figure 2a). As a consequence, case study 2 presents the highest average temperature (19,7°C), contrasting with the lowest average temperature inside the room of case study 4 with concrete and suspended plaster ceiling (14,9°C). This can be explained by the highest concrete's thermal conductivity, when compared with the brick and mud brick materials (Fathy, 1986: 41).

At the coldest moment, with an outdoor air temperature of 10,6°C at 6 am of the day 14/3/2013, it was observed that the room with pyramidal roof cooled very quickly (up to 17°C), in less than 1h, which means that the indoor temperature followed almost simultaneously the outdoor temperature variation. This could be explained by the lower thermal resistance and inertia of this roof solution (wooden structure and tiles) when compared to the other roof solutions. In fact, for example, the indoor environment of the room with the traditional dome (case study 1)

took more time (almost 3h) to reach the lowest indoor temperature of 14,9°C (see point 2 in figure 2a).

Table 2. Thermal amplitude study during the coldest and warmest day inside the four rooms.

	Outdoor	1. Domed room	2. Domed room with suspended plaster ceiling	3. Pyramidal roof	4. Concrete terrace with suspended plaster ceiling	
winter	thermal amplitude	10,3	1,8	1,8	3,1	2,0
	minimum	10,3	14,9	18,8	16,9	13,9
	maximum	20,6	16,7	20,6	20,0	15,9
	average	15,4	15,8	19,7	18,5	14,9
summer	thermal amplitude	8,7	1,8	1,6	2,9	1,7
	minimum	26,5	29,3	29,1	28,1	27,8
	maximum	35,2	31,2	30,7	30,8	29,5
	average	30,9	30,3	29,9	29,4	28,6

The difference between indoor and outdoor temperature at this coldest moment (10,3°C) is around +5,3°C in the traditional dome (case study 1), +9,7°C in the traditional dome with ceiling plaster (case study 2), +6,7°C in the pyramidal roof (case study 3) and +5,2°C in the concrete room (case study 4).

Confronting the lowest registered indoor temperatures of the different case studies rooms with the reference value of 18°C from the Portuguese thermal legislation (REH, 2013) for winter season, the domed room with suspended plaster ceiling is the only one to meet the legislation.

Concerning indoor environment relative humidity measurements, it was observed that at the period of the lowest outdoor temperature and consequently of the lowest indoor temperature (as mentioned above), the highest indoor relative humidity occurred, except in the dome room. The highest relative humidity fluctuation during the 24 hour period of the day occurred both in the concrete with suspended ceiling plaster room and dome with suspended plaster ceiling room. This occurrence may be due to the lower air volume of those rooms caused by the suspended plaster ceilings and its use as bedroom of the couple, in both case studies. The indoor environment of the traditional dome room has the lowest daily relative humidity variation due to the water vapor permeability of the roof material (bricks) and the dome geometry, which provides an abundant air volume.

Opposing to the winter measurements, that evidenced different thermal performances inside the four roof solutions, the summer results expressed similar performances inside the rooms (temperature curves in figure 3a are very close to each other).

The difference between the minimum and maximum temperatures of the outdoor is lower in the summer period (8,7°C) than in the winter (10,3°C). In the indoor temperature of the four case studies, the difference between the minimum and the maximum temperature is lower, either in the summer or the winter period. In the summer period, inside of the three rooms (case studies 1, 2 and 4), the thermal amplitude is about 2°C (1,8°C, 1,6°C and 1,7°C correspondingly), whereas in the pyramidal room (case study 3) is 2,9°C.

The summer temperature measurements revealed that the traditional dome room offered a more stable indoor environment conditions, while the concrete roof showed the biggest oscillations (see the black continuous curve and orange dashed curve in the figure 3a).

Differing to the expected, the warmest indoor temperature was verified in the traditional dome room (case study 1). However, the introduction of a suspended plaster ceiling (case study 2) improved the thermal performance of the roof, decreasing the indoor temperature 1°C in the warmest periods of the day. Besides that, the concrete roof (case study 4) also with a suspended plaster ceiling, provides a decrease of about 2°C in indoor temperature in the warmest periods of the day (see orange dashed curve in the figure 3a).

Anyway, the behavior inside the case studies is quite similar during the summer, with both temperature and values' progress very similar to each other. This fact can be in part explained by the habit of having the windows and doors open during the summer (especially by night), allowing more natural ventilation, homogenizing the temperatures and approaching them to the outside temperatures.

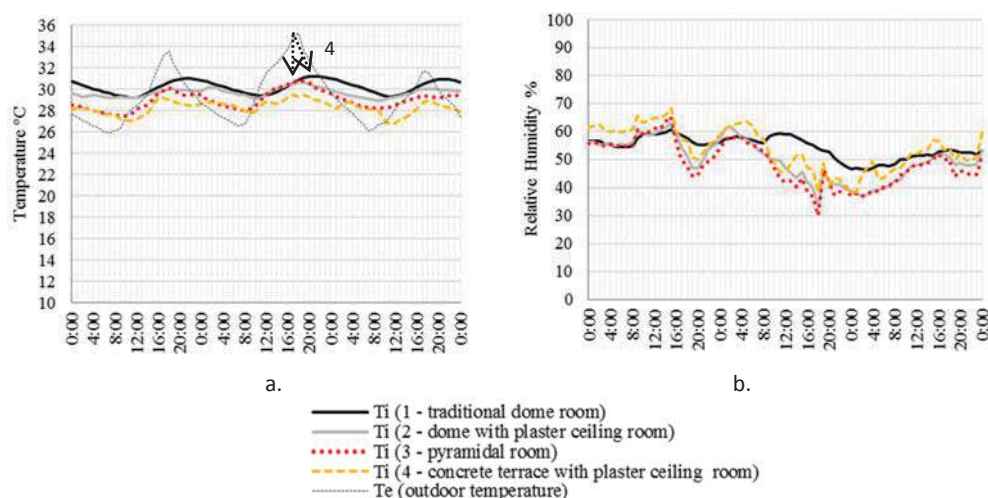


Figure 3. Comparison of indoor and outdoor air-temperature (a) and humidity (b) fluctuation within a 72-hour period in summer season (measurements between 15th and 17th August 2013).

At the warmest period, with an outdoor temperature of 35°C at 6 p.m. of the day 16/8/2013, it is observed that inside the rooms with the pyramidal roof (case study 3), concrete with suspended plaster ceiling roof (case study 4) and traditional dome with plaster ceiling (case study 2), the indoor temperature reaches its maximum values at the same hour (see point 4 in the figure 3a), but in the traditional dome's room (case study 1) it takes about two hours, explained by the higher thermal inertia of the dome.

This warmest period corresponds to the lowest indoor relative humidity levels. The dome room presented the highest relative humidity levels, although without considerable oscillations, such as those detected in the pyramidal room, dome with ceiling plaster and concrete rooms.

To sum up, the type of roof's construction influence is more noticeable on indoor temperatures in the winter period (variations of 5°C) than in the summer period where the thermal results are quite similar in the four case studies (maximum variations of 3°C). These results contradict the common idea of these houses being "designed for the summer heat". In both summer and winter seasons, the highest thermal amplitude was registered in the pyramidal room and the lowest one in the dome's room with suspended plaster ceiling. In the winter period, the concrete roof is the worst solution, with the lowest temperatures (13,9°C in the coldest day). However, in the summer period (29,5°C in the warmest day), the concrete roof solution provides the lowest indoor temperature, which is beneficial. The best solution for winter seems to be the traditional dome with plaster ceiling (lowest temperature of 18,8°C in the coldest day), but not in the summer (higher temperature of 30,7°C in the warmest day).

3.2 Thermographic measurements at the dome and concrete roofs

The thermographic measurements allow the detection of the roof's surface temperature variations based on the infrared radiation recorded by the thermographic camera according to the surface emissivity (capacity of a material to emit infrared radiation). Therefore, variations in the thermal properties of the elements, even some singularities such as thermal bridges, have defects in isolating or blisters, that can be easily detected in the thermograms, since it introduces variations in the heat losses and, hence, in the elements surface temperature. However, for these defects being visible on the thermograms a temperature gradient is necessary.

Two of the four case studies analysed before were selected for the thermographic analysis: the traditional solution of the dome and the current solution used in the rehabilitations, the concrete terrace (case studies 1 and 4). For the thermographic registration a Thermo Tracer TH9100 from the NEC San-ei instruments were used.

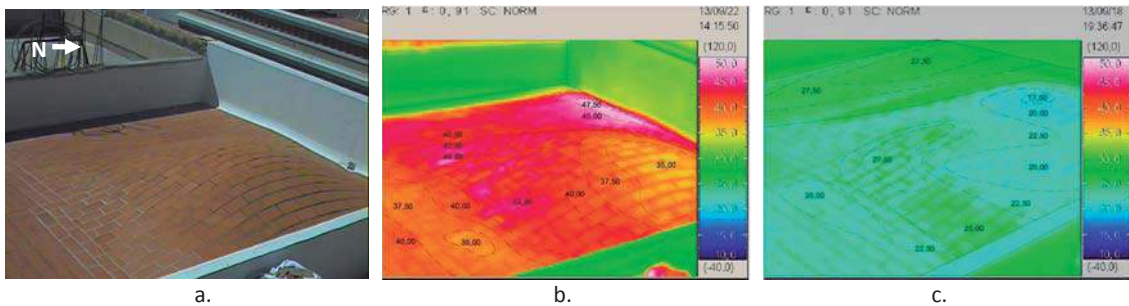


Figure 4. The dome roof seen from the outdoor terrace (a); temperature's variation on the dome surface at 1pm during a summer day (b); and at 8pm during a summer day (c).

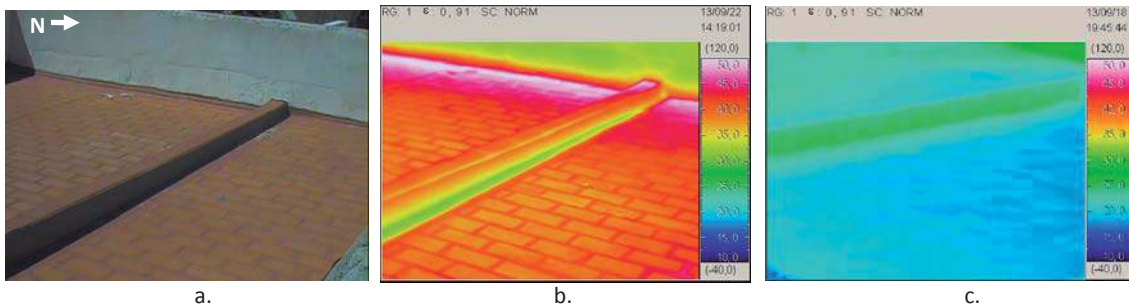


Figure 5. The concrete terrace seen from outside (a); temperature's variation on the concrete surface at 1pm during a summer day (b); and at 8pm during a summer day (c).

Thermographic measurements were performed in both indoors and outdoors surfaces during the night and the daytime, when incidence radiation reaches higher levels. Figures 4 and 5 show, as an example, the outdoor thermograms for traditional dome (case study 1) and concrete terrace (case study 4) solutions, respectively, at 1pm (b) and 8pm (c) during a summer day (night of 21/9/2013 and day of 22/9/2013), permitting to compare the outdoor surface's temperature of these roofs solution. Figure 6 presents thermograms captured indoors of the traditional dome room (case study 1), permitting to compare its outdoor and inside dome's surface temperature.

Figure 4b shows that during the day (at 1pm), in the summer period, the dome has an heterogenic surface temperature distribution, diverging from 35°C in the centre, where it is thinner, to 45°C in the extremes, the thicker parts, which means a variation of 10°C. This can be explained by the highest heat transfer in the thinner centre of the dome which, being from outdoors to indoors at 1pm (see environment temperatures of figure 3a), decreases the surface outdoor temperatures of the centre of the dome, when compared to the extremes. The outdoor surface of the concrete terrace (figure 5b) has an almost homogeneous temperature of about 40°C, when compared to the dome roof, presenting lower differences. However, a lower outdoor surface temperature in the beam is also noticeable as a result of the thermal bridge

effect. During the night (figure 5c), that thermal bridge zone presents a higher outdoor surface temperature than the current zone since, at that time (8pm), the heat transfer is from indoors to outdoors (see environment temperatures of figure 3a). In the current zone of the concrete terrace, the outdoor surface temperature varies between 18°C and 22°C (figure 5c) whereas in the dome roof it varies between 18°C on the centre and 28°C in the extremities.

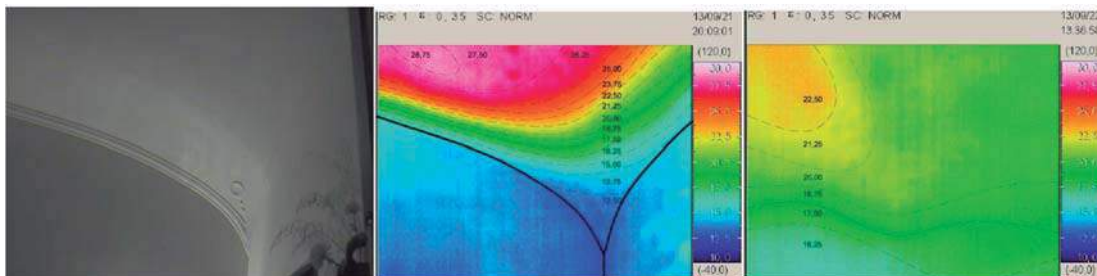


Figure 6. (a) Image of the inside dome surface; (b) temperature's variation in the indoor surface of the dome, during a summer day (22/9/2013 at 1p.m.); (c) temperature's variation in the indoor surface of the dome, during a summer night (21/9/2013 at 8p.m.).

This result is contrary to the expected, firstly because of the direction of the flow, that at night is from inside to outside; secondly because of the smallest thermal resistance in the center, warming the outside center rather than the extremities. The observed result can be due to the less mass of the central zone, which means less thermal inertia and less absorbed heating, releasing and cooling it more quickly than the extremities, with higher thermal inertia (figure 4c). Figure 6 shows the thermogram with the indoor surface temperature distribution in the traditional dome roof (case study 1), captured at 1pm and 8pm of a summer day. It can be observed that thinner centre of the dome presented a higher indoor surface temperature during the day and nighttime which is in accordance with the heat flow and thermal inertia phenomena and the registered outdoor surface temperatures of figure 4c and 5c.

As shown in the figure 7, substantial differences were observed between the outdoor surface's temperature and the indoor surface and air-temperature, of the traditional dome and the concrete roof solutions. Outdoor, concrete surface reaches almost a homogeneous 40°C. However, the traditional dome reaches different temperatures due to its geometry, varying between 27°C and 45°C (which means an average of 36°C).

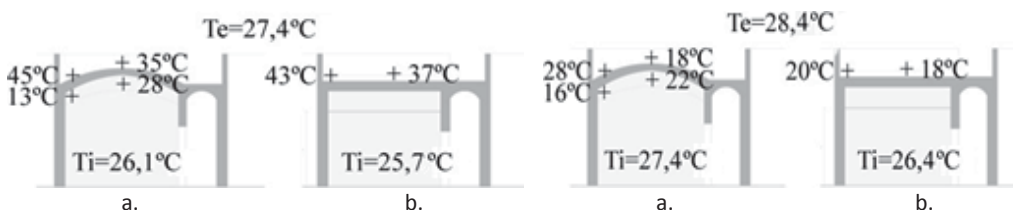


Figure 7. Comparison of indoor and outdoor air-temperature and superficial temperatures in two different solutions of roofs: (a) dome and (b) concrete terrace, during the day (left) and during the night (right).

4 CONCLUSIONS

The winter hygrothermal measurements allowed the characterization of the different roofs' reaction to the temperature changes. The temperature inside the concrete room oscillates almost simultaneously with the outdoor temperature, which means that, during the day and night cycles, high thermal amplitudes were observed. The same occurs on the pyramidal room, where a direct correspondence between outdoor and inside temperature was also noticeable. However, concerning the domed room, the outdoor thermal amplitude takes a few hours to affect the inside atmosphere, providing a constant inside temperature. The introduction of a suspended plaster ceiling to the domed room improved the winter indoor temperatures on +4°C and the comfort sensation. Though, in the summer period it increases +1°C, comparing with the

room without suspended plaster ceiling. The domed roof offers continuous and stabilized inside temperatures, without high oscillations, due to the higher thermal inertia when compared to the other solutions like the pyramidal wooden structure and tiles or the concrete terrace solutions, even though having or not similar air-volume (due to the geometry).

The analysis of the thermal performance of the case studies allowed to conclude that materials (and its roof solutions) played an important role in the thermal performance during the winter. The traditional brick dome with the plaster ceiling presents the best thermal performance for winter period, comparing with the worst performance of the concrete terrace (with a difference of $-4,5^{\circ}\text{C}$), even both solutions having similar interior air-volume and same type of occupancy. Nevertheless, in the summer period, differences are very small in all solutions (around $1,7^{\circ}\text{C}$).

Concrete terrace has low air-volume but a type of use that stimulates frequent ventilation of the room, while traditional dome has higher air-volume and no custom of ventilation. This fact can prove, in part, the importance of a ventilation habit in the summer period.

The comparison of results between winter and summer periods showed that the biggest difference between solutions occurs during winter. The main difference between the vaults of the literature (Fathy, 1986) and the Fuseta's vaults are the thickness and consequently the thermal inertia, and the ventilation opening on the top. The incorporation of similar openings in the Fuseta's vaults would increase the indoor ventilation which will be useful particularly during the summer's night period.

The thermographic measurements confirmed some archetypes principles, such as the dome's geometry has higher absorbing surface to the heat, comparing with the less surface of the plan terrace. About the duration of the heating period on the interior of the domed room, contrary to the expected - slow absorbance during the day and slow radiation during the night -, we observed a quicker heating velocity, due to the lower thermal inertia and thickness of bricks, comparing with the mud bricks, referred on the literature, but higher than the other solutions of the other case studies.

This research aims to contribute to future guidelines for the intervention and rehabilitation of these houses.

ACKNOWLEDGEMENTS

The present paper is part of a research sponsored by FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia/MEC).

REFERENCES

- Decreto Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto. 2013. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), *Diário da República nº 159/13 - 1ª série*. Ministério da Economia e do Emprego, Lisbon.
- Fardeheb, F. 1987. Examination and Classification of Passive Solar Cooling Strategies in Middle Eastern Vernacular Architecture, *Passive Solar Journal*, volume 4. American Section of the International Solar Energy Society, New York.
- Fathy, H. 1986. *Natural Energy and Vernacular Architecture. Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates*. United Nations University Press, Chicago.
- Fathy, H. 1972. The Qa'a of the Cairene Arab House, its development and some usages for its design concepts, *Colloque International sur l'Histoire du Caire*. Ministry of Culture, Cairo, 135–152.
- Gomes, M. & Flores - Colen, I. (coord.). 2013. *Termografia, Técnicas não destrutivas de diagnóstico de anomalias em paramentos*. FunDEC, IST, Lisbon.
- Gonçalves, H. & Graça, J. 2004. *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. INETI/DGGE, Lisbon.
- Matias, L. 2010. *Desenvolvimento de um modelo adaptativo para definição das condições de conforto térmico em Portugal*. IST/UL, Lisbon.

Ntarladima, I. 2012. Thermal and Visual Comfort in Greek Vernacular Architecture, *Proceedings of 2nd Conference: People and Buildings*, London Metropolitan University, London.

Picone, A. 2009. *La casa araba d'Egitto, Construire con il clima dal vernacolo al maestri contemporanei*. Jaca Book, Milan.

Serrão, A. (coord.). 2011. *Atlas Climático Ibérico, Temperatura do Ar e Precipitação (1971-2000)*. Instituto de Meteorologia de Portugal, Lisbon.

Methodology for thermal performance resilience assessment of buildings in a changing climate – a case study from Lisbon

Ricardo Barbosa

CENSE, Faculty of Sciences and Technology, New University of Lisbon, Department of Sciences and Environmental Engineering

rm.barbosa@fct.unl.pt

Rui Santos

CENSE, Faculty of Sciences and Technology, New University of Lisbon, Department of Sciences and Environmental Engineering

rfs@fct.unl.pt

Romeu Vicente

University of Aveiro, Department of Civil Engineering

romvic@ua.pt

ABSTRACT: Europe has been experiencing a significant increase in temperatures per decade and climate change scenarios are projecting high probability of temperature increase. Climate change has been the driver for the increase in energy efficiency through the promotion of stricter regulations. However, adaptation in the building sector has not attracted much attention and several studies suggest that it is not guaranteed that an energy efficient building will be able to continue to provide adequate indoor comfort conditions in a changing climate. The research presented here frames this question in a resilience perspective. The study presents a methodology for the assessment of thermal performance resilience of existing dwellings in the context of climate change. Results relating to a 1960s typical building case study in Lisbon and the impact of energy retrofitting measures is presented and discussed.

Keywords: Thermal Comfort, Adaptation, Climate Change, Resilience, Energy Efficiency

1. INTRODUCTION

Climate change has been recognized as a global key challenge in the 21st century and cities are at its forefront due to their significant consumption of energy and responsibility for greenhouse emission, which is the main motivation for energy efficiency promotion in the built environment. Additionally, Europe is experiencing a progressive increase of temperature. According to the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) and depending on the emissions scenario, an increase of global surface temperature that ranges from 0.3°C-0.7°C to 2.6°C-4.8°C in relation to a 1986-2005 baseline until 2100 (IPCC, 2013), can be expected. Within this context, there is the need to assure that existing buildings, designed for different climate conditions than projected ones, are able to continue providing safe and comfortable indoor environments when facing the change in climate and outdoor temperatures without the resorting to mechanical cooling, which is not yet widespread in Europe (Shove et al.2008).

Thermal Comfort depends on multiple factors – physical, physiological and psychological. Fanger (1970) defined it as “the state of mind expressing satisfaction with the thermal environment”. The definition presupposes immediately that it is not only a physiological state, but it is influenced by individual preferences, particular cultural aspects and both social and organizational factors (Nicol and Stevenson, 2013, Shove et al., 2008). Furthermore, in order for buildings’ occupants to achieve comfortable conditions, in particular in free-running buildings, there are interactions and interdependences between social and technical aspects of what can be considered to be a system designed to provide that particular function, as Chappels and Shove (2005) suggest. Buildings and at the smaller scale of interest, dwellings, will most likely

have to cope with conditions for which they are not initially designed, incurring in a significant overheating risk, and thus, their ability as “climate moderators” (Roaf et al., 2009), can be compromised, in particular in regions or cities that still rely on so-called traditional techniques for achieving comfortable conditions in the cooling season, like most of the southern Europe (Fonseca, 2013). The ability of such a system to preserve its function within acceptability thresholds, or as Gersonius et al (2012) describes it, its identity, in face of change, can be sought as a form of resilience, which in the context of social-technical systems, does not result of only improving technical capabilities of a system, but instead is a response that “arise from the nature of, and interactions between, technical, social and institutional elements” (Arcari et al., 2011) within the system. In opposition to analytical methods and models, adaptive models of comfort takes in consideration the fact that people have that response to change and are willing to act in order to restore thermal comfort conditions. Elaborated from extensive field studies in Europe and considering a variety of buildings, the European standard EN15251 (CEN Standard EN15251, 2007), specifies that the operative temperature of comfort, T_{oc} , can be calculated using Equation 1, considering the weighted running mean exterior temperature T_{rm} , whose calculation considers the temperatures recorded in the previous days.

$$T_{oc} = 0,33.T_{rm} + 18,8 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (1)$$

The capacity of considering comfort limits depending on the outside conditions, as well as the assumption that occupants have the ability to naturally adapt, to a certain degree, to change and disturbances made this knowledge increasingly connected with climate change adaptation (Nicol and Stevenson, 2013). The concern about the provision of healthy and comfortable indoor spaces, not only now, but in an uncertain and most likely warmer future has led researchers to adopt the adaptive thinking while trying to predict the impacts of climate change in comfort (e.g. Lomas et al 2012). On the other hand, existing buildings are already responsible for a significant percentage of energy consumption in urban areas. It is estimated that, for a developed nation, about 25%-40% of energy-related anthropogenic emissions of carbon dioxide can be attributed to buildings (Eurostat, 2010) and therefore is the need to improve energy efficiency in existing buildings. However, the implementation of energy reduction measures, which have been the focus of both policy and technical research, can, under certain conditions, jeopardize the ability of buildings to continue providing comfortable indoor conditions in changing climate conditions, as Gaterell and McEvoy (2005) and Wang (2011) already suggested. With the objective of inform retrofit decision-making, the present study aims to assess the resilience in terms of thermal performance of dwellings in free-running buildings and the effect of energy efficiency measures for two climate change scenarios. A methodology for resilience assessment is presented, using a case study of two dwellings in a building located in Lisbon, Portugal.

2. 1960 RESIDENTIAL BUILDING IN LISBON – A REPRESENTATIVE CASE STUDY

Lisbon has mild winters and hot and dry summers with high levels of solar radiation. When analyzing the monthly climate data for Lisbon, the hottest month is August, with an average temperature of 23.5°C. July and September present an average temperature of 23.1°C and 22.1°C. In terms of climate extremes, the highest registered absolute temperature was 42°C (IPMA, 2013). Figure 1 shows the average daily outside temperature profile for Lisbon (DOE, 2011). Lisbon is also a highly dense urbanized area, which contributes to a significant heat island effect (Alcoforado, 2006). This kind of phenomena can potentially increase the effects of expected climate change (Harlan et al, 2006).

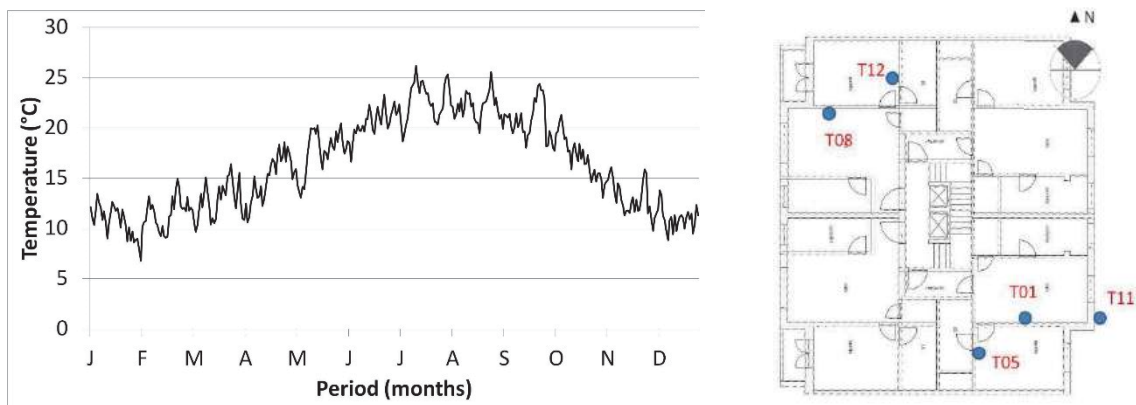


Figure 1 – Average daily outside temperature for Lisbon, Source:INETI (DOE, 2011) Figure 2 – Floor plan and monitoring loggers

2.1 Construction and physical characterization

A significant part of building stock existing in Lisbon is built after 1950 using reinforced concrete structural material (INE, 2010), despite the general lack of specific building codes at the time. This fact, along with the gradual neglecting of vernacular architecture features, made that buildings constructed in those decades are presenting significant needs in terms of general durability, as well as in terms of the thermal performance perspective (Climaco, 2012). The 1960s building illustrating this study of two dwellings is representative of such a context. It has two exposed facades – East and West. Each floor of the building has four dwellings. Each dwelling consists of a living/dining room, a bedroom; a kitchen and a bathroom with an average area of 75 m² (see Figure 2). Each dwelling has only one permeable front façade and does not present the possibility of cross ventilation. General building and dwelling characteristics are presented in Table 1. Two dwellings were monitored concerning temperature. The availability of occupants only allowed for the monitoring period to occur during October and November 2013. Data loggers were positioned according Figure 2. Table 2 presents the cumulative distribution of temperatures during the monitoring period. Dwelling A presents the highest values in terms of air temperatures, in both the living room (A_LR) and bedroom (B_BR). The bedroom in dwelling B (B_BR) is the room with the lowest temperatures overall, followed by the living room of the same dwelling (B_LR).

Table 1 - Building and dwelling characteristics. Source for thermal properties: Santos and Matias (2006) and DOE (2011)

Building general characteristics				Dwelling specific characteristics			
Component	Description	Thickness (mm)	U-Value (W/m ² °C)	Dwelling	Orientation	Glazing area (m ²)	Surface area (m ²)
Exterior wall	Hollow brick masonry no insulation	240	1.7	A	West	3.8	30.2
Interior wall	Hollow brick masonry	150	2.6				
Floor and Pavement	100 mm Concrete slab no insulation Wood flooring	200	3.1	B	East	4.4	25.2
Glazing	PVC frame with double glazing		2.4				

It is also possible to verify that, for percentile 50 (median), B_BR temperature difference of 2.2°C in relation to measured outdoor temperature (OT), while in B_LR the difference is of 2.7°C and in A_LR and A_BR is 2.8°C.

Table 2 - Percentile of cumulative distribution - monitored temperatures

Percentile	OT	A_LR	A_BR	B_LR	B_BR
100	27.6	24.4	23.9	24.8	23.9
90	23.2	23.7	23.4	23.5	22.7
50	19.6	22.6	22.6	22.3	21.8
10	16.2	19.8	19.7	18.9	18.1
0	13.1	19	19	18.1	17.2

2.1.1 Numerical model

In order to study impacts of climate change on dwellings thermal performance, a numerical model was assembled using Designbuilder v.4 (DB, 2014) as the graphical interface to support modeling for EnergyPlus (EP) . EP was chosen to perform the analysis because of its recognized capability in modeling heating, cooling, lighting, ventilation and energy flow in free-running indoor environments in transient and dynamic regimes (Topping, *et al.*, 2011; Crawley, *et al.*, 2008). The model was constructed with consideration of neighboring buildings which shade and define internal envelope in the urban context of the building. The assembly of the model considers 17 thermal zones, simplified to 4 thermal zones considered in the analysis. Internal gains were typified and taken into consideration following Canha da Piedade *et al.* (2009).

Data related with occupancy, shading and natural ventilation habits through window opening was obtained by occupants filling a form developed for this purpose during the monitoring period (

Table 3).

Table 3 – Profiles data

	Dwelling A	Dwelling B
Occupancy Profile	Young working couple (YC) (24y/23y)	Old retired couple (OC) (80y/73y)
	Living room Weekday: from 7pm to 0 pm Weekend: 10 am to 2 pm and 7pm to 0 pm Bedroom Weekdays: from 0 to 8 am Weekend: from 0 to 10 am	Living room Weekday and Weekend: from 12 am to 0 pm Bedroom Weekday and Weekend: from 9pm to 8 am
Shading	Weekdays: Internal blinds closed until 7pm Weekends: opened 9 am and closed around 8 pm due to privacy reasons	Internal blinds are closed around bed time – 10 pm. The bedroom of the apartment has permanent shading from the balcony immediately above
Natural Ventilation (MVent) (during monitored period)	Window opening schedule on Weekdays: From 8:00 am till 9 pm (30%) Weekends From 11:00 till 5 pm	Window opening schedule on Weekdays: From 14:00 till 16:00 Weekends From 9:00 till 16:00

In Dwelling A, occupied by a young working couple (YC), and during the monitored period, the windows were opened (even if at 30% of its capability, due to concerns regarding security) during the day in the two main rooms (living room and bedroom), closing only when the

occupants returned from work. In Dwelling B, occupied by an older retired couple (OC), the main motivation for windows opening is ventilation and air quality. Windows are mainly opened when occupants are absent due to “noise issues from the street”. Generally speaking, and until an unspecified temperature limit, occupants stated that they were willing to sacrifice thermal comfort in order to maintain “security” and “tranquility”.

Data from monitoring was used to inform and calibrate the numerical model. In this particular case, the output results of interest were mainly the air temperatures profiles. Air infiltration was defined as 0.7 ac/h. This value is consistent with the value obtained for the method established by Building Research Establishment Domestic Energy Model (BRE, 2002). Regarding natural ventilation, 5 ac/h was considered as the maximum due to the fact that the apartments do not allow for cross ventilation (BRE, 2010). Figure 3 illustrates the results in model calibration for B_LR. It can be verified that there is a consistency in both the measured and simulated air temperature swing. It is considered here that the slope presented by both temperature profiles (measured and simulated), which is attributed to existing thermal inertia, shows a strong agreement. Finally, the difference between the curves of measured and simulated temperatures presents a maximum deviation of 1°C. Because a typified occupancy and ventilation schedule was considered, differences were expected but the model is considered calibrated for the purpose of this analysis.

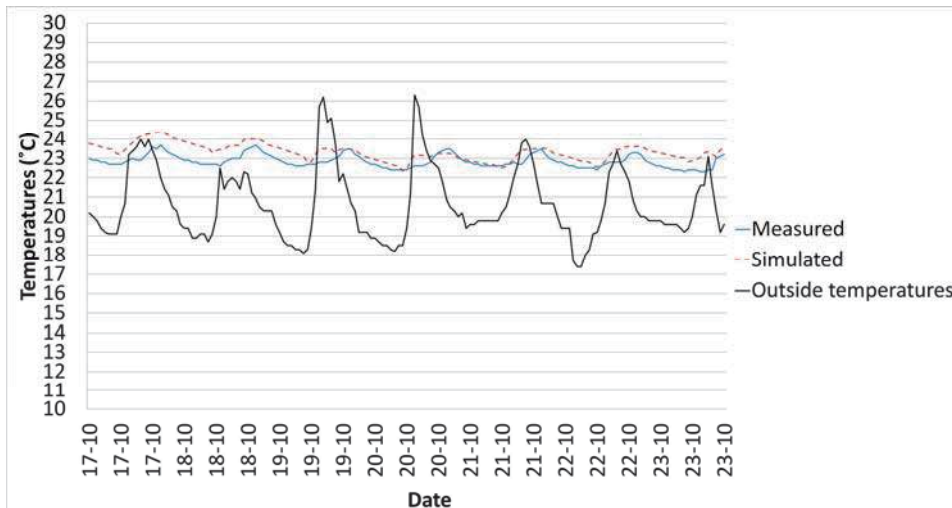


Figure 3- Calibration results for B_LR

2.2 Sensitivity analysis

Once the model is calibrated, comfort conditions in both dwellings can be assessed for a range of scenarios. Figure 4 presents the diagram of the sensitivity analysis concerning simulations prepared to to analyze system performance to changes, such as understanding the effect of improving envelope insulation.

The objective of the first simulation concerning the two dwellings (S01) is the system thermal performance analysis regarding the building original characteristics. In this simulation, internal gains, occupancy and ventilation strategies (MVent) were considered to be the same as the ones registered in 2013 during the monitoring period. The second simulation (S02) intends to analyze both dwellings while presenting the same occupancy and ventilation profile. The worst case – longer occupancy time – is considered here. The next simulation (S03), uses the same approach as the latter – however adopting what can be designated as optimal ventilation strategy (OptVent).

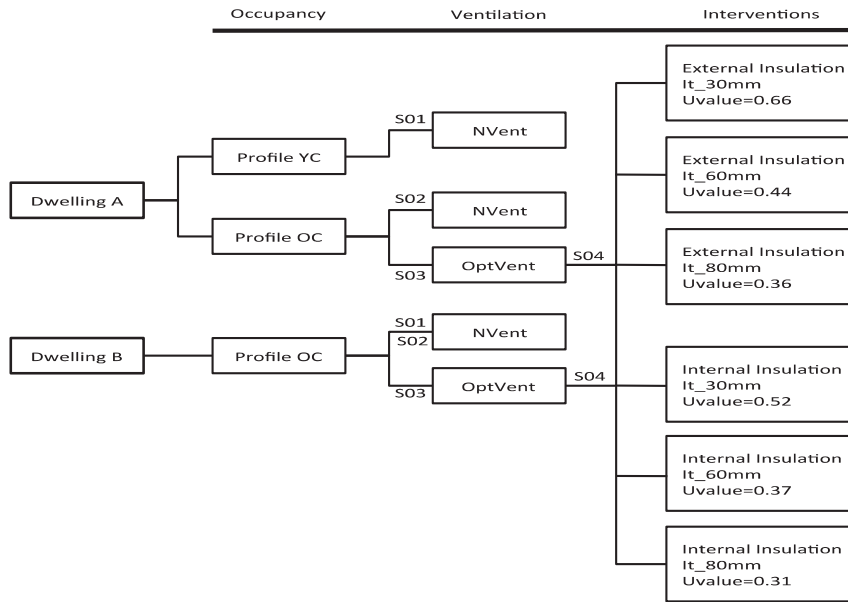


Figure 4 - Sensitivity analysis

Being so, this simulation intends to analyze performance without the constraints mentioned by the occupants. It also considers that windows are only opened when temperature outside is at least two degrees below indoor air temperature, promoting night ventilation. The last group of simulations, designated as S04, intends to assess the effect of the insulation increase on dwellings in terms of discomfort hours. Different options regarding positioning of insulation (External/Internal), insulation thickness (it) and thermal coefficient (U-Value) were evaluated. In terms of comfort assessment, the EN15251 adaptive model of comfort was used, considering that the building fits in Category III – existing and renovated buildings (CEN Standard EN15251, 2007). The model is simulated using the Typical Meteorological Year (TMY) of Lisbon developed by INETI (DOE, 2011) that compiles climate data over a 30 year period. Results are then compared with generated climate change data with resource of a morphing methodology, considering an SRES A2 scenario (IPCC, 2013) for 2050 and 2080, using CCWeatherGen (Jentsch et al., 2013). Table 4 shows daily cumulative distribution for TMY and the climate scenarios developed with the morphing methodology. It can be verified that, in relation to the reference climate data, the 50th percentile indicates a increase of 1.92°C for 2050 and 3.73°C for 2080.

Table 4 – Percentile of daily cumulative distribution considering climate change scenarios

Percentile	LISB_TMY	LISB_2050	LISB_2080
100	26.19	29.27	31.04
90	22.48	25.05	26.84
50	15.85	17.77	19.58
10	10.53	11.95	12.97
0	6.75	8.10	9.16

2.3. Results

The first simulation concerns dwellings performance with different occupancy and ventilation profiles, which are compared between the typical year and the morphed files for 2050 and 2080. It can be verified that there are no significant discomfort hours showed in TMY calculations. TMYs are compiled in a way that extremes are smoothed and being so, overheating situations are not expected to occur in building simulations with this dataset. They can, however, provide an useful insight about what is expected of dwellings regarding typical thermal performance in summer conditions, that is, if dwellings overheats in such conditions, they are not prepared even to face current climate conditions. In the EN 15251 model, a room is considered to be overheated when more than 5% of occupied hours in discomfort (CEN, 2007) are verified. The

two occupancy and ventilation profiles (MVent and OptVent) were analyzed. In Figure 5, it can be verified that, overall, Dwelling B presents a worse performance in terms of discomfort hours. When considering the temperature increase for 2050, both living rooms present a significant percentage of discomfort hours. However, Dwelling A results are 26% better than for Dwelling B. When considering OptVent ventilation profile, there is no room in discomfort according to this indicator for 2050, which suggests that the ventilation strategy was successful in dissipating non useful gains inside the compartments. For the 2080 scenario, the simulation concerning MVent, all the compartments present significant percentage of discomfort hours. B_LR presents consistently, during the occupied hours, a higher level of discomfort. When taking in consideration the OptVent strategy, and as expected, the percentage of discomfort hours decreased significantly. For the compartment B_LR for example, a decrease of 77% in discomfort hours can be verified. For compartment A_LR, the percentage with the optimal ventilation strategy is below the 5% of discomfort hours, which is considered as acceptable.

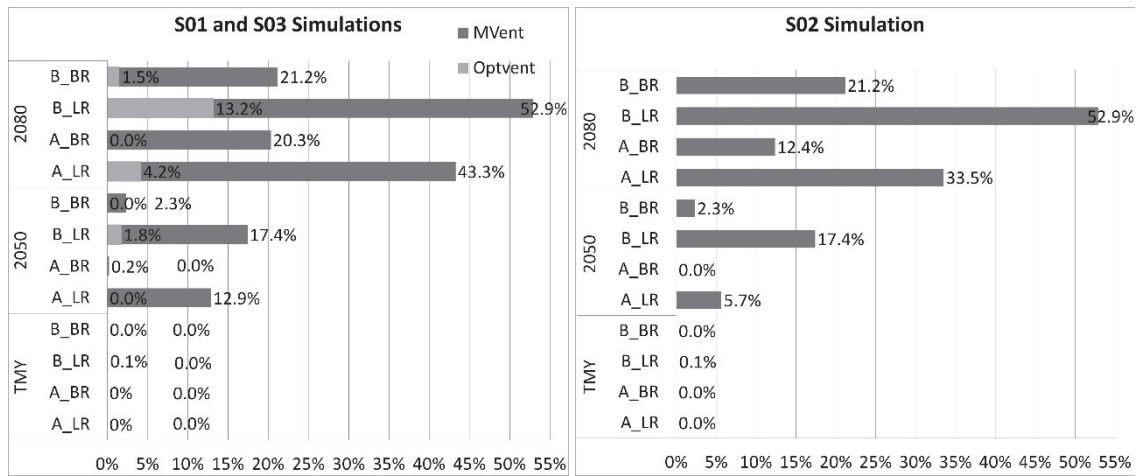


Figure 5 - Percentage of Discomfort Hours – Climate Change Scenarios S01 and S03 Simulations. Figure 6 - Percentage of Discomfort Hours – Climate Change Scenarios S02

In Figure 6, both dwellings are compared under OC occupancy profile. When considering the same occupancy and ventilation strategies, Dwelling B continues to present more hours in discomfort. In the climate change scenario considered for 2050, B_LR is the only compartment presenting significant discomfort hours, while A_LR just slightly exceeds the 5% threshold. For the 2080 scenario, however, all the rooms present discomfort hours above the threshold, with the most significant result being, again, the B_LR compartment. With the objective of studying the effect of increasing insulation of the external envelope over indoor thermal comfort in the context of climate change, both dwellings were subjected to a sensitivity analysis, regarding different types and positioning of insulation on the walls. Results suggest that with the increase of insulation, there is an increase of the percentage of discomfort hours in the compartments (Figure 7). Moreover, it is verified a higher increase in the percentage of discomfort hours in the case of interior insulation when compared to exterior insulation, as the thickness increases.

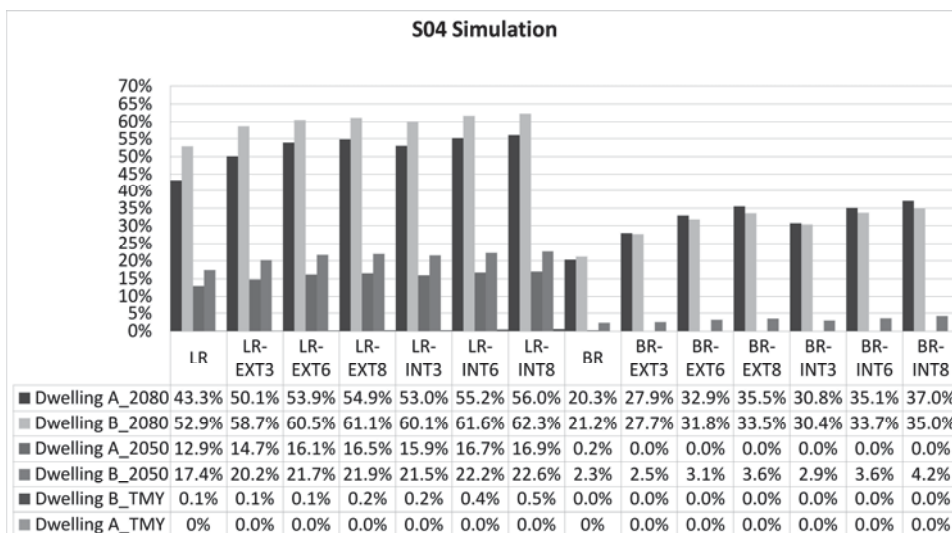


Figure 7 – Effect of increasing insulation on Percentage of Discomfort Hours – Climate Change Scenarios S04 simulation

The implementation of insulation is, in general, motivated by long-term payback in terms of heating demand costs. Being so, it is interesting to analyze the effect of insulation over the heating demand in both dwellings regarding climate change scenarios. In this simulation, a comfort range between 20°C and 26°C was assumed, corresponding to what is presently established and accepted in Portugal (DL N°118/2013). From the analysis of Figure 8 , all the simulated insulation options correspond to a decrease of the heating demand.

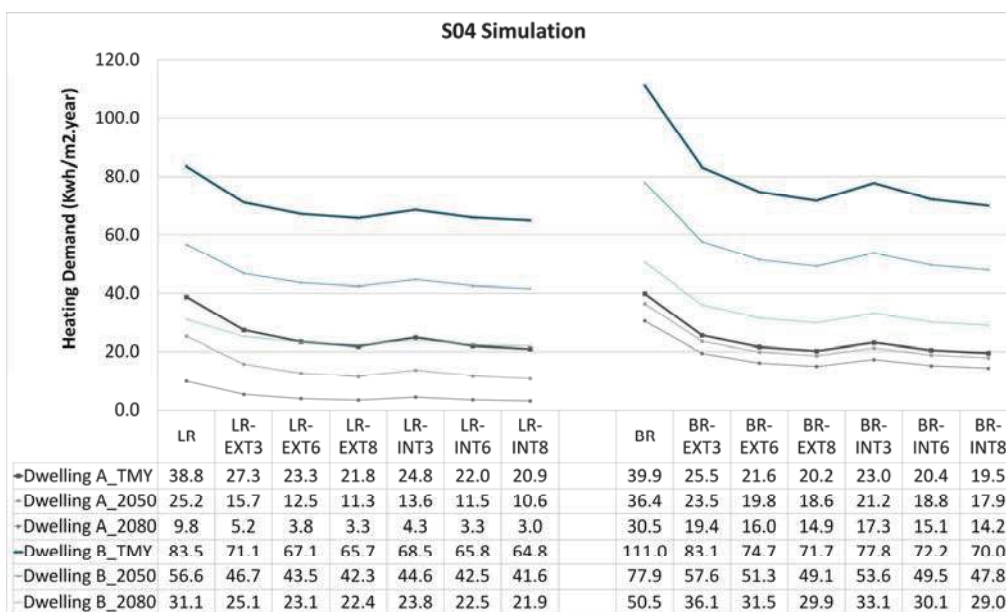


Figure 8 - Effect of increasing insulation on Heating Demand S04 Simulation

3. CONCLUSIONS

The most significant conclusions from the conducted study are the following:

- Considering Lisbon climate data and the representative construction characteristics of the case study in Lisbon, simulation results suggest large periods of discomfort for 2050 and 20980 climate scenarios;
- Dwellings in the same building can have distinctive resilience to climate change
- Creating conditions for an optimal ventilation is crucial whatever adaptation strategy pursued;

- Increasing insulation is believed to be necessary for mitigation purposes, but can potentiate the overheating risk for the future climate scenarios. Therefore, an optimization of the implementation of such measure are believed to be necessary.
- The contribution sought with this work and the results obtained can be extended by performing new simulations which explore other efficiency measures and different types of dwellings in distinctive urban contexts that have not been explored here. Other issues are considered relevant for future developments, such as:
 - The use of alternative downscaled data for climate change scenarios, in particular of probabilistic nature
 - Evaluation of combination of energy efficiency measures with adaptation strategies, as well as adaptive behaviour from the occupants, also considering cost-effectiveness.

4. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the support of Prof. Dr. Mark Frederick Jentsch from Bauhaus Universität Weimar in overcoming problems with climate data and morphing methodology.

This research is funded by the Foundation for Science and Technology, Portugal (SFRH / BD / 70395/ 2010)

REFERENCES

Alcoforado, M.J. 2006. Climatic Information for urban planning, in *Climate as a Resource*, WMO, Geneva: 176-188.

Arcari, P., Biggs, C., Maller, C., Strengers, Y., Horne, R., & Ryan, C. 2011. *Resilient urban systems: a socio-technical study of community scale climate change adaptation initiatives*. Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research 2011. VCCCAR Publication 7/12 ISBN: 978 0 7340 4785 4.

BRE 2002. *Building Research Establishment, BREDEM-12 Model Description 2001 Update*, BRE, Garston, UK, 2002.

BRE 2010. *The Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings 2009 Edition*, Building Research Establishment (for UK Department of Energy and Climate Change), Garston, UK, 2010.

Canha Piedade, A., Rodrigues, A.M., & Braga, A.M. 2009. *Térmica de Edifícios*. Alfragide: Edições Orion.

CEN Standard EN15251.2007. *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics* Bruxelles: European committee for Standardisation

Chappells, H., & Shove, E. 2005. Debating the future of comfort: environmental sustainability, energy consumption and the indoor environment. *Building Research & Information*, 33(1), 32–40. doi:10.1080/0961321042000322762

Climaco, N. 2012. *Energy Efficient retrofit of Residential Buildings*. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico.

Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M. & Griffith, B. T. 2008. Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. *Building and Environment*, 43(4), pp. 661-673.

DB 2014. *Design Builder Software*. Retrieved from <http://www.designbuilder.co.uk/>

DOE2011. *Building Technologies Program – Energy Plus*. Retrieved from DOE Energy Efficiency and Renewable Energy: <Http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus>

Eurostat- European Commission 2010. Eu Energy in Figures 2010 – Greenhouse Gas Emissions by Sector. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Fanger, P. 1970. Thermal comfort Analysis and applications in environmental engineering. Denmark: McGraw-Hill; ISBN 0-07-019915-9, 1970 244p.

Fonseca, S.2013. Agência e estrutura nas práticas sociais de uso eficiente da energia – a construção social da eficiência energética no sector doméstico- Phd Dissertation- ISCTE-IUL

Gaterell, M. R., & McEvoy, M. E.2005. The impact of climate change uncertainties on the performance of energy efficiency measures applied to dwellings. *Energy and Buildings*, 37(9), 982–995. doi:10.1016/j.enbuild.2004.12.015

Gersonius, B., Ashley, R., & Zevenbergen, C. 2012. The identity approach for assessing socio-technical resilience to climate change: example of flood risk management for the Island of Dordrecht. *Natural Hazards and Earth System Science*, 12(7), 2139–2146. doi:10.5194/nhess-12-2139-2012

Harlan, S. L., Brazel, A. J., Prashad, L., Stefanov, W. L. and Larsen, L. 2006. Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Social Science & Medicine*, 63, 2847–2863.

INE 2010. Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010, Instituto Nacional de Estatística

IPCC. 2013. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPMA 2013. Instituto Portugues do Mar e Atmosfera – www.ipma.pt

Lomas, K. J., Giridharan, R., Short, C. A., & Fair, A. J. .2012. Resilience of “Nightingale” hospital wards in a changing climate. *Building Services Engineering Research and Technology*, 33(1), 81–103. doi:10.1177/0143624411432012

Nicol, F., & Stevenson, F. 2013. Adaptive comfort in an unpredictable world. *Building Research & Information*, 41(3), 255–258. doi:10.1080/09613218.2013.783528

Roaf, S., Crichton, D., & Nicol, F. (ed.) 2009. *Adapting Buildings and Cities for Climate Change*. Architectural Press.

Santos, C; Matias, L. 2006. Coeficientes de Transmissão Térmica de elementos da envolvente dos edifícios, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

Shove, E., Chappells, H., Lutzenhiser, L., & Hackett, B. 2008. Comfort in a lower carbon society. *Building Research & Information*, 36(4), 307–311. doi:10.1080/09613210802079322

Topping K. & Parker P.2011. Evaluating Occupant Comfort in Social Housing Following Building Envelope Upgrades. In: *Proceedings of the 9th Nordic Symposium on Building Physics - NSB 2011*, 3 of 3, pp. 1085 to 1092.

Wang, X., Chen, D. and Ren, Z., 2011. Global warming and its implication to emission reduction strategies for residential buildings, *Building and Environment*, 46, pp. 871-883

The recovery sustainable urban water systems management and Green Roofs. Widespread conversion of impervious surfaces existing greened surfaces in urban areas

Gioia Clementella

Sapienza University of Rome, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Building and Environment, Roma, Italy

gioia.clementella@uniroma1.it

Emanuele Habib

Sapienza University of Rome, School of Engineering, Department of Astronautics Engineering, Electrical and Energy, Roma, Italy

emanuele.habib@uniroma1.it

Carlo Cecere

Sapienza University of Rome, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Building and Environment, Roma, Italy

carlo.cecere@uniroma1.it

ABSTRACT: The conversion of impervious surfaces in greened surfaces can reduce adjustment of sewer systems problem, reducing the overload produced by events of downpour, improving urban water systems management [01]. The feasibility in existing building depends on the extent of the new applied loads. In order to check the endurance of green roofs in Mediterranean climate (Rieti -inner central Italy), in real conditions, with only 80 mm of substrate, an experimental roof has been set up . A reference roof and two kinds of green roofs has been built up on a laboratory roof. Measures are conducted in natural weather. A first set of measures is showed, providing the performance of accumulation and drainage layers. Moreover a qualitative analysis of planted vegetation growth is provided.

Keywords: Green Roofs, Rainfall retention, Building renewal, Green Infrastructure

1 INTRODUCTION

The relationship between building and tree, built surfaces and green areas, artificial and natural has always been a central theme in the architecture design research , so that, since its first rise on the banks of the Euphrates, it proposed a wonderful syncretic solution in the legendary green-Gardens of Babylon.

This comparison has gone through since the history of architecture and has produced continuous relations capable of giving life to wondrous hybridizations and wonderful mutations of specific components of the two different systems. From the window to the bowers; from atria shady orchards; by winter gardens, greenhouses odorous; gardens, green architecture and botany began a complex and rich history of continuous mutual references.

In our contemporary world featured by, both, inescapable and ambiguous searches for solutions able to decline a sustainable choices and the increasingly evident issues of development , the relationship with the green could not take on new issues and hybrids; therefore the renewed attention given by ancient architectural design roof gardens and, at the same time, the increasing importance that has taken in the context of technological and scientific research about green roofing.

Our goal is not to analyze the architectural and linguistic aspects of this element of ancient tradition, although unrecognized and, especially, misunderstood in its specific potential, but rather to assess the environmental and construction in relation to the contribution that its

spread in the Mediterranean cities can make to the improvement of the microclimate and the greater efficiency of retention of rainwater.

The purpose of the research is focused on the design of interventions to reuse the roofs of the existing buildings, in order to improve living conditions of inhabitants of cities, the environmental comfort of the enclosed spaces in addition to open ones and the sustainable management of water resources in the urban environment.

2 THE TRANSFORMATION OF WATERPROOF COVERS IN EXISTING BUILDINGS: STRUCTURAL ISSUES.

It seems evident that the integration of green roofs in existing buildings, by converting the waterproof surfaces, produces a significant change in the loads on coverage; it is therefore necessary to undertake a careful evaluation of the new conditions in terms of static, and seismic aspects, if required. In favour of safety, in the mandatory preparatory verification stage, it is appropriate to consider that the elements, constituting the new stratigraphy, can be in conditions of maximum water saturation. Densities under saturation conditions of each element are, therefore, the input data of the main project in order to perform the subsequent structural verification. In these interventions on existing buildings it is the permanent loads (G) that varies, namely, those actions that act during the nominal life of the construction that are the weight of all structural elements of the ground and the forces induced by the ground itself (excluding the effects of variable loads applied to the ground) and the forces resulting from the pressure of water (where there's a permanent load of this kind). The verification of safety in a static environment and the eventual design of subsequent interventions of consolidation are therefore a key element. In this context it should be, in fact, take into account aspects of the assessment and in-depth knowledge of the state of the work, for this purpose it is suggested that the method of the "cognitive stage"[14]. The safety assessment and intervention planning is performed with reference only to the ultimate limit states SLU, compared to the condition of preservation of human life SLV or, alternatively, to the condition of collapse SLC. The case in which the intervention includes the installation ex novo of green roofs on existing constructions entails, on one hand, a change of destination of use of a part or the whole of the roof surface concerned and, on the other, the change of load combinations acting on the structure. In order to limit the possible interventions of consolidation may, after prior verification, change the intended use of the object to be covered in a practicable not feasible. In addition, recent results produced by a research conducted at the School Laimburg, in Bolzano (Alpine climate), confirmed that the minimum thickness to be provided for the growing medium is equal to 80 mm, as indicated by the UNI 11235 [04], suitable to maintain the conditions necessary the life of Sedum ground cover vegetation[13]. This experimental result, if confirmed in conditions of prolonged drought, would be particularly interesting in applications on existing buildings, as legitimizing the use of only 80 mm layer of culture and it would minimize the total loads applied and to limit potential interventions consolidation on the existing structure.

3 THE POSITIVE CONTRIBUTIONS OF GREEN ROOFS

The value of the integration of Green roofs in building could be found in the dialogue with the city in the urban scale. In this case we measure the relevant effects of this system, which are the basis of incentive policies and diffusion throughout the world.

The main positive effects, readable on an urban scale that, when properly contextualized, justify its use and recommend the diffusion are: the improvement of the microclimate in urban neighbourhood scale and the improvement of urban water systems management through a reduction of precipitations of overloads the sewer system [01].

Other positive contributions are the reduction of air pollution[06], thanks to the elimination of fine particles in the air, protection against noise and contributing to the transformation of

carbon dioxide[05]. The interventions of reduction of waterproofed surfaces in urban areas through the implementation of widespread Green roofs, unlike what traditionally stated, do not appear to have a direct and supporting intervention at the level of adjustment of the internal microclimate of the building on which insists that, despite the expected improvement in energy efficiency, does not seem to be justified by the significant investment costs and management-maintenance in comparison with other specific types of intervention [08] [10]. This system can, however, lead to an improvement of urban water systems management of precipitation, by reducing the overload on the sewer system, offering itself as a viable solution to the problem of the adaptation of the network[07]. This problem of adaptation is denounced by the inability of existing sewer systems to meet the changing needs in terms of the capacity of wastewater and disposal of products from overload events of downpour and is confirmed by recent events. If climate events of downpour, more and more phenomena represented by high intensity focused in a short time, will intensify more and more, as expected, the importance of interventions in the water cycle will increase. At present, in Italy, it is estimated that the sewer system would require a "replacement rate" of 38% for a modernization of the system. In the country, municipal sewer system are mostly of mixed type, or unitary, that gather in the same duct is the waste water from settlements of civil and / or production, also called "water in dry weather," both rainwater. Therefore it is clear that the implementation of Green Roofs takes on a particular importance for urban water systems management of precipitations in urban areas.

The volume of water that flows in networks is further increased by both the constant per capita consumption of water, estimated equal to 6 times in the last 50 years, both from the increase in impervious surfaces, which lack the ability to drain, releasing instantaneously collected water in the disposal system. [12]

Considering the substantial irreversibility of the processes related to urbanization growth , shown in the attached graph, with a continuous increase . Drainage can be partially restored through a widespread introduction of absorbing surfaces in built-up areas, just like Green Roofs.

4 APPLICATIONS OF THE ROOF- GARDENS IN THE WORLD AND IN ITALY

A monitoring of current diffusion of Roof- Garden worldwide has been conducted, to identify the presence of application protocols, in terms of incentives, regulations or any object with these systems. The use of the technique of construction of the Roof- Gardens meets a significant political and legislative confirmation in Europe and America, as showed by the map where places with a specific regulation are signposted.

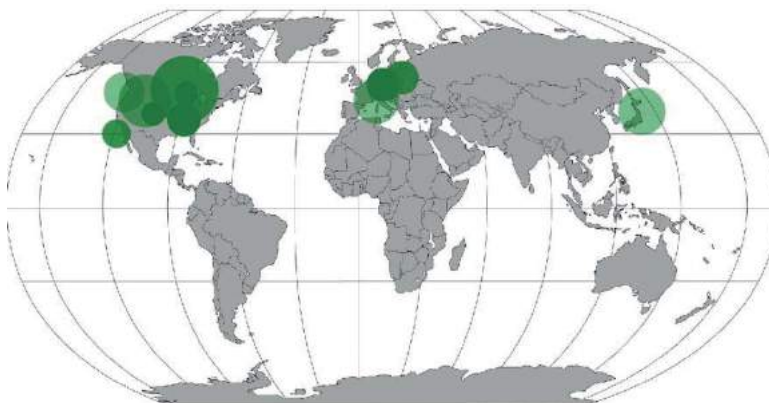


Figure 1: Qualitative representation of the diffusion of the Roof Gardens, edited by author

The local administration of Chicago in 2006 initiated a protocol: the Nation Centre for Environmental Design has promoted construction of nearly 300,000 square meters of rooftop garden and now candidates the city to the primacy of the greenest city in America.



Figure 2: City Hall Chicago- The commitment of the Administration to promote the dissemination of this construction method is declared in 2011 with the creation of a roof garden right on the cover of City Hall.

In Europe, especially in Germany, Switzerland and the Netherlands, the new techniques of green roofs are well established with thousands of square meters of built area.

Although most of collected results refer to countries in the northern temperate zone, some applications has been found in California, that is generally temperate-warm subtropical with a thermal condition and rainfall very similar to its Mediterranean climate, or even harder.

In Japan, in Tokyo City, in the urban plan of 2000, it has been established that at least 20% of the surface of the buildings with covers superior to 1000 square meters should be built with roof gardens.

In Italy there is no national legislation that recognizes the application of the roof gardens and available incentives and regulatory references are related solely to local authorities. However, there are many local administrative realities that mention this construction system. The most significant example is represented by the commitment of the administration of Trieste that has been promoting a policy of re-development of the historic buildings that characterize the historic centre, promoting interventions of roof greening, already originally flat, with the creation of roof gardens[11]. The actions already implemented have produced a remarkable diversification of the times of stormwater runoff in the green treated areas compared to traditional coverage areas. This commitment of the Trieste administration wishes to be the answer to the problem of adaptation of the drainage system, particularly evident in city on seaside.

5 EXPERIMENTAL VALIDATION STARTUP

At present, although advanced simulation tools are available, we still want to experiment the actions coming from the study of the real prototype. Indeed, on one hand there are several mathematical simulation models capable to reproduce each aspect of green roof. On the other hand there is not any mathematical formula able to explain all phenomena and their interactions. The validation of the system through the use of simulations with mathematical models is therefore not sufficient [09]. There are, for example, algorithms for calculation of thermal action and thermo hygrometric fields through the layers that aren't able to consider temperature mitigation due to evapotranspiration phenomena associated to the presence of the layer of vegetation. There are, also, fluid models that reproduce the water action and its vapor inside the cultivation substrate, but it is a complex integration with the phenomena that occur in the layers of drainage and water accumulation. Although we can simulate one specific meteorological event by appropriate equipments and conditions, it is more complicated to simulate more meteorological event together. This makes more complicate to study the performances of a specific climate. The effect of the meteorological component, on the available experimental data, is experimented in the Mediterranean climate by mean the prototypes. The equations applied represent the reality as long as there are the same climate conditions.

In the experimentation we have three sample sections: the reference one (non greened roof) and two tanks containing the roof prototype. The difference between the two green roof

systems is limited to the retention of the drainage layer: one with 16 l/m² storage capacity, the other one, simply draining, without storage. Both systems are of extensive type with 80 mm cultivation layer planted with a selected variety of Sedum. The prototype of the roof of reference has the only waterproofing layer, constituting the sample with which to compare the performance of green roofs. The samples of the flat roof have been registered with 2,5 % in slope, as expected for minimum slope for the planar flat roofs from the norm UNI EN 12506-3[02].

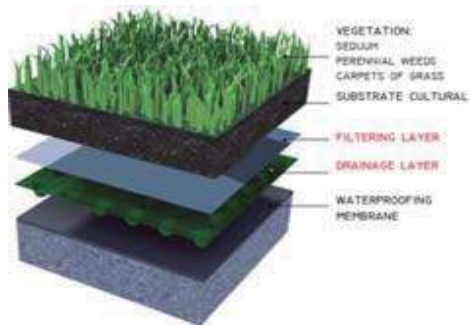


Figure 3: Stratigraphy of the experimental section

The extension of the coverage portion is relevant for drainage performance. To size the prototypes, minimum dimension representative of the drainage path taken by the water in a real case has been identified. The drainage flow depends on the resistance coming from the layer percolation, which is in turn a function of water route through the stratigraphy. The dimension corresponds to a water spout of a flat roof building in line with 10 m in depth. The longest drainage path for rainfall water is equal to half of the side of the roof, where descendants are generally present on both sides of the cover, figure 2. Thus, the size of every tank is 2,0 m x 5,0 m, held on six stands, each connected to a load cell. In this way water retention of the prototype can be measured, through the continuous monitoring of changes in weight of the tank.

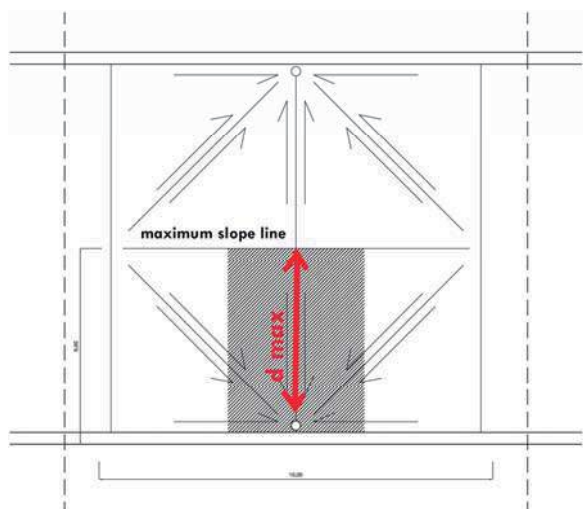


Figure 4: scheme: plant a cover type dimensions 10m x 10m

The amount of the drained water is measured through the waste water, conveyed in a proper tanks and connected to a load cell which measures the weight change. Therefore, flow rate can be obtained by numerical derivatives. Next to measurement site, on top of the same building, at the SOS_UrbanLab, located in Rieti, there is a weather station which provides climatic data. Measured values are temperature, wind direction and speed, humidity, solar radiation and amount of the rainfall.



Figure 5: Photo of SOS_UrbanLab: The Test Center. In the foreground the tank containing the prototype of a Green Roof without water storage, the second floor in the bath sample, third floor, the tank containing the prototype of a green cover with water storage

6 RESULTS AND DISCUSSION

The prototypes have been monitored for 132 days, from April 22nd to September 1st. The period corresponds to spring and summer in Mediterranean climate, relevant to the validation of the endurance of the system.

The prototypes are in natural conditions exposed under the sun, not watered, except for the initial 30 days in order to help the engraftment of the vegetation layer. Measurement data are available from July 13rd to September 1st, registering 16 rainfall days (with more than 2mm of cumulative precipitation). The maximum sampled precipitation in a single day has been of 52.0 mm, while the single event with higher intensity is 14.4 mm in 1 hour on the last day of the set. The sampled rainfalls might be classified in 11 of minor events (>2mm) in 7 of mid intensity (2-10mm) and 8 of high intensity (>10mm). The daily minimum temperature measured during the study changes from 11,2 °C to 17.,7 °C. the daily maximum temperature from 20.5 °C to 31.1 °C. The maximum dry period has lasted 22 days .

By observing continuously the load change of the tanks, it has been possible to measure the metabolic activity and evapotranspiration that describes how the system works in daytime and at the night. In Figure 6, showing measurements of water load in the tank with the storage layer, it is clearly shown that there is a change in water evaporation in different periods of the day. This seems to be linked to metabolic phenomena of the layer of vegetation and evapotranspiration activity, associated with environmental conditions. There is an almost constant evaporation during daytime (section AB). Weight loss stops next to sunset (segment BC). The contribution of the relative humidity is significant in the analysis of this trend , as in the early hours of the day, from 3.00 am to 7.00 am, it reaches values ranging from 96 to 100% with condensation, resulting in a slight increase of the load of the tank (segment CD).

The layer cultivation has not shown suffering for the lack of rain for 22 days in summer weather regardless of the presence of water storage in the drainage layer.



Figure 6: Variation of loading of the prototype with a layer of water accumulation by day during the time interval of drought detected

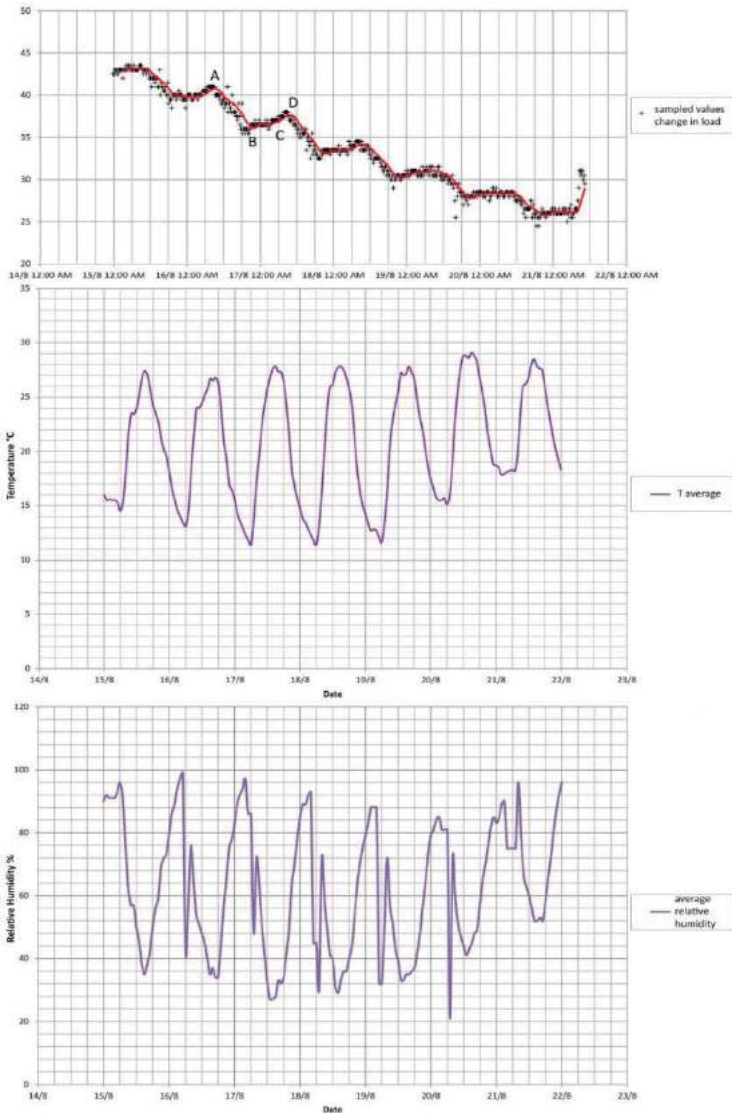


Figure 7: Variation of load the prototype layer accumulation water- Performance of maximum and minimum temperature trends Moisture detected will mean relative

The observation of growth and engraftment of planted vegetation showed almost no difference between the prototypes. One month after planting, at the end of the irrigation period, the development of vegetation in the tanks with and without storage layer were similar. At the end of the second month, in the complete absence of irrigation, engraftment of vegetation in the prototype without water accumulation resulted to be better than that achieved by the other, whether for the extension of the covered green surface and the dimensions of the plants. This has been confirmed at the end of the third and fourth month monitored.



Figure 8: Comparison of the state of growth and fouling growth at monthly interval

Actually, the absence of a storage layer has not affected the growth of Sedum. It should be noted that, at the slope of 2.5%, the layer of accumulation is actually able to perform its function for only 1/3 of the total length of the tank, draining the water of the remaining 2/3 as the storage areas are higher than the free surface of the fluid, set by the overflow of the panel itself.

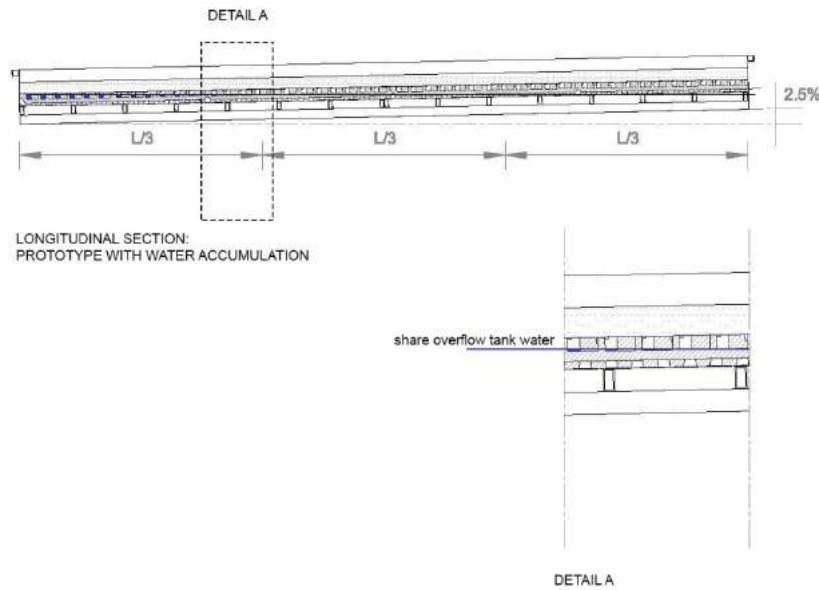


Figure 9. no caption provided

This seems rather obvious by the observation of the early stages of cultivation of green roof illustrated in fig. 6.



Figure 10: Photo Angle of Prototype with water storage where the state of growth of vegetation clearly highlights the portion of the length is achieved where the accumulation of water, compared to that with inclination greater where, in fact, there is no accumulation of water.

7 CONCLUSIONS

The data collected during the present phase of the experiment, conducted at the SOS_UrbanLab, are a first validation of light green roofs stratigraphy in Mediterranean climate. They prove the ability to self feed in the summer season, in periods up to 22 days with no rainfall in summer, without any intervention of artificial irrigation. This is actually a mandatory requirement for passive roofing systems that can really give a positive contribution to water management.

During the period of observation, the prototype with the stratigraphy without a storage layer has shown a growth and engraftment of vegetation equal to that observed in the traditional stratigraphy . Thus , a specific water storage layer does not seem to be necessary. The growing substrate is sufficient to keep the meteoric water and is able to absorb dew in early hours of the day as so to ensure the hydration of the growth layer, also in condition of prolonged absence of precipitation. This will make possible the use of such systems in the renewal of existing roofs.

However, it will be necessary to carry on the experiment for a longer period in order to have a complete validation of the results described.

As the conversion of impervious surfaces in greened surfaces in existing buildings, implies the change of loads on the structure, the identification of a stratigraphy able to optimize the applied loads, widens the applicability of the system. The preliminary result obtained, justifies the adoption, in the Mediterranean climate, of a stratigraphy composed of only 80 mm of growing substrate without any layer of accumulation, making it suitable for intervention of transformation on existing buildings; reducing the need to strengthen the structure or avoiding it at all.

Finally, according to presented results, some considerations emerge on the conformation of the structural system adopted for intensive green roofs. The study conducted, shows that nominal performances for water storage layers are higher than actual performances due to the slope of the covering where they are backed on. Thus, these systems should be revised in order to preserve their efficacy in applications that need it.

ACKNOWLEDGEMENTS

The experimental setup was done with the valuable contribution of Daku Italia, a leading company in green roof systems.

BIBLIOGRAFIA

Van Woert, N. D., Rowe, D. B., Andresen, J. A., Rugh, C. L., Fernandez, R. T. and L. Xiao, (2005). Green Roof Storm water Retention: Effects of Roof Surface, Slope and Media Depth. Journal of Environmental Quality, 34: p. 1036-1044.

Abram, P., (2004). Giardini Pensili: coperture a verde e gestione delle acque meteoriche. Architettura sostenibile, 11: p. 90-100.

UNI 11235 - Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture verde.

Teemusk, A. and U. Mander, (2007). Rainwater runoff quantity and quality performance from a greenroof: The effects of short-term events, Ecological Engineering, 30: p. 271-277.

Berndtsson, J. C., (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review, Ecological Engineering, 36: p. 251-360.

Getter, K. L., Rowe, D. B. and J. A. Andresen, (2007). Quantifying the effect of slope on extensive green roof storm-water retention, Ecological Engineering, 31: p. 225-231.

Metselaar, K., (2012). Water retention and evapotranspiration of green roofs and possible natural vegetation types, Resources, Conservation and Recycling, 64: p. 49-55.

Sailor, D. J., (2008). A green roof model for building energy simulation programs, Energy and Buildings, 40: p. 1466-1478.

Feng, C., Meng, Q. and Y. Zhang, (2010). Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive green roofs, Energy and Buildings, 42: p. 959-965.

Martini, F., Palma, M., De Vecchi, E., (2003) Quaderno didattico pubblicato, Comune di Trieste

Recupero acqua piovana, una scelta conveniente e di obbligata sostenibilità,[Online], Available: <http://www.energyhunters.it/content/recupero-acqua-piovana-una-scelta-conveniente-e-di-obbligata-sostenibilita> [22 November 2012].

Ricerca sperimentale sul Verde Pensile condotta dal 2005 al 2010 presso Laimburg, in Bolzano,[Online], Available: <http://www.fachschule-laimburg.it/themen/1060.asp> [Gennaio 2014].

Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14/01/2008 [Norme tecniche per le costruzioni] Cap. VII " Criteri generali per gli interventi sulle costruzioni esistenti"

A composite assessment tool of both deficiencies and potential transformation for Italian Council Housing

Lorenzo Diana

“Sapienza” University of Rome, DICEA - Department of Civil, Building and Environmental Engineering, Rome, Italy
lorenzo.diana@uniroma1.it

Carlo Cecere

“Sapienza” University of Rome, DICEA - Department of Civil, Building and Environmental Engineering, Rome, Italy
carlo.cecere@uniroma1.it

ABSTRACT: While the authorities appointed to council-housing in Italy cope with great financial difficulties related to the welfare revision and the building stock is characterized by typological inadequacy and technological obsolescence, nowadays it is clear that the main challenge deals with understanding the priorities for the allocation of the limited economic resources. It is therefore necessary a synthetic assessment tool of building stock to identify the structural action program and the designing choices. The suggested assessment method is intended to achieve two main goals: to estimate the buildings threats and opportunities as well as the capability of being transformed. The original contribution of the method lies in the identification of the relationship between the critical issues spotted and the possibility of transformation. This approach is viable for public housing, as its features can hardly satisfy both the contemporary living preferences and the performance requirements. In order to guarantee highly quality regeneration actions on building stock, the assessment tool proposed is based on an integrated approach to combine type-morphological, structural and energy aspects. The results yielded allow a comprehensive understanding of the behaviour of the ATER Roma assets built in the '70s and '80s.

Keywords: assessment; social housing; typology; structure; energy.

1 INTRODUCTION

One of the main consequences of the economic and financial global crisis can be found in the spending review process that many member States of E.U. have carried out in the last years. In Italy this budgetary policy has resulted in a contraction of the public welfare policies, reducing the effectiveness of citizens care. Particularly, most of the council-housing are currently experiencing a severe deterioration, due to both financial cuts and usual wear and tear.

The state of abandon of many buildings, facilities and public spaces demonstrates the depth of the crisis and the increasing threats to the outliving of the public city itself. This therefore highlights a systemic inadequacy to meet the new needs of inhabitants, actual or potential. On the one hand the lack of a proper funding and on the other hand the demand for extra interventions outline a deeply emergency state. Thus, an optimized allocation of the scarce resources is necessary to provide for the refurbishment of worn down buildings. When it comes to the council-housing management, this optimization process requires a prediction tool able to identify the set of components of the built heritage. This assessment enables to spot the overriding concerns to which address the redevelopment programs.

In line with the studies on the existing cities (Morganti & al., 2012) of the SOS_Urbanlab research team (as a group of CRITEVAT – Rieti research centre for environment and landscape conservation and sustainable development – based in DICEA, “Sapienza” University of Rome), the CRI_TRA assessment method (Diana, in press) is here presented. It is intended to inquire the deficiencies and potential transformation of the council-housing stock, in order to define the

required renovation works on the existing buildings. The method compares several residential complexes, detecting those that show the highest rate of deterioration and the best predisposition to refurbishment. The set examined is referred to part of the housing stock of the city of Rome housing agency (ATER), whom SOS_UrbanLab activated with important scientific agreement turned to the study of public city regeneration. The different skills available within the research team allowed CRI_TRA assessment tool to be a multi-disciplinary evaluation method able to analyze the problem complexity and to promote an operational systematization.

2 CRI_TRA: THE EVALUATION OF DEFICIENCIES AND TRANSFORMATION POTENTIAL OF COUNCIL-HOUSING

The total amount of accommodations owned by ATER in the city of Rome is about 52,000 (data ATER, 2008). Among this stock, the complexes realized within the 1st PEEP (first plan for affordable and social housing), between 70s and 80s, are nowadays living in a state of deep decay and inadequacy. These suburban complexes have been strongly influenced in the morphological configuration by the design research on the great dimension, complying with contemporary international trends, with building dimensional scale tending to urban dimensional scale. For instance buildings realized in such a massive urbanization context have been designed for large family units and structures are characterized by the widespread use of precast reinforced concrete elements as an answer to the need of speeding up. Currently these housing complexes do not provide typological, structural and energetic performances able to satisfy both the needs of the social demand and the nowadays regulatory framework.

The total ATER asset in 1st PEEP interventions is 23,672 units. More than 90% of these accommodations is attributable to interventions of great size. Within this set it is possible to find two different types of interventions: that one characterized by the repetition in great scale of standard structures and complexes defined as “residential megastructures”, buildings in which the various daily life functions coexist in one complex. Megastructures particularly are identifiable in the organization of the ground floors and roof spaces where are located both the complementary activities to the residence and the path system.

The suburbs regeneration process should start in these autonomous and marginalized part of the contemporary Rome, characterized by important numerical data and general decay. The urban regeneration of great-dimension suburbs seems to be the only tool able to pursue the effective generalized revitalisation of the city, containing the continuous consumption of land. In operational terms, the large number of inhabitants involved, the amount of the housing stock and its morpho-typological, technological and constructive characters should ensure successful transformation actions (e. g. densification, splitting), as well as an optimization of the unit costs of intervention. These reasons guided the choice of developing an assessment tool calibrated on large-dimension housing complexes making use of a set of indicators able to describe the relationship between performances and buildings dimensional characteristics.

The CRI_TRA assessment method is characterized by: conciseness (formulation of a summary analytical judgment aimed to compare the different objects of the residential stock); quickness (elaboration of judgment in a relatively short time); multi-criteria and multi-disciplinary approach (different indicators describe the different aspects of the buildings performances).

Research studies on existing buildings, among the past few years, have developed methodologies, tools, and procedures to obtain detailed analysis. Such in-depth diagnosis, however, enters the process on existing urban fabric regeneration only at a later step, when decision makers have already established which buildings intervene on. The CRI_TRA method to the contrary aims to enter the decision-making process in a preparatory phase, as a supporting tool to determine which complexes intervene on, evaluating the critical issues and the potential transformation of buildings.

The CRI_TRA method takes into account three macro_layers (Typological-architectural layer, structural layer, Energy layer), deemed more suitable to describe the examined buildings qualities. The interaction and cross-reading of these three macro_layer allow an effective and comprehensive synthesis to achieve the objectives of the proposed method. The selected indicators contribute to the expression of two numerical ratings for each layer, one related to the degree of criticalities (GDC) and one to the degree of transformation (GDT), for a total of six numerical comparative judgments for each case of study. Each layer is therefore based on an independent assessment system. Each indicator is defined in a common domain via a normalization procedure, this ensure the comparability between the three layers. The performances measure, based on the weights subjected to the objectives set above, are reported into a scale between 1 and 5 points. The article presents the application of CRI_TRA method applied to 5 case of studies referred to the buildings of 1st PEEP of the city of Rome, realized between the beginning of 70s and last 80s (see Tab. 1). The buildings examined are divided into interventions of simple repetition of standard patterns on a large scale (Castel Giubileo, Torvecchia, Primaporta) and into interventions of "residential megastructures" (Vigne Nuove, Pineto). From a constructive point of view, there are old cases characterized by reinforced concrete skeleton construction (Primaporta, Vigne Nuove) and new ones characterized by reinforced concrete bearing wall system realized by coffrage tunnel technology. Through the use of precast formwork and the simultaneous casting of walls and slabs, the coffrage tunnel technology aims to an acceleration of the building process. Even for what concern the building envelope, buildings realized in the 1st PEEP are characterized by both traditional manufacturing processes (cavity wall) and first examples of precast panels.

	CRITICALITIES	TRANSFORMABILITY
<i>typology</i>	<ul style="list-style-type: none"> - dwellings percentage with total and partial visual constraints OR - way out capacity OR - number of dwellings served by stairways OR - length of the way out paths OR - percentage of MA with the same conformation of MTE OR - diversification in size of dwellings OR - small size dwellings percentage OR - common area and private area overlap percentage MA,OR - percentage of equal MTE composing MA MA,OR - common area percentage on total net area MTE,MA,OR - proximity in plant between common and private zones MTE,MA,OR - localization of stairways MTE,MA,OR - number and type of exposure ALL,MTE,MA,OR - rel. between depth of the block and envelope length ALL,MTE,MA,OR - orientation ALL,MTE,MA,OR - daylight factor ALL,MTE,MA,OR - betteffekt ALL,MTE,MA,OR - visibility between different spatial units ALL,MTE,MA,OR <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">GDC_Typology</p>	<ul style="list-style-type: none"> - potential change of intended use OR - availability of space for temporary delocalization OR - possibility of panels installation OR - possibility of solar greenhouse installation OR - localization of stairways MA,OR - common zone height MTE,MA,OR - number of different possible configurations MTE,MA,OR - usability ALL,MTE,MA,OR - fragmentation ALL,MTE,MA,OR - constructive transformability ALL,MTE,MA,OR - number of different possible configurations ALL,MTE,MA,OR - structural in center distance ALL,MTE,MA,OR <p style="text-align: center; color: green; font-weight: bold;">GDT_Typology</p>
<i>structure</i>	<p style="color: red; font-weight: bold;">SEISMIC</p> <p>Evaluation of seismic vulnerability (re-elaboration Ficha CH-OPFG)</p> <ul style="list-style-type: none"> - RZPS (seismic risk) <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">GDC_Structure</p>	<p style="color: red; font-weight: bold;">SEISMIC</p> <p>Evaluation of seismic vulnerability and the distance percentage of the two values RZPS components (AZPS and WZ) from the relevant minimum valuation of seismic vulnerability</p> <ul style="list-style-type: none"> - % AZPS da AZPS(lim) - % WZ da WZ (lim) <p style="text-align: center; color: green; font-weight: bold;">GDT_Structure</p>
<i>energy</i>	<p style="color: red; font-weight: bold;">ENVELOPE</p> <ul style="list-style-type: none"> - assessment of Epi,invol <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">GDC_Energy</p>	<p style="color: red; font-weight: bold;">ENVELOPE</p> <ul style="list-style-type: none"> - assessment of the percentage of the distance from the value of Epi,invol and Epi,invol lim <p style="text-align: center; color: green; font-weight: bold;">GDT_Energy</p>

Figure 1. Set of indicators for the three macro_layers.

Table 1. Case of studies.

PDZ	Year of construction	Typological features	Structural Features	Envelope features
Prima Porta (P.P.)	1972	standard	r.c. skeleton construction	Cavity wall
Vigne Nuove (V.N.)	1973	megastructure	r.c. skeleton construction	Light pre-casting
Pineto (PIN.)	1981	megastructure	r.c. bearing wall system	Sandwich precast panels
Torrevecchia (TOR.)	1983	standard	r.c. bearing wall system	External precast panels
Castel Giubileo (C.G.)	1986	standard	r.c. bearing wall system	External precast panels

3 CRI_TRA TYPOLOGY

The assessment of this macro_layer gives the chance to analyse the way in which the building type determines a particularly critical issues at different scales or it guarantees the potential transformation. The proposal method suggests a set of indicators suitable to describe, through typological features (e.g. conformation of flats, their exposure and dimension, vertical and horizontal path system), the critical issues of housing supply and interior comfort and, at the same time, to determine the possibilities of modification.

To compute both the GDC (Degree of Criticality) and the GDT (Degree of Transformability) the indicators of CRI_TRA_Typology are organized at different hierarchical levels according to the typological-spatial classification system (NORMA UNI 10838:1999), that split the building in nested cluster of element. The CRI_TRA_Typology is based on an implementation of the evaluation system SISCo Quality (FATTINNAZI, 2012); in CRI_TRA_Typology, however, the structure of the different indicators is not centered on a need based approach, but it evaluates the different performance by grouping the indicators into two different sets: GDC and GDT. In order to ensure quickness to the assessment the sets of indicators are composed by few number of elements evaluated in a few number of levels. The indicators selected are considered suitable to describe the relationship between building types and great-dimension. Concerning the computation of GDC_Typology the chosen indicators are:

- Level – Building Entity (OR): dwellings percentage with total and partial visual constraints, way out capacity, number of dwellings served by stairways, length of the way out paths, percentage of Section Module (MA) with the same conformation of Elemental Typological modules (MTE), diversification in size of dwellings, small size dwellings percentage;
- Level – Section Module (MA): common area and private area overlap percentage, percentage of equal (MTE) composing (MA);
- Level – Elemental Typological Modules (MTE): common area percentage on total net area, proximity in plant between common and private zone, localization of stairways;
- Level – Dwelling (ALL): number and type of aspects, relationship between depth of the block and envelope length, orientation, daylight factor, betteffekt (BAFFA RIVOLTA & BOS-SARI, 1975), visibility between different spatial units.

Concerning the computation of GDT_Typology the chosen indicators are:

- Level – Building Entity (OR): potential change of intended use, availability of space for temporary delocalization, possibility of photovoltaic/thermal/solar panels installation, possibility of solar greenhouse installation;
- Level – Section Module (MA): localization of stairways;

- Level – Elemental Typological Modules (MTE): MTE common zone height, number of different possible configurations;
- Level – Dwelling (ALL): usability, fragmentation, constructive transformability, number of different possible configurations, structural in center distance.

The set of indicators have been weighted, according to the established objectives, supported by “Super decision” software. The normalization of performances indicators has been obtained treating such indicators as economic goods, with a curve concavity facing downwards and considering the reduction of appreciation caused by an increasing of availability of the good. Such a normalization allows to assign a score on a scale from 1 to 5 point, ideal to compare the results with the other macro_layers of the CRI_TRA method.

The comparison of CRI_TRA_Typology results between Castel Giubileo (C.G.) and Vigne Nuove (V.N.) case of studies shows the influence of the construction system on the potential transformation of the considered buildings (See Tab. 2).

Table 2. CRI_TRA_Typology.

PDZ	GDC	GDT
Vigne Nuove	3.20	3.06
Castel Giubileo	3.60	2.48

Especially V.N., characterized by reinforced concrete skeleton construction, shows a greater susceptibility to transformation (GDT_Typology = 3.06) than C.G. (GDT_Typology = 2.48), whose internal transformation is highly limited, especially at dwelling levels, by the presence of transverse bearing walls. The “GDT_ALL_Constructive transformability” indicator fits well in describing the incidence of invariant elements, as loading bear structure and technological systems on the total gross floor area. In V.N. dwellings, this ratio is less than 2%, with values of “GDT_ALL_Cons.Transf.” over than 4 points. In C.G., instead, this incidence is between 5% and 7% with scores between 2.5 and 3.5 points. The GDT_Typology value results particularly high in V.N. case study referring to the level ALL (see Fig.2) and it decreases as the reference level increase. Among the causes of such a decreasing there is the lack of transformability of the spaces outside the flats (e.g. balconies and loggias) in areas of energy storage (e.g. little solar greenhouses), mainly due to east-west exposition of the flats. Another factor reducing the total value of GDT_Typology is the strong resilience to modification of the ground floor of V.N. “megastructure”. Despite the presence of large surfaces for services and extra residential equipment, the considered building entity of Vigne Nuove, composed by 17 stairs (MA) and 272 dwellings (ALL), is morphologically too big and inappropriate to allow temporary delocalization or change of use.

The analysis of GDC_Typology highlights an higher value in the case of C.G., GDC= 3.60, than V.N., GDC = 3.20. (See Tab. 2). Note that such a difference is mainly due to two factors referred to ALL level. First the small-size dwellings are characterized by low quality, second in corner configurations the dwellings have not double opposite exposure. Another critical factor is the organization of the pedestrian access and distribution of the ground floor. Indeed, the organization and repetition in great scale of standard structures limits the possibility to design a proper path system. This is highlight by the increasing value of GDC_Typology in the transition from Level (ALL) to Level (OR) (Ref. Fig. 3).

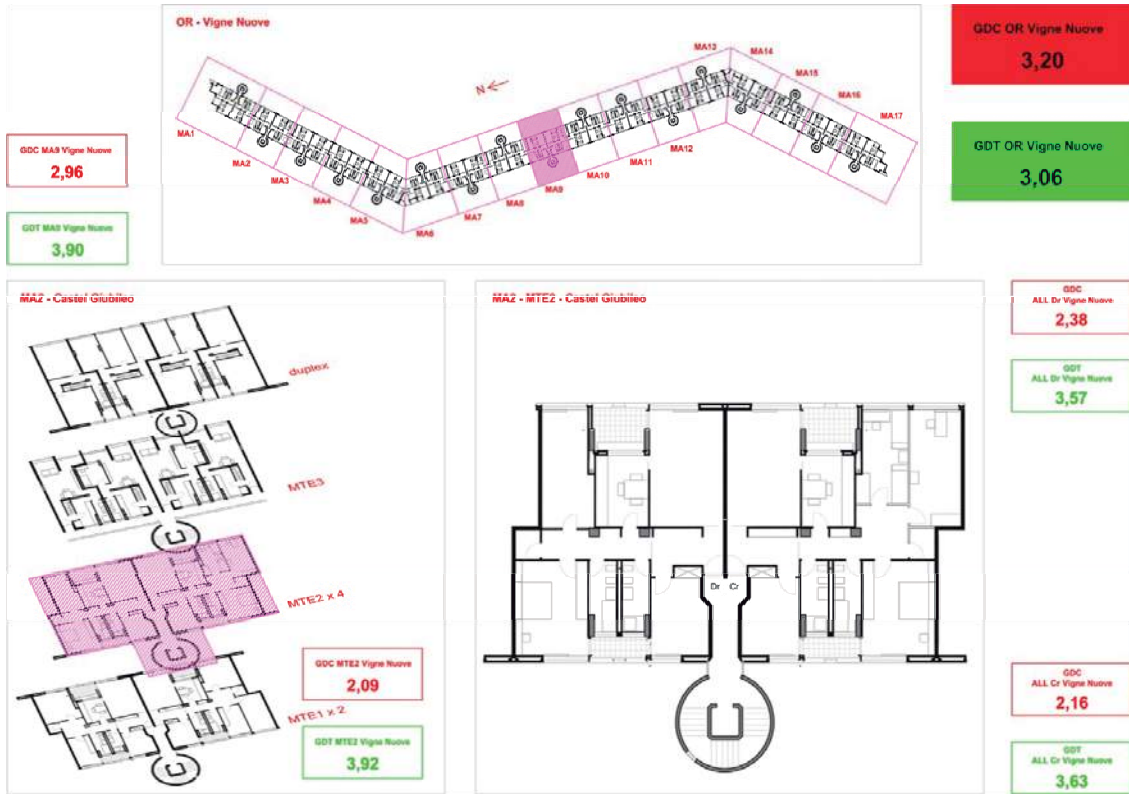


Figure 2. CRI_TRA_Typology, Vigne Nuove case of study.



Figure 3. CRI_TRA_Typology, Castel Giubileo case of study.

4 CRI_TRA_STRUCTURE

The macro_layer CRI_TRA_Structure regards the evaluation of the structures seismic behavior. In particular for council housing it does not underline particular weaknesses in terms of static, but rather inadequacies with respect to the dynamic behavior. The CRI_TRA_Structure method

An integrated approach to the residential mega-structures retrofitting

Lorenzo Diana

“Sapienza” University of Rome, DICEA - Department of Civil, Building and Environmental Engineering, Rome, Italy
lorenzo.diana@uniroma1.it

Simona Vasinton

“Sapienza” University of Rome, DICEA - Department of Civil, Building and Environmental Engineering, Rome, Italy
svasinton@gmail.com

Carlo Cecere

“Sapienza” University of Rome, DICEA - Department of Civil, Building and Environmental Engineering, Rome, Italy
carlo.cecere@uniroma1.it

ABSTRACT: During the 70’s and 80’s the Italian public housing building production has been characterized by projects that tried to face the housing emergency caused by the rising urbanization. In the peripheral areas of the main cities, mega-structures appeared drawing visible marks in the urban fabric. They were planned to synthesize the residential function and all the existing services of the traditional city in one building. Nowadays, these buildings experience a dramatic condition of decline and alienation and they are no longer able to satisfy the needs of the contemporary demand. The proposed integrated method to retrofitting design aims to satisfy both the demand and performance requirements through radical transformations. It identifies four main areas of intervention regarding social, architectural, typological, structural (seismic) and energy aspects. The case studies of Vigne Nuove and Pineto (Rome), are presented as examples of the application of this approach.

Keywords: retrofitting; regeneration; social housing; mega-structures

1 INTRODUCTION

During the last years, the urban requalification plans of city areas have taken an innovative holistic approach after the introduction of the concept of urban regeneration on an international scale (TOLEDO DECLARATION, 2009). It refers not only to the physical actions on buildings, but also to the tangible and intangible actions necessary for the renewal of social, economic and building fabrics through a complex endemic processes.

This new approach to the existing city has its origins in the unsuitability of neighborhoods we are living in. In Italy, the 66% of the 11 million existing buildings (Cresme, 2013) were constructed prior to the 1976 Laws on the reduction of energy consumption. Their inappropriateness regards not only the energy inefficiency but also typological, structural, seismic and hydrogeological aspect. From the structural point of view, the seniority of the public assets is not directly synonymous of critical static situations, on the contrary the structural response to the dynamic actions of seism is quite critical, the first law on the subject dates back to 1974. In addition, the demographic and social changes of the recent years such as the reduction in the average number of members per household (from 3.4 in 1971 to 2.4 in 2010, Istat 2011) makes it necessary to have a stock of smaller and flexible accommodation.

In this scenario, Italian suburbs are the ideal place for the activation of urban regeneration programs, as they are characterized by a multitude of critical issues, both physical as well as of social segregation. These features are exacerbated in the council housing estate (ERP) districts which live today in deep conditions of geographic, human, social and economic marginality, not

only of architectural decay (DI GIULIO, 2010). In these areas, the shortage of available housing is accompanied by a high rate of unemployment, squatting and vandalization of the common areas, appearing as a pathology for small and big urban centers. In particular, the 70s and 80s ERP constructions, built in the peripheral areas to meet the housing emergency due to the demographic growth on the model of the French *grands ensembles* or the contemporary Anglo-Saxon high density constructions, present the most critical situations.

Grand ensemble is used to define a construction characterized by the introduction of the large-size concept in its morphologic, typological aspect through a sharp break with the neighboring urban fabric, by buildings in *barres* and *tours*, with at least 500 units and by the industrialization of the construction process through rationalization and repetition of the manufacturing processes (VEILLARD-BARON, 2004).

In the whole of these *grands ensembles* interventions a consistent relevance is assumed by the megastructures in relationship with the buildings simple defined as “big”. A residential megastructure is a building at high density characterized by: a functional mix (residential, commercial or services spaces); a separation of vehicular and pedestrian flows; open and closed common areas; a modularity and repetition of the housing system; a typological integration between different modules; a structural monumental trestle in which the accommodation fits in a smaller scale; a relationship of collision with the site topography; a self-referentiality of the sign that exclusively identifies them (BANHAM, 1973).

Nowadays, these megastructures complexes due to their typological and morphological features are in the worst situations of material decay and social issues, endorsing dissatisfaction among the inhabitants and a consequent condition of segregation and isolation.

In this scenario, the existing ERP stocks and particularly mega structural complexes constitute the focus for the necessary sustainable regeneration of the peripheral urban areas. In a context of revitalization of the intervention on the existing public city, looking at the regenerative resources offered by these megastructures results to be the challenge for the near future for cities able to preserve and to reuse the existing resources.

2 THE REGENERATION OF THE MEGA-STRUCTURES

The vast ERP estate in Rome, due to its importance at the urban scale and the number of citizens involved, 89.096 dwellings (data City of Rome III Dip), about 213.830 inhabitants (Laboratoriocittapubblica, 2009), is ideal for the rationalization of urban regeneration plans according to a specific method.

At the current state in Rome, the 92.27% (21,842 accommodation) of residences of the 1st PEEP (the first plan for affordable and social housing, 1964) owned by ATER (the public housing agency of Rome) are referred to great-dimension buildings. Consequently, the regeneration of high density complexes assumes a core role in the regeneration of the peripheral public city.

In the whole of the great dimension buildings, the residential mega structures, although detectable in only 4 cases, amount to 26.24% (equivalent to 5,732 dwellings) of the total number of accommodation of great dimension buildings. This relevant number of tenants, the consistence of the housing stock and its morph-typological and constructive consistence would ensure reliable outcomes to the regeneration projects, besides an optimization of the costs. Megastructures are the ideal target for the urban regeneration of the suburbs.

3 AN INTEGRATED APPROACH TO THE TRANSFORMATION OF RESIDENTIAL MEGA-STRUCTURES

The regeneration of mega-structural complexes must ensure a multi-disciplinary approach. The designers have to identify the various architectural, typo-morphological, social, structural and

energy qualities of the complexes and they have to work on the main issues using operative assessment tools, such as the pre-assessment CRI_TRA method (Diana, 2014 in press).

The regeneration of such difficult social places has to be structured through an organic combination of immaterial and material actions as the imposition of them on the final users could not guarantee a successful and durable result if not coordinated with the involvement of the tenants. This objective is achievable through the participation of social disciplines able to develop a new bond between the citizens and the transformed building. Moreover, it is fundamental to avoid the risk of generalization and repeatability which are common in traditional requalification or energy retrofitting. The target of the regeneration should not be a partial modification but indeed a profound transformation of the existence, its realignment with the current housing demand and the activation of virtuous and sustainable living models.

In the paper proposed, the goals of these regenerative projects are structured in four main areas: the social revitalization actions, the actions tending to an architectural-typological reconfiguration, the actions that aim to overcome the structural issues and that of energy retrofitting. This methodology aims to guarantee the sustainability and the feasibility of the regeneration process and ensures an integrated approach necessary for an effective participated management by the tenants and for the public control over the final results.

The social measures aim to reduce the inhabitants' rate of unemployment and to arrange procedures able to activate participatory planning process. The architectural and typological aspects aim to detailed planning solutions of the building reconfiguration (new accommodation, functions, services etc.) and to their fulfillment through a coordinated set of material and immaterial actions. The technical and constructive measures are material actions of structure and component updating and have to guarantee the economic and constructive sustainability. In the end, the energy retrofitting measures aim to sustainability in terms of energy, environmental and economic savings as well as social improvement.

4 THE CRITICAL ISSUES OF RESIDENTIAL MEGA-STRUCTURES

The stages of diagnosis and design are structured according to the four main areas of the method proposed. The two mega-structures case of studies are the Zoning Plan no. 65 "Pineto" (PASSERI, 1980) and the Zoning Plan no. 7 "Vigne Nuove" (Melograni, 1983).

The Z.P. no.65 – Pineto (1981) is located in Valle Aurelia in the middle north-western outskirts of Rome, near the Pineto Park. Five residential buildings (12-14 floors) are placed according to a geometric pattern that alternates volumes to large empty spaces. The buildings were planned for mixed uses: residential use and facilities in the ground levels.

The Z.P. no.7 of Vigne Nuove (1973-1979) is located in the peripheral northern quadrant of Rome, between Salaria and Nomentana streets. The three linear buildings (8-9 floors) and the stick of terraced houses host the residential function, for a total of 528 units. Their arrangement generates a big "courtyard" that accommodates services and common areas.

Social Issues. These mega-structural complexes are characterized by social homogeneity of the inhabitants that refers exclusively to the weaker level of the population. Designed to meet the 70's demand qualities, they have never been transformed to ensure the compatibility of the housing supply to the changing demand presenting oversized residences compared to current needs. More than 10% of accommodations are occupied by 1-2 people and appear to be over 80 m² (data Ater 2008). In addition, there are issues related to ordinary management. The estate is gradually eroded by arrearage (40% of social residences), and the phenomenon of squatting (sublets, transfers to family members, etc.). The available apartments should amount to 2,000 per year compared to the only 300 effective. These deficiencies lead in the occupation of the

spaces and facilities dedicated to services and trade. The steep rise of the unemployment rate has further worsen the social situations already compromised.

Architectural and typological issues. The decision to condense many functions in a single complex aspired to sociability and sharing models that have never become active. Another distinctive feature was the attempt to avoid the repetition of the same typological module through the use of specific and highly experimental solutions. On the one hand, these aggregations have led to virtuous solutions of housing system, but on the other hand they have generated labyrinthine paths of difficult management and control, in the ground floors, the roof tops, the corner solutions and the vertical and horizontal distributive elements. In the P. case, the ground level presents a longitudinal difficult crossing. This path would be suggested by the unidirectional structural septa. By contrast, the prevalent direction of distribution stood along the transverse axis. Consequently, the intersection between the paths cross and the long longitudinal septa generates areas barely usable. These spaces planned for common functions, are unused and occupied for residential purposes. In the complex of V.N. the main routes pass mainly inside the buildings and connect the services and the residences through twisted stairs and ramps on several levels. This labyrinthine structure makes the paths system and the service spaces difficult to be crossed by the users and not easily accessible. The neglected state of the external common areas is further stressed by a clear separation between the distribution system and the ground level. In both cases, the functionality of the common areas is also compromised by the insufficient permeability of the sunlight due to the architectural composition. The experimental typological aggregations, cause of the intricate distribution systems, had as objective the variation and the diversification of the accommodation. Despite this, the experimental solutions in comparison with the large dimension lost all the benefits of diversification and variation of the housing system, flowing into serial logics. In the case of V.N. the complexity in section contrast with the repetitiveness in plan caused by the linear extension of the buildings. Similarly, in the case of P. the repetitiveness in elevation contrasts with the particular aggregations in plan. The outcome of this repetitiveness was the creation of inflexible and poorly adaptable accommodation, a factor that greatly reduces nowadays the possibilities for tenants' internal and internal/external mobility, as well as the availability of diverse residences. In both cases, a remarkable variety of types (simplex, duplex and townhouses) is detected, but there is a substantial uniformity and rigidity in the internal structuring and in the dimensional offer. In the case of P., the housing distribution between the line and the tower consists of two staircases each serving four apartments per floor. In the lower floors there are duplex apartments while the upper floors and the entire height of the lateral bodies present simplex apartments. The apartments have the same pattern on all levels with a slight reduction in plant size dictated by a recess in the front line every three levels. The internal organization is influenced by the presence of several structural septa that govern the internal partitioning. In V.N., each accommodation is obtainable by a small variation of the basic module and whole floors are derivable from the specular repetition of slightly different or identical units. Overall, the apartments are large, the smallest simplex has an area of about 90.0 m².

Structural issues. In residential mega-structures we can see a change of scale to the great dimension in which the concepts of simplicity, regularity and symmetry, at the base of the structural design, are compromised by the accentuated dimension (base side-height and width-depth ratio). Permanent and variable loads are highlighted by the dimensional development, requiring a significant performance to the structure. It is even more stressed by the aggregation of several elements chained together, aiming to form a single organism. Regarding the constructive technologies, the 70s and 80s productions were characterized by the use of prefabrication systems and the rationalization of construction processes to reduce costs and time. This attitude led to sub-standards quality and less durable results unable to ensure satisfactory performances. Both cases present the use of partially prefabricated and cast *in situ* elements differing in the type of structure (concrete septa in P. and pillars in V.N.). In the

buildings of P., in addition to the use of prefabricated claddings, made of exposed insulated concrete blocks, there is the use of *coffrage tunnel* technology. This system allows the simultaneous casting of slabs and septa, generating three-dimensional U monolithic structural elements. The sanitation units and the exterior cladding panels were applied by pins and welds. The structural septa of the P. buildings, unlike the pillars structure of V.N., considerably affects the internal flexibility of the dwellings, making transformations quite difficult. The area of structural elements on the gross floor area of a flat, accounts for a 7%. In the case of V.N., the linear buildings have a concrete framework organized according to a rigid mesh, which corresponds to a complementary functional division. The minor spans correspond to the beam and the services area, while the greater spans correspond to the prefabricated *predalles* slab and to the living and sleeping area. The internal layout is independent from the vertical distribution system since this is external to the volume. The façade is made of prefabricated panels with an outer lining in gritted concrete and an inner lining in plasterboard. The entire system is anchored to the slab and to some little concrete pillars which act as connecting elements between the two coatings. The terrace houses have been realized with structural concrete septa. The ratio between the structural elements area and the apartment surface is equal to 2%, allowing a high variation of the internal distribution. Both case of studies show a good static behavior, but differ in the dynamic field. The P. plan, subsequent to the 1974 standards on structural dynamics performances, presents a good behavior to the seismic actions. By contrast, V.N., prior to the norm, is less efficient. In the P. buildings, the contextual casting generates a monolithic element, creating a solid structure against seismic actions. The system is further stiffened by the presence of stairwells and elevators. The unidirectional open cell structure of the septa, though disadvantageous in terms of housing transformation, is structurally advantageous in terms of seismic behavior. The V.N. buildings mainly for purely geometric factors appear to be more vulnerable to seismic actions. Through a qualitative analysis of their vulnerability, the most critical factors are: the absence of the edge beam, of wind bracing elements and of stiffening elements (scale-lifts compartments), the unidirectional framework, the high ratio between the width and the depth and between the height and the base side, the presence of the soft floor. The advantages of pillar structures in terms of transformation are at the expense of the seismic performances.

Energy issues. The mega-structures are affected by their marked dimensional development in a prevailing spatial direction whether in elevation or in plan. This development reduces their compactness (envelope surface/volume of the building), and it not only affects structural performances, but also energy. The high surface development of the boundary elements both structural (floors, vertical elements, etc.) and infilling (panels, window frames etc.) implies a high heat loss (thermal bridges, infiltration, etc.). The already low energy efficiency is further reduced by the use of prefabricated poor quality systems (reduced sealing and insulation). The buildings examined are energetically expensive and highly degraded in all parts exposed to the weather conditions, not ensuring a comfortable internal environment. The envelope of the P. towers presents an incorrect thermal behavior in spite of the insulating layer and condensation phenomena, with a transmittance of $0.66 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, above the current limit value $0.29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Moreover, the prefabricated infill, mounted on the inner edge of the front and internally recessed compared to the structural septa and slabs, create zones of rainwater accumulation that have led to the degradation of the materials and infiltration. In the case of V.N., the average apartment has an EPI of $176.9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{yr})$, mainly due to the contribution of ventilation/infiltration and to the thermal bridges. The transmittance of the external coating is equal to $1.12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, higher than $0.29 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$, the current limit.

5 DESCRIPTION OF THE TWO REGENERATION PROJECTS: PINETO AND VIGNE NUOVE



Figure 1. Pineto regeneration intervention.



Figure 2 Vigne Nuove regeneration intervention

A design approach that spins off the whole planning actions related to a transformation project of residential mega-structures is here proposed. The suggested approach aims to create a scientific and a repeatable method that is able to synthesize and sort out all the steps of a building regeneration process through a clear management of the four main guide-areas. The aim is to envision comprehensive and integrated immaterial and material actions in which the social aspects are no less important than those related to the physical transformation.

Social aspects. The main objective is to give answer to the unresolved and new demand, feeding social regeneration processes. The change of the target group is thought to activate processes of social *mixité* not only through the creation of housing for low-income consumers but also for social housing and sales. In order to improve the quality and eliminate the sense of alienation, it is necessary to activate participation processes that develop a sense of identification able to guarantee greater care and durability of the regenerated building. The two cases have their focus in social sustainability. The aim is to involve the tenants through appropriate participatory planning not only to determinate the kind of functions they need but also in their realization

process, reducing their sense of alienation. The consequent direct involvement in the construction actions of tenants become the driving force to reduce unemployment rate and to incentive inhabitant professionalization.

In detail, in the P. project the involvement of the inhabitants was a decisive element to ensure its realization. The drain operation and the subsequent relocation of the inhabitants was avoided through agreed temporary displacements or the reduction of oversized apartments. To facilitate and encourage the move to smaller apartments, in order to redistribute the surface and to obtain new units, the reduction of the rent has been proposed as a compensatory tool. Also the defaulting or squatter tenants have been involved offering them a kind of amnesty: condoning their situation with the transfer into smaller apartments.

Typological aspects. The transforming potentials of megastructures lie in their conformation and in the surplus of urban standards. In both cases, the solution strategy of typological issues involves the transformation of the ground floor, of the roof floor and of the dwellings.

Simplification and integration of the network system with the neighboring environment in accordance to the directions suggested by the context and by the architectural shape. In the case of P. the opening to the environmental resources has been achieved creating a connection with the landscape provided by Pineto Park and favoring a pleasant path of approach to the railway junction of Valle Aurelia. In V.N., the rethinking of the network system has been inserted into an intervention of urban regeneration. The complex, placed at the end of a structuring district axis, has been reconnected to a park and to the nearer major activities.

The rationalization, reduction and reutilization of paths and access points in order to improve the legibility of the local mobility. In P., the internal routes have been reduced so as to favor the accesses to the facilities, the houses and to the common distribution system, minimizing the space that has to be controlled and the crossing streams. In the case of V.N., the pedestrian and vehicular flows have been separated. The pedestrian and vehicular accesses for each building have been reduced and the paths of the central courtyard have been redesigned so as to ensure the rapid detection of the main routes to the individual blocks and facilities.

Reduction of uncontrolled areas. Creation of ground level apartments (Pineto). The reorganization of the ground space has led to the creation of twelve *patio* residences on one or more levels and six dwellings on two levels, having a function of parking houses in the first phase to be destined for selling in the second phase, thanks to the removable partitions.

Reduction of uncontrolled areas. Creation of entrance halls and commercial activities, and relocation of the attics (Vigne Nuove). Once returned to land the distribution system to the apartments (elimination of walkways and porches plans) and after the relocation of parking areas behind the buildings, the ground level under the lines have been used for hallways and cellars (relocation attics), leaving free only the spans corresponding to the main routes of access to the surrounding areas. The ex-porches floors and the top levels, previously occupied by the distribution system and from attics respectively, have been allocated to housing.

6 TOTAL OR PARTIAL DEMOLITION OF SOME SERVICE BUILDINGS (VIGNE NUOVE). RATIONALIZATION OF PARKING AREAS IN FAVOR OF THE GREEN NETWORK

Change of the housing supply. The construction of new residences and the transformation of existing ones have been implemented through a densification process, the splitting of existing units and the construction of new apartments in the former porch and roof floors (former -attics in case of V.N.) or in the ground level (ex-facilities P.). The economic sustainability is guaranteed by allocating to sales or fixed-price or market rental fees the new high quality flats. In P. the transformation of the building organism has been shown connected to the tenants' availability to temporary relocation (2 months) in the ground floor apartments. The number of available

properties on which to operate and the number of obtainable new accommodation are proportional to the tenants' availability. In the ground floor 12 *patio* and 3 parking accommodation units have been located in some spaces intended for service buildings, which are the financial driving force of the intervention. From the architectural point of view, a system of steel shelves that allow the attachment of greenhouses on the southern front and of enclosed balconies on the eastern and western front have been added to the existing structure in the last six levels. The north façade instead is more closed and has few windows. The new hanging structures on the west façade act as a gallery allowing the possibility of double facing, in the last three levels. The aim was therefore to split oversized apartments according to the number of inhabitants, and to improve the internal comfort for the existing flats, through the creation of a second exposure where possible and the improvement of the performances.

In V.N. the housing transformation includes both the construction of new residences (former porch and attic levels) and the transformation of the existing ones. In the linear buildings, new flats have been inserted in the first level (former porch floor) and the existing simplex have been divided into more units of different dimensions (1-2 people/54,00 m², 3 people/64,00 m² and 4people/75.00 m²). High quality dwellings have been realized in the former attic to be the financial driving force of the regeneration process. The redesign of terrace houses has regarded: the reversal of the sleeping with the living area to have this one in continuity with the garden, the expansion of the garden and the transformation of the external service space into a patio around which the distribution system is structured.

Structural aspects. In the case of study of P., having established a good static and dynamic behavior of the structure, only local structural reinforcements were provided. In the case of V.N., considering the lack of structural damages and a good static behavior, the project has involves exclusively the seismic retrofitting. The project envisages the insulation at the base with high damping capacity elastomeric isolators made of synthetic rubber. Similarly, the upgrading of the energy performances was guided by an assessment of the effectiveness of the intervention and the technical difficulty of implementation.

Energy aspects. The P. project envisages the replacement of the old panels with a new skin made up of pulp and cement modular panels, having a good thermal inertia and a transmittance value as required by law. The new package of the infill has been mounted on the outer edge of the structure in order to reduce any thermal bridge. The existing steel windows, extruded from the facade of a few centimeters and bridge for the entrance of water in the internal spaces, have been replaced by insulated windows. A thermal coat has been installed to cover all the parts in which the structure had also the function of vertical closure and to avoid thermal bridges. Finally, solar greenhouses have been created in the last six levels of the towers, those most exposed to sunlight, in order to ensure significant heat and economic profits. An improvement of the environmental indoor quality has been achieved through the creation of double facing housing which ensure natural ventilation. The increase of the glasses at the last levels has allowed an improvement of the inhabitants' visual relationship with the adjacent naturalistic resources and a significant increase of natural daylight. The energy redevelopment of V.N. has been evaluated on the basis of an iterative process. Starting from the results obtained (weight of each contributes), computer simulations have been made assuming different scenarios of technical interventions and examining the achievable thermal benefits and their technical and economic feasibility. Opting for the replacement of insulated windows, the partial correction of thermal bridges and the insulation of the lodge wall we obtained a 50% reduction (EPI invol (index of energy performance - envelope) passing from 176.9 kWh/(m²yr) to 86.7 kWh/(m²yr). In both cases, the new materials are easily detectable compared with the austerity of the existing materials, distinguishing the new from the old.

7 CONCLUSIONS

The proposed methodology fits within a wide range of research on the transformation of the built environment. To achieve a complete realignment of the mega-structural council housing offer to the current demand, our research suggests the necessity to improve the retrofitting approach with a series of actions that could allow a radical transformation and an operative regeneration of these organisms. To achieve this complex goal, the designing method proposes an interaction between material actions of physical intervention on buildings and public spaces and immaterial actions oriented to purely social aspects of involvement of population. The social aspects are neither marginal nor the result of a regeneration project, but they are basic requirements to provide quantitative and qualitative information on the regeneration process itself. In detail, the article has shown the need for regeneration projects on mega-structural objects, with a clear structuring of the project actions, dividing them in guide-areas which regards social, architectural and typological, construction and energy aspects. Such a division is a clear and direct way to easily compare and integrate the various actions avoiding the risk of disciplinary compartmentalization. The proposed methodology is proved to be a useful tool for aligning and comparing different projects of urban regeneration and to assess their feasibility.

REFERENCES

- Banham, R. 1980. *Le tentazioni dell'architettura: megastrutture*. Roma: Laterza edizioni
- Bologna, G. (ed vers ita) 2012. *Worldwatch Institute. State of the World 2012. Verso una prosperità sostenibile*. Edizioni Ambiente. Pag 74 - pag 259
- Cecere, C. & Morganti, M. 2011. *Le densità della città contemporanea: verso una condizione sostenibile*. In: *Il disegno delle trasformazioni*. Napoli: Clean edizioni, p. 301-310.
- Di Giulio, R. 2010. Introduction. In: Di Giulio R. (ed) *Improving the Quality of Suburban Building Stock*. Malta: Faculty for the Built Environment, University of Malta.
- Diana, L. 2014. Metodo CRI_TRA: un metodo di valutazione comparativa delle criticità e della trasformabilità edilizia del patrimonio residenziale pubblico in Italia. In: Fattinanzi, E. & Mondini G. (eds) *Analisi Multicriteri tra valutazione e decisione*. Torino: DEI – Tipografia del Genio Civile. In press.
- Ferrante, A. & al. 2012. La riqualificazione energetica e architettonica del patrimonio edilizio recente. Il caso dei quartieri di edilizia residenziale pubblica. In: *IN_BO. Ricerche e progetti per il territorio, la città e l'architettura*, n°5 (2012), pp. 251 – 276
- LaboratorioCittàPubblica (Aa. Vv.) 2009. *Città pubbliche, linee guida per la riqualificazione urbana*. Milano: Bruno Editore
- Melograni, C. 1983. Lastre su perni multipli, il complesso residenziale IACP Vigne Nuove a Roma. In: *L'architettura: cronache e storia. A XXVIII. N 1. Milano: ETAS*
- Passeri, A. 1980. Intervento IACP a Pineto-Roma. In: *L'industria delle costruzioni*. A 14. N 109. Roma: ANCE
- Toledo informal ministerial meeting on urban development declaration, 2010.
- Veillard-Baron, H. 2004. *Sur l'origine des grands ensemble*. In: Dufaux, F. & Fourcaut, A. (eds) 2004. *Le monde des grands ensembles*. Paris: éditions Créaphis

Parametric analysis of the impact of windows on energy needs of buildings with Energy Passive House Standard

Meri Cvetkovska

Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Civil Engineering, Skopje, Republic of Macedonia
cvetkovska@gf.ukim.edu.mk

Strahinja Trpevski

Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Architecture, Skopje, Republic of Macedonia
strahinja.trpevski@yahoo.co.uk

Andrej Andreev

CIVKON, Skopje, Macedonia
andrej.andreev@civkon.mk

Ana Trombeva-Gavriloska

Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Architecture, Skopje, Republic of Macedonia
agavriloska@arh.ukim.edu.mk

Marijana Lazarevska

Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Civil Engineering, Skopje, Republic of Macedonia
marijana@gf.ukim.edu.mk

ABSTRACT: The goal of this paper is to present the window parameters that mostly affect the design of passive houses, as well as of all kinds of energy efficient buildings. The solar factor, or permeability of the light glazing, is of a crucial importance for the total energy needs. At the same time there is a risk of overheating during the hot summer. Because of these features, the windows are key elements in achieving the passive house standard. The analysis of the variations of the three basic parameters, as: influence of the size of the windows in facade elements, the type of glass in windows and the type of window frames give a clear picture of the impact of each of these parameters as well as of their combination on the energy needs of the Passive House that is treated in this paper. This paper refers to the analysis of buildings in the Macedonian climate conditions.

Keywords: passive house, energy demand, solar factor, energy transmittance, overheating

1 INTRODUCTION

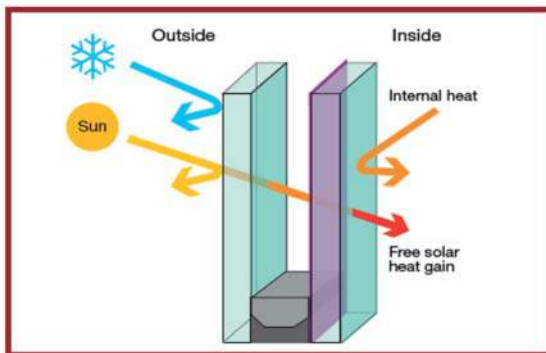
Up to 90 million tons of CO₂ emissions could be saved annually by 2020 if all Europe's buildings were fitted with double-glazed Low-E insulating glass units (i.e. all existing and new, residential and non-residential buildings). Up to 97 million tons of CO₂ emissions could be cut if, in addition to retrofitting existing buildings with Low-E double-glazing, greater use were made of triple-glazed Low-E units for new buildings, where appropriate (i.e. in cooler northern regions). This is good news because the EU has committed to cutting around 300 million tons of needless CO₂ emissions annually. Extensive use of Low-E insulating glass units could achieve as much as one third of the EU's emissions reduction targets for buildings.

2 LOW-EMISSIVITY GLASS

With modern materials and technologies, it is possible to design buildings which dramatically reduce heating requirements, or even eliminate the need for conventional heating systems (low energy buildings). Low-E insulating glass units – particularly triple-glazed – are a crucial

component in reducing the need for heating in such buildings. Low-E glazing technology exists today and is ready to use. Energy savings from the installation of Low-E insulating glazing far outweigh the energy consumed in manufacturing the glass. With architectural glass industry emissions in Europe estimated to be in the region of four to five million tons of CO₂ per year, the potential savings from the increased use of Low-E insulating glass units exceed the manufacturing emissions considerably.

“Emissivity” refers to the ability of the glass surface to reflect heat. Low-E glass is specially treated with a microscopically thin, virtually invisible transparent coating on one surface. The coating reflects heat back into the building, thereby reducing the heat loss through the window. It also reduces the heat transfer from the warm (inner) pane of glass to the cooler (outer) pane, thus further lowering the amount of heat that escapes from the window. The coating allows large amounts of solar energy to enter the building, thereby heating it. This coating is used on glass in both double and triple-glazed units. The properties of Low-E insulating glazing enable it to be a net contributor of energy in buildings (Arasteh, 2007).



■ Low-E coating applied to one side of the glass

Figure 1. Double glazing unit with one Low-E coating

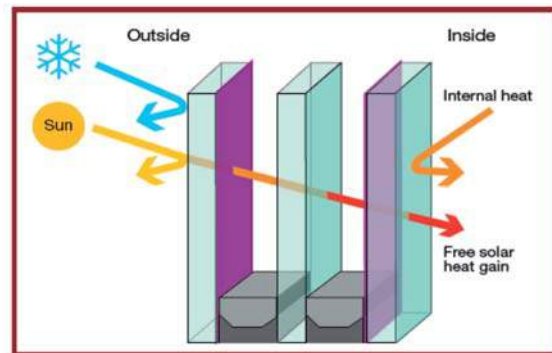


Figure 2. Triple glazing unit with two Low-E coatings.

3 BASIC FACTORS AND CRITERIA FOR ACHIEVING THE STANDARD ON PASSIVE HOUSE

Passive buildings represent the highest standard in energy efficiency in buildings. They guarantee extremely low energy needs, which can be fully met with relatively small alternative energy sources (sun, water, wind, waste, etc.). It gives the opportunity to full independence from the most exploited sources of energy used so far. Hence, the CO₂ is reduced drastically in the atmosphere.

The passive buildings aim to reduction of heat losses to a minimum, the maximum heat gains from the sun and internal sources; rationalizing the costs for sanitary hot water and a high standard of comfort. For better understanding of the system, it is necessary to understand the factors that affect the achievement of the standard on "passive house" and the criteria it should meet (Feist, 2001 & Bahr, 2012). This implies also to take into account the micro and macro location, architecture, envelop of the building, air impermeability, ventilation, heating, frequency of overheating, additional energy for heating and totally required energy.

4 METHODOLOGY OF CALCULATION AND CRITERIA

For the design and calculation of the pasive buildings, it is an extremely important to plan and appropriately predict all the steps as well as to incorporate the real entry parameters. For the analysis, the construction materials used in this paper differ from the ones in the original building, and are specific to the construction market in Macedonia. Façade walls with thickness of 50 cm are equal on all sides of the building and their composition is: gypsum cardboard sheets on metal sub construction d=12.5 mm; rock wool d=50mm with $\lambda=0.045$ W/(mK), gypsum

plaster $d=17\text{mm}$ with $\lambda=0.510\text{ W/(mK)}$, masonry blocks from “Itong” $d=250\text{ mm}$ with $\lambda=0.160\text{ W/(mK)}$, gypsum lime mortar $d=17\text{mm}$ with $\lambda=0.700\text{ W/(mK)}$, 5 mm glue for thermal insulation, thermal insulation $d=150\text{ mm}$ with $\lambda=0.024\text{ W/(mK)}$, glue and smoothing mass 5mm, 3mm final mortar.

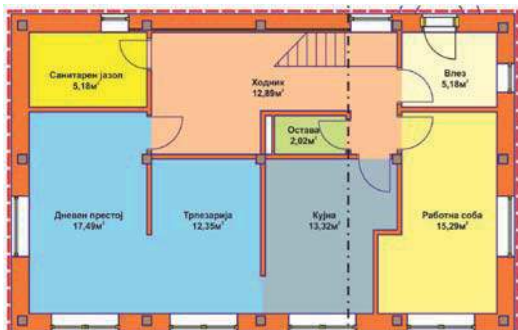


Figure 3. Ground floor

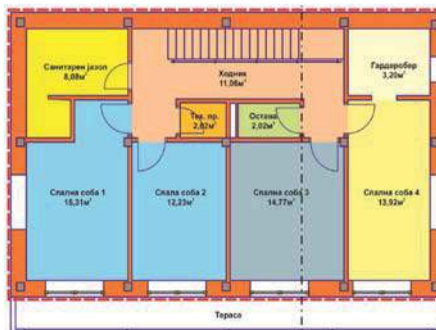


Figure 4. First floor.

The roof structure is reinforced concrete slab MB30, with two eaves and pent house on all sides of the building. The composition of the roof is: gypsum cardboard sheets on metal sub construction $d=12.5\text{ mm}$; rock wool $d=50\text{mm}$ with $\lambda=0.045\text{ W/(mK)}$, reinforced concrete slab MB30 $d=100\text{mm}$ with $\lambda=2.3\text{ W/(mK)}$, thermal insulation $d=150\text{mm}$ with $\lambda=0.024\text{ W/(mK)}$, sheath of wooden boards $d=22\text{mm}$ with $\lambda=0.24\text{ W/(mK)}$, 3 mm vapor barrier, double stripping for clay cover sheaths. The ground floor was placed directly on earth and around the building a route horizontal intermediate plate from extruded polystyrene was set. The composition of the floor was: floating floor base 30 mm, rock wool 20 mm with $\lambda=0.038\text{ W/(mK)}$, 350 mm reinforced concrete slab MB30 with $\lambda=2.3\text{ W/(mK)}$, 340 mm thermal insulation with $\lambda=0.038\text{ W/(mK)}$, 8 mm waterproofing layer with $\lambda=1.2\text{ W/(mK)}$, concrete foundation 100 mm.

The windows are selected from the list of certified passive house windows (U.S.D.E., 1997 & Arasteh, 2007) as follows: frame W Internorm-passiv Fixverglasung with distancer 'Thermix'; Glass INTERPANE - iplus 3E (4:/14/4/14/:4 Argon 90%). During the process of defining the surfaces, despite their purpose, the following values and information are defined: thermal envelope/Unit (line of balance) and Net useful (treated) area (TFA - Treated Floor Area). The calculation of the areas covered: all net living areas with heights over 2m, areas with heights from 1m to 2 m were calculated with 50%, non leaving areas (basement, machine rooms and storage) with height above 2 m, were calculated with 60%.

5 ANALYSIS RESULTS

The calculation of the passive house was made with the software package PHPP 2007 (P.H.I., 2012). Dimensions of the insulation, windows and all other elements were defined to meet the criteria for a passive house and in same time to be as close as possible to the limit values for the Passive House (PH) standard. Comparison of the final calculation results with the maximum values defined by the Passive House standard is presented in Table 1.

The calculation results clearly show that the ventilation system can not deliver the necessary heat, so there is a need somewhere in the house to place an additional heating device which will produce an additional 171 W. In the summer period there is no need of cooling compressor, but opening of the windows is required at night. Emissions of carbon dioxide from the heating system is $9\text{ kg/(m}^2\text{a)}$ while the total emission is $19\text{ kg/(m}^2\text{a)}$.

Table 1. Comparison of calculation results from PHPP 2007 and standard values

Criteria	Symbol	Unites	Design value	Max. value (standard)	Are criteria satisfied?
Specific energy heating demand	Q_{SH}	kWh/(m ² a)	14	15	Yes
Specific primary energy demand	Q_{SP}	kWh/(m ² a)	78	120	Yes
Heating load	HL	W/m ²	10	10	Yes
Cooling load	CL	W/m ²	7	10	Yes
Frequency of overheating	h_{ϕ}	%	4	10	Yes

5.1 The impact of windows on achieving the passive house standard

The windows are part of the thermal envelope of the building and therefore their impact on total energy demand is high. It is even more apparent in case of passive houses, because despite the need for good heat insulation properties, the use of energy from the sun in winter is of exceptional importance. To provide the necessary solar gains in house, the solar factor or permeability of the light glazing becomes crucial for overall energy needs, but also the risk of overheating is high in summer. Because of these facts, the windows are a key element in achieving the passive house standard.

For the purposes of this paper and for more detailed analysis of the impact of the glazed surfaces on the energy demands of the building, variations in percentage of the window area separately on each facade and on the whole building were made. According to the design data, on the south side of the building the total window area is 26.63 m², on the north side it is 3.46 m², on the east side it is 8.21 m² and on the west side it is 6.55 m². The total design window area for the entire building is 44.85 m².

For the purposes of this analysis, the window area on each façade separately and on the whole building first was increased by step of 25 % up to 100% and then decreased by step of 25 % up to complete elimination of the windows. In all these cases the following parameters were analyzed: specific energy demand for heating (Q_{SH}), specific energy demand for cooling (Q_{SC}), specific energy demand for primary energy (Q_{SP}), heating load (HL), cooling load (CL), thermal energy to be submitted through the ventilation system (PH), the frequency of overheating (h_{ϕ}) and the emission of carbon dioxide (CO₂).

For each of the analyzed variations the calculation results obtained by the computer program PHPP 2007 are presented in: Table 2 for south orientation of the windows, Table 3 for north orientation of the windows, Table 4 for east orientation of the windows, Table 5 for west orientation of the windows and Table 6 for the whole building.

Table 2. Effects of variations in window area on the south facade

Criteria	Q_{SH} kWh/ (m ² a)	Q_{SC} kWh/ (m ² a)	Q_{SP} kWh/ (m ² a)	HL W/m ²	CL W/m ²	P_H W	h_{ϕ} %	CO ₂ ^{QSH} kg/(m ² a)	CO ₂ ^{QSP} kg/(m ² a)
Prescribed value	15		120	10	10	/	10	/	/
Designed area	13.93	9.36	77.74	10.06	6.76	1524.34	3.62	8.88	19.35
Without windows	18.41	6.58	81.16	8.90	3.18	1348.34	0	9.67	20.13
75% less	21.88	6.96	84.95	10.03	3.19	1519.50	0	10.53	21.00
50% less	19.45	8.09	82.64	10.12	4.21	1532.60	0	10.00	20.47
25% less	16.54	8.94	79.99	10.10	5.46	1530.02	0.62	9.40	19.87
25% more	11.74	9.47	75.94	10.02	8.08	1517.52	8.83	8.46	18.94
50% more	10.05	9.39	74.61	9.97	9.32	1510.72	12.61	8.16	18.64
75% more	8.51	9.22	73.41	9.92	10.74	1502.51	14.12	7.88	17.80
100% more	7.35	9.01	72.53	9.86	12.08	1494.67	15.40	7.68	18.16

Table 3. Effects of variations in window area on the north facade

Criteria	Q _{SH}	Q _{SC}	Q _{SP}	HL	CL	P _H	h _φ	CO ₂ ^{QSH}	CO ₂ ^{QSP}
	kWh/ (m ² a)	kWh/ (m ² a)	kWh/ (m ² a)	W/m ²	W/m ²	W	%	kg/(m ² a)	kg/(m ² a)
Prescribed value	15		120	10	10	/	10	/	/
Designed area	13.93	9.36	77.74	10.06	6.76	1524.34	3.62	8.88	19.35
Without windows	13.40	8.65	77.18	9.86	6.36	1493.99	2.41	8.75	19.22
75% less	13.76	8.81	77.54	10.00	6.40	1515.15	2.47	8.83	19.31
50% less	13.84	9.02	77.63	10.03	6.53	1519.52	2.93	8.85	19.33
25% less	13.91	9.24	77.71	10.05	6.68	1523.11	3.39	8.87	19.35
25% more	14.03	9.69	77.86	10.10	6.97	1529.88	4.19	8.91	19.38
50% more	14.10	9.92	77.94	10.12	7.12	1533.20	4.55	8.92	19.40
75% more	14.16	10.15	78.01	10.14	7.27	1536.49	4.89	8.94	19.41
100% more	14.22	10.38	78.09	10.16	7.42	1539.77	5.20	8.96	19.43

Table 4. Effects of variations in window area on the east facade

Criteria	Q _{SH}	Q _{SC}	Q _{SP}	HL	CL	P _H	h _φ	CO ₂ ^{QSH}	CO ₂ ^{QSP}
	kWh/ (m ² a)	kWh/ (m ² a)	kWh/ (m ² a)	W/m ²	W/m ²	W	%	kg/(m ² a)	kg/(m ² a)
Prescribed value	15		120	10	10	/	10	/	/
Designed area	13.93	9.36	77.74	10.06	6.76	1524.34	3.62	8.88	19.35
Without windows	13.98	6.57	77.58	9.77	4.59	1480.67	0	8.84	19.32
75% less	14.63	7.00	78.25	10.04	4.80	1521.37	0	9.00	19.47
50% less	14.45	7.81	78.13	10.06	5.44	1524.62	0.41	8.97	19.44
25% less	14.19	8.59	77.94	10.06	6.09	1524.84	1.16	8.92	19.40
25% more	13.67	10.09	77.55	10.06	7.42	1523.56	5.51	8.83	19.31
50% more	13.42	10.80	77.37	10.05	8.08	1522.64	11.97	8.79	19.27
75% more	13.18	11.48	77.19	10.04	8.75	1521.65	13.21	8.75	19.23
100% more	12.94	12.14	77.02	10.04	9.41	1520.61	12.98	8.71	19.19

Table 5. Effects of variations in window area on the west facade

Criteria	Q _{SH}	Q _{SC}	Q _{SP}	HL	CL	P _H	h _φ	CO ₂ ^{QSH}	CO ₂ ^{QSP}
	kWh/ (m ² a)	kWh/ (m ² a)	kWh/ (m ² a)	W/m ²	W/m ²	W	%	kg/(m ² a)	kg/(m ² a)
Prescribed value	15		120	10	10	/	10	/	/
Designed area	13.93	9.36	77.74	10.06	6.76	1524.34	3.62	8.88	19.35
Without windows	14.16	9.62	77.77	9.74	6.62	1476.15	3.61	8.89	19.36
75% less	14.58	9.73	78.22	9.94	6.63	1506.62	3.54	8.99	19.46
50% less	14.39	9.62	78.09	9.99	6.67	1513.48	3.56	8.96	19.43
25% less	14.16	9.49	77.92	10.03	6.72	1519.06	3.59	8.92	19.39
25% more	13.70	9.23	77.57	10.09	6.80	1529.50	3.65	8.84	19.31
50% more	13.48	9.10	77.41	10.13	6.84	1534.61	3.68	8.80	19.28
75% more	13.26	8.98	77.25	10.16	6.88	1539.68	3.71	8.76	19.24
100% more	13.05	8.86	77.10	10.20	6.92	1544.73	3.73	8.73	19.21

The calculation results showed that the energy demand for heating is most sensitive to changes in the percentage of window area on the south facade. When the window area on the south facade is increased, the Specific energy demand for heating is reduced and opposite. All other facades have negligible effect and the north facade has negligible, but opposite effect (Figure 5). The energy demand for cooling is most sensitive to changes in the percentage of window area on the east facade. When the window area on the east facade is decreased, the Specific energy demand for cooling is reduced and opposite. All other facades have less, but not negligible effect (Figure 6).

Table 6. Effects of variations in window area on all four facades of the house

Criteria	Q_{SH} kWh/ (m ² a)	Q_{SC} kWh/ (m ² a)	Q_{SP} kWh/ (m ² a)	HL W/m ²	CL W/m ²	P_H W	h_ϕ %	CO_2^{QSH} kg/(m ² a)	CO_2^{QSP} kg/(m ² a)
Prescribed value	15		120	10	10	/	10	/	/
Designed area	13.93	9.36	77.74	10.06	6.76	1524.34	3.62	8.88	19.35
Without windows	18.97	1.13	81.31	9.74	0.48	1225.84	0	9.70	20.17
75% less	23.78	1.92	86.77	9.94	0.80	1496.48	0	10.95	21.41
50% less	20.92	5.39	83.94	9.99	2.58	1517.21	0	10.30	20.77
25% less	17.16	7.97	80.49	10.06	4.67	1524.02	0	9.51	19.98
25% more	11.48	10.25	75.82	10.08	9.00	1527.44	12.74	8.43	18.91
50% more	9.70	10.67	74.47	10.09	11.09	1528.15	14.48	8.12	18.60
75% more	8.21	10.89	73.35	10.08	13.37	1527.31	22.67	7.86	18.35
100% more	7.15	11.05	72.57	10.08	15.57	1526.77	26.79	7.68	18.17

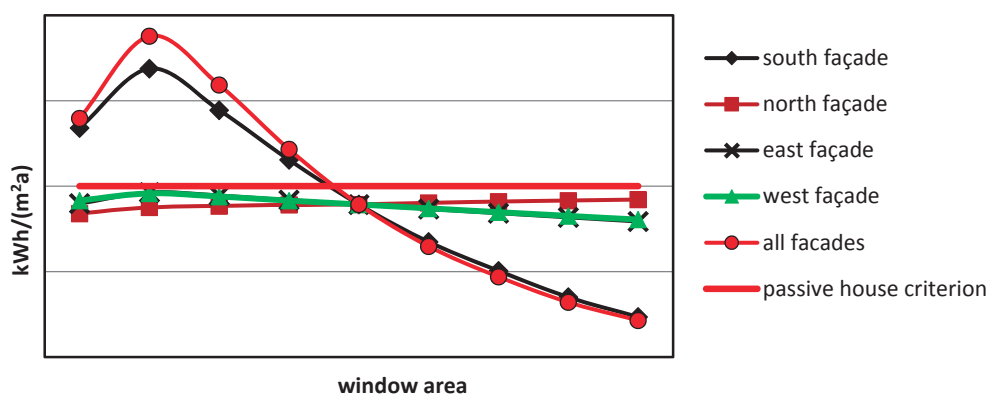


Figure 5. Effects of variations in window area on Specific energy demand for heating

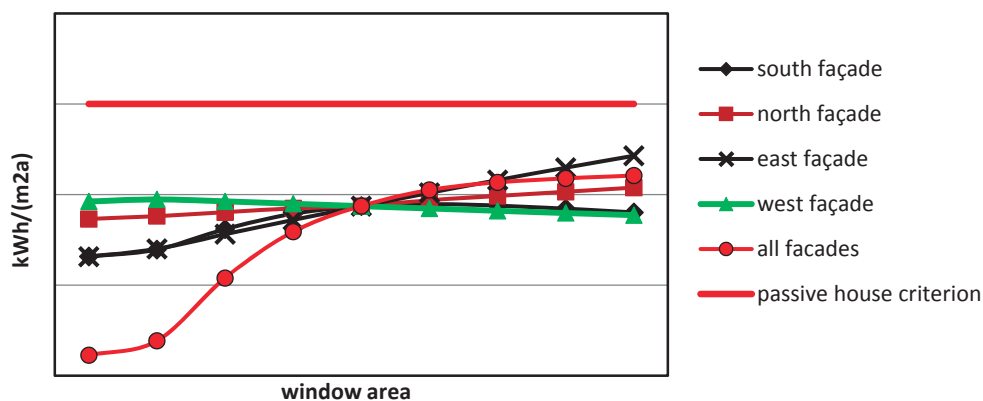


Figure 6. Effects of variations in window area on Specific energy demand for cooling

5.2 Influence of the type of window frame and type of glass

In addition to variations of window area on different facades of the building, the type of glass and the type of the frame were varied and the results of the analysis are presented in this paper. For that purpose combinations of frames and glass which are characteristic for the building tradition in Macedonia were used. It was assumed that the built in windows were made identically as for windows of passive house, which means thermal bridges were eliminated. The following combinations were analyzed:

- Windows with wooden frame $d = 48$ mm ($U_f = 2.50$ W/m²K), glazed with single glass ($U_g = 5.80$ W/m²K and $g = 0.87$);

- PVC frame windows with $d=72$ mm ($U_f=2.20$ W/m²K), with double glazed glass 4+12 (air) +4 ($U_g=2.90$ W/m²K and $g=0.77$)
- PVC frame windows with $d=98$ mm ($U_f=1.60$ W/m²K), with double glazed glass 4+16 (90 % argon) +4, PVC spacer with thermal bridges factor $\psi=0.05$ W/(mK) ($U_g=1.20$ W/(m²K) and $g=0.60$).

For that purpose the computer program PHPP 2007 was used and the calculation results are presented Table 7.

Table 7. Influence of the type of window frame and type of glass

Criteria	Q_{SH}	Q_{SC}	Q_{SP}	HL	CL	P_H	h_{ϕ}	CO_2^{QSH}	CO_2^{QSP}
	kWh/ (m ² a)	kWh/ (m ² a)	kWh/ (m ² a)	W/m ²	W/m ²	W	%	kg/(m ² a)	kg/(m ² a)
Prescribed values		15	120	10	10	/	10	/	/
Design values	13.93	9.36	77.74	10.06	6.76	1524.34	3.62	8.88	19.35
Single glass with wooden frame	91.62	23.63	164.64	37.38	9.46	5663.01	1.56	28.74	39.21
PVC frame with double glazed glass	53.29	18.51	120.98	24.35	8.46	3689.98	1.52	18.77	29.23
PVC frame with double glazed glass with argon	30.58	12.82	95.37	15.81	6.63	2394.82	0.92	12.91	23.38

6 CONCLUSION

With radical changes in urban development, i.e. in the way the buildings are designed, constructed and renovated, significant impact can be made in the reduction of energy needs, and thus in creating a sustainable future for the buildings and cities. Therefore, it is necessary to prepare special regulations in urban planning where urban blocks will be designed with passive houses and criteria for successful implementation have to be defined.

The orientation of the building plays an extremely important role in the final balance of profit and loss, because the southern orientation of windows contribute to reducing energy demand for heating, while windows on the north side have no contribution to gains, but the opposite - the losses are increased. The analysis confirmed that the greatest impact on the energy demand for heating has the window area located on the south side of the building. It appears that the design should anticipate as large window area with this orientation as it is possible. However, during summer, the southern windows contribute to overheating of the building and hence the energy demand for cooling increases. To prevent overheating there are effective and relatively inexpensive measures for summer shading.

The windows on the east and west sides of the building make significant contribution to the needs for heating of the building in winter, but they are unsuitable for use in the summer because seriously contribute to over-heating. The measures for their shading are either expensive or not effective. The orientation and the size of the windows have impact on energy balance, of the building that very seriously should be taken for consideration at the planning and design stage of the building.

The frequency of overheating mostly depends on the type of glazing of the windows. By reducing the solar factor the overheating is reduced, but the energy demand for heating is increased and vice versa.

From the analysis results it could be concluded that windows are one of the most important elements in achieving the Passive House standard. The choice of glazing is extremely important and it should satisfy all the prescribed criteria for glass for passive house.

Emission of carbon dioxide (CO₂) is proportional to the increase in energy consumption for heating / cooling and total primary energy.

However, smart home technology is real, and it's becoming increasingly sophisticated. Home automation can be especially useful for achievement of the "passive house" standard taking in to account parameters of the micro location, ventilation and controlling the frequency of overheating by automatically shading of the windows. This topic deserves further analysis.

REFERENCES

Andreev. A. 2013. *Parametric analysis of the energy demand in buildings with Passive House standard*. Master thesis. Skopje: University Ss. Cyril and Methodius

Arasteh. D., Carmody. J., Heschang. L., Selkowitz. S. 2007. *Residential Windows: A Guide to New Technologies and Energy Performance (Third Edition)*. W.W. Norton & Company

Bahr. A., Such. M., Riedel. S. 2012. *Certified European Passive House Designer*. Darmstadt: Passive House Institute.

Boer. J. & Erhorn. H. 2006. *A simple model for the classification of daylighting indoors with vertical facades*. Stuttgart: Fraunhofer Institut für Bauphysik.

Feist. W. 2001. *Overview of passive house development. CEPHEUS - Project Information No. 39 Opinion on standard DIN V 4108 Part 6:2001*. Darmstadt: Passive House Institute.

Gipson. S., Johnston. D., Works. W. 2008. *Green from the Ground Up: Sustainable, Healthy, and Energy-Efficient Home Construction*. The Taunton Press

Passive House Institute. 2012. *Software PHPP*. Darmstadt

U.S. Department of energy. 1997. *What's new in building energy efficiency. Selecting windows for energy efficiency*. PUB-788

Use of recycled aggregates from construction and demolition wastes in the production of structural concrete

Rui Vasco Silva

ICIST, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisbon, Portugal
rvpssilva@gmail.com

Jorge de Brito

ICIST, DEcivIl, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisbon, Portugal
jb@civil.ist.utl.pt

ABSTRACT: As the world population increases, the use of natural resources and energy grows proportionally, becoming one of the major environmental concerns of our times. Several economic sectors are already pursuing a solution to this problem, by analysing the added-value potential of reusing their own wastes. The conventional methods of constructing and demolishing buildings and concrete structures are implemented in such a way that most of the resulting waste is sent to landfills, instead of being recycled or reused in new constructions. The use of recycled aggregates from construction and demolition wastes as replacement for natural aggregates has been considered as one of the most salubrious approaches towards a greater sustainability in construction. A performance-based classification, based on the physical properties of aggregates sourced from these wastes is presented in this paper. It contains a statistical analysis on the effect of increasing recycled aggregate content to the compressive strength. Furthermore, this paper also presents simple practical rules in conformity with the Eurocode 2, such as the relationship between the modulus of elasticity and compressive strength, application of correction factors to the creep coefficient and the use of existing models for predicting shrinkage.

Keywords: Recycled aggregates, construction and demolition wastes, concrete, sustainability.

1 INTRODUCTION

The increasing and unsustainable consumption of natural resources, along with the excessive production of construction and demolition wastes (CDW), has been the cause of great concern for the environment and economy. In order to reverse this trend, there have been several efforts to promote the ecological efficiency in the construction industry, one of them being the reutilization of CDW in new construction.

The global market for construction aggregates is expected to increase 5.2% per year until 2015, up to 48.3 billion tonnes (Freedonia, 2012). In the USA, the EPA (2014) estimated that the generation of debris, from construction, demolition, and renovation of residential and non-residential buildings in 2003, was close to 170 million tonnes. According to Eurostat (2014), the total amount of waste generated in the EU, in 2010, was over 2.5 billion tonnes, of which almost 860 million tonnes belonged to construction and demolition activities.

Bearing this in mind, the use of recycled aggregates (RA) as replacement for natural aggregates (NA) in the production of concrete has been considered as one of the most efficient and salubrious methods for recycling certain materials from CDW and thus contributing to a greater sustainability in construction.

Research on this subject started with basic observations on the effects of using recycled concrete aggregates (RCA) on the strength of concrete (Buck, 1973; Frondistou-Yannas, 1977b), as well as its economic feasibility (Frondistou-Yannas, 1977a; Frondistou-Yannas and Itoh, 1977). Since then, research on recycled aggregate concrete (RAC) has become progressively complex,

introducing several new variables, in which the rheology and durability-related performance have also been considered.

The scope of this investigation was to provide basic recommendations for the production of RAC. A performance-based classification, based on the physical properties of aggregates sourced from these wastes is presented in this paper. It contains a statistical analysis on the effect of increasing RA content to the compressive strength. Furthermore, this paper also presents simple practical rules in conformity with the Eurocode 2, such as the relationship between the modulus of elasticity and compressive strength, application of correction factors to the creep coefficient and the use of existing models for predicting shrinkage.

1.1 Importance of selective demolition

The construction and demolition industry still sees the concept of selective demolition as being of debateable economic benefit and little practical value. A detailed economic analysis of conventional *versus* selective demolition (Coelho and de Brito, 2011) found that, although the economic viability of selective demolition (with less material sent to landfill) depends largely on local conditions (i.e. labour costs, tipping fees, and market prices for recovered materials), it may ultimately be more profitable than the conventional demolition approach.

From an environmental point of view, too, there are clear benefits from using selective demolition (Frondistou-Yannas, 1977a; Frondistou-Yannas and Itoh, 1977), mainly arising from a direct reduction in the material sent to landfill. In another study (Coelho and de Brito, 2012), a life cycle assessment was performed on the environmental impacts of several scenarios for conventional and selective demolition. The results showed that the selective demolition approach ensured a significant reduction of the environmental impacts specifically caused by climatic change, acidification, summer smog, nitrification and amount of heavy metals. These result from the emission of a wide array of substances, all of which are known to be important pollutants. From a complete life cycle perspective and to gain an obvious environmental impact reduction, it was estimated that the recycling rate must rise to above 90% and efforts must be made to incorporate the resulting materials into new construction (Coelho and de Brito, 2012).

Apart from the aforementioned advantages, the selective demolition approach is also the most effective way of minimizing the amount of contaminants in CDW materials. The recycling industry is well aware of this fact and realises that if this is not done the final product is worth a great deal less, which would be very harmful to further development of the sector. Therefore, recycling plants try to promote selective demolition by imposing strict control procedures and different gate fees depending on the origin, composition and amount of contaminants present in these materials (Vyncke and Rousseau, 1993).

1.2 Recycled aggregates from construction and demolition wastes suitable for the production of structural concrete

According to existing specifications (BCSJ, 1977; BRE, 1998; BS-8500, 2006; DAFStb, 1998; DIN-4226, 2002; EHE-08, 2010; JIS-5021, 2011; JIS-5022, 2012; JIS-5023, 2012; LNEC-E471, 2006; NBR-15.116, 2005; OT-70085, 2006; PTV-406, 2003; RILEM, 1994; TFSCCS, 2004; WBTC-No.12, 2002), there are three main types of materials arising from CDW, which, after undergoing beneficiation processes in certified recycling plants, are suitable for the production of structural concrete.

Some of these specifications (DIN-4226, 2002; LNEC-E471, 2006; NBR-15.116, 2005; PTV-406, 2003) have reached a consensus that, in order to be considered as RCA, these must comprise a minimum of 90%, by mass, of Portland cement-based fragments (from crushed concrete) and NA.

RA sourced from crushed masonry, or recycled masonry aggregates (RMA), may include: aerated and lightweight concrete blocks; ceramic bricks; blast-furnace slag bricks and blocks; ceramic roofing tiles and shingles; and sand-lime bricks (Hansen, 1992). RMA are composed of a

minimum of 90%, by mass, of the summation of the aforementioned materials.

Aggregates acquired from mixed demolition debris, or mixed recycled aggregates (MRA), are a mixture of the two main components obtained from the beneficiation process of CDW: crushed and graded concrete and masonry rubble. Some specifications (BS-8500, 2006; NBR-15.116, 2005) state that it is composed of less than 90%, by mass, of Portland cement-based fragments and NA. In other words, it may contain other common CDW materials such as masonry-based materials.

The variety of contaminants that can be found in RA from the demolition of existing structures can severely degrade the strength of concrete made with them. Such materials include asphalt, gypsum, metals, plastic, rubber, soil or wood (Lamond et al., 2002).

2 LITERATURE REVIEW

2.1 Early age behaviour of structural concrete with recycled aggregates

Workability, or consistency, being one of the essential properties of fresh concrete, is significantly influenced by various mixing design parameters. When replacing NA with RA, the following main parameters need to be accounted for: replacement ratio; type; size; moisture content.

Most studies have shown that increasing RA content leads to decreased workability levels (Barra and Vázquez, 1998; Etxeberria et al., 2007; Khatib, 2005; Yang et al., 2008). Naturally, this decrease depends on the nature of the RA used. Among the three most suitable RA for concrete production, RCA were found to have the lesser impact on the consistency of concrete. This is mainly due to their lower water absorption, in comparison to MRA and RMA, which include materials with greater porosity. All other criteria being equal, as the RAs' water absorption increases, the consistency levels decrease, due to the absorption of the mixing water.

Within each RA type, it is possible for the quality of materials to vary significantly. For example, high strength concrete materials, due to their higher compacity, result in less porous RCA and thus with less water absorption, in comparison to RCA from low strength concrete (Otsuki et al., 2003; Yang et al., 2008). However, it was also found that, for the same crushing age, RCA from concrete materials with different compressive strength will not have an influence on the consistency levels of RAC (Padmini et al., 2009).

Regarding RA size, finer fractions generally show higher water absorption than that of coarser fractions (Teranishi et al., 1998). This is mainly due to the recycling process of these materials, in which after being subjected to various crushing stages, the finer fraction accumulates increasing crushed fragments of adhered cement paste, which has a relatively high water absorption (Nagataki and Iida, 2001). Due to this, fine RA usually cause lower consistency levels, when compared to RAC made with coarse RA.

The three methods used to recover the consistency loss, due to RA's water absorption, are the use of water reducing admixtures, pre-saturation of RA 24 hours prior to mixing and water compensation using additional mixing water. The latter, which has been considered one of the most practical and effective methods, is a simple process, which consists of introducing additional water, during the mixing stage, corresponding to a value close to 90% of the total water absorption capacity of RA. Several researchers (Evangelista and de Brito, 2010; Ferreira et al., 2011; Fonseca et al., 2011; Leite, 2001) have used this technique and obtained stable results. Furthermore, one study (Ferreira et al., 2011) showed that the use of water compensated RCA leads to more stable slump values than when using pre-saturated aggregates.

2.2 Mechanical behaviour of structural concrete with recycled aggregates

Over the course of time, there have been numerous studies on the effect of using RA on the mechanical properties of concrete. In most of them, concrete was produced with coarse RCA. Although it has been considered as the most compatible RA to be introduced into concrete, with

some precautions, other RA types and sizes may also be incorporated in relatively high amounts (Silva et al., 2014b; Silva et al., 2014e).

There are several inherent properties of RA, which differ from those of NA, that need to be accounted for when producing RAC. Since RA exhibit lower quality, their increasing use in RAC generally leads to decreased mechanical performance (lower compressive, flexural and tensile strengths and modulus of elasticity, and increased creep and shrinkage). Still, for the same replacement ratio, this decrease may be either minimal or noteworthy, depending on the RAs' type, size, original material quality and moisture content.

RCA exhibit the closest basic properties (water absorption, density, resistance to fragmentation) to those of NA. Therefore, this aggregate type is more likely to produce RAC with similar or slightly lower strength, in comparison to natural aggregate concrete (NAC), than when using the same amount of MRA or RMA. As the RMA content increases, it is expected for the mechanical performance to decline at an even greater rate than for mixes with RCA alone. This shows that there must be a very strict quality control during the aggregates' recycling process, in order to separate as much as possible the materials by type.

Although the use of coarse RCA may produce RAC with compressive strength losses up to 40% (Kou et al., 2007), in comparison with corresponding NAC mixes, they may also result in 40% strength gains (Ridzuan et al., 2005). The literature showed that the use of fine RCA resulted in similar (Evangelista and de Brito, 2010) or lower (Tang et al., 2007) compressive strength values, when compared to corresponding control mixes. Therefore, it can be said that coarse RCA are more likely to produce RAC mixes with superior mechanical performance than mixes made with fine RCA.

As previously stated, there are three methods that allow compensating the consistency loss caused by RA absorption. Researchers (Ferreira et al., 2011) that studied the water compensation method, besides obtaining stable levels of workability, have also reached consistent results in terms of mechanical performance, when compared with mixes with pre-saturated RA.

2.3 Durability behaviour of structural concrete with recycled aggregates

Generally, as the replacement ratio increases the performance of RAC declines. The extent of this effect may vary depending on the RA type, size and quality of the original materials. As stated, RCA's inherent properties are the most similar to those of NA. Therefore, they are capable of producing RAC mixes with much closer durability-related performance to that of NAC, than RAC mixes made with other RA types (Gomes and de Brito, 2009). This is only natural, considering that the alternative RA (RMA and MRA) may exhibit much greater water absorption than RCA.

Concerning the influence of RA size, it was found (Padmini et al., 2002) that, for the same replacement ratio, coarse RCA may produce RAC mixes with much less porosity than when using fine RCA.

Nagataki and Iida (2001) assessed the effects of introducing coarse RCA, with varying quality, on the durability performance of concrete. The materials used in this study came from concrete materials with different strength levels and were exposed to a varying number of processing stages. The authors found that the durability factor increased as the strength of the original materials increased. Furthermore, they learned that, as the RCA was subjected to an increasing number of processing stages, the durability-related performance improved. This trend, which is attributed to the use of RCA with progressively lower water absorption, is mainly due to two factors: as the strength of the original material increased, the porosity of the adhered mortar decreased; and as the number of processing stages increased, the amount of adhered mortar decreased, thus exhibiting lower water absorption values.

Kou and Poon (2013) studied the durability-related performance of RAC mixes over a 10 year period. After 10 years, RAC mixes, with no additions and with 100% coarse RCA, showed only

10% higher total charge passed and carbonation depths, in comparison to corresponding NAC mixes. This shows that it is possible to produce RAC, using 100% coarse RCA, with negligible performance loss.

3 PRACTICAL RULES FOR PRODUCING STRUCTURAL RECYCLED AGGREGATE CONCRETE

3.1 Characterization of recycled aggregates from construction and demolition wastes

The literature review suggests that researchers usually prefer to assess the effect of increasing content, size and type of RA. Although these are related to the aggregate’s quality, it is possible to measure the quality of RA by assessing their physical properties. Silva et al. (2014e) proposed a performance-based classification for RA based on their water absorption, oven-dried density and resistance to fragmentation (Table 1).

Table 1. Performance-based classification of recycled aggregates (Silva et al., 2014e)

Aggregate class	A			B			C			D
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Minimum oven-dried density (kg/m ³)	2600	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1900	1800	
Maximum water absorption (%)	1.5	2.5	3.5	5	6.5	8.5	10.5	13	15	No limit
Maximum LA abrasion mass loss (%)	40			45			50			

The results of this study showed that some MRA may exhibit higher quality (i.e. higher oven-dried density and lower water absorption) than some RCA. Furthermore, it is also believed that fine RA cause a greater performance loss than coarse RA. Although this is usually accurate, when both size fractions exhibit similar properties, resulting specimens may display equivalent performance (Yang et al., 2008).

3.2 Estimating the compressive strength of concrete

The results of a recently published study (Silva et al., 2014b) showed that it is possible to estimate the compressive strength loss of RAC based on the replacement level of coarse RA with a given quality class according to the aforementioned performance-based classification (Silva et al., 2014e).

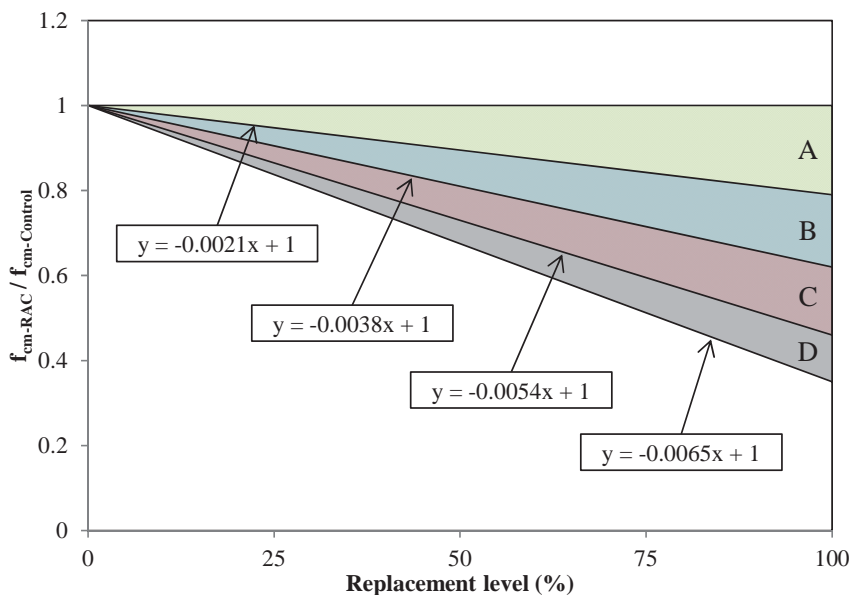


Figure 1. Relative compressive strength (lower limit of the 95% confidence interval) of RAC mixes produced with increasing coarse RA of different quality classes (adapted from Silva et al. (2014b)).

The results of this study, depicted in Figure 1, are based on the lower limit of a 95% confidence interval of the relative compressive strength loss of concrete mixes with increasing coarse RA content. In other words, there is a 95% probability that RAC mixes produced with 100% coarse RA of classes A, B, C and D will not exhibit strength losses greater than 21%, 38%, 54% and 65%, respectively, to those of the corresponding NAC with a similar mix design (i.e. cement content, effective w/c ratio). This clearly shows the need to characterize RA, not solely based on their composition, but on their physical properties as well.

3.3 Relationship between the modulus of elasticity and compressive strength

The modulus of elasticity is important when designing structures for the serviceability limit state, in which the main focus is the control of crack widths and the limitation of deflections. Contrary to compressive strength of RAC, which can be easily offset using a number of methods, investigation concerning the modulus of elasticity suggests that it strongly decreases with increasing RA content. This means that, even when the compressive strength of RAC is equivalent to that of a conventional concrete, its modulus of elasticity is generally lower, and therefore the deformations are greater, which is a source of distrust and a barrier to using RA in concrete. A comprehensive statistical analysis on the relationship between the modulus of elasticity and compressive strength of RAC (Silva et al., 2014a) showed interesting and practical results. The formula for the relationship between the modulus of elasticity and compressive strength proposed by the EN-1992-1-1 (2008), or Eurocode 2 (EC2), is:

$$E_{cm} = \alpha \cdot 22 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} \quad (1)$$

where, E_{cm} is the 28-day modulus of elasticity (GPa); f_{cm} the 28-day cylinder compressive strength (MPa) and; α the correction factor depending on the nature of the aggregate used (1.2 - basalt; 1.0 - quartzite; 0.9 - limestone; 0.7 - sandstone).

A thorough examination to the results of 476 concrete mixes, sourced from 35 publications, showed a 95% probability that the modulus of elasticity of RAC with known compressive strength is above the EC2 curve corresponding to sandstone aggregates (see Figure 2). This suggests that the correction factor for sandstone aggregates can be easily applied by professionals in the construction industry to estimate the modulus of elasticity of RAC.

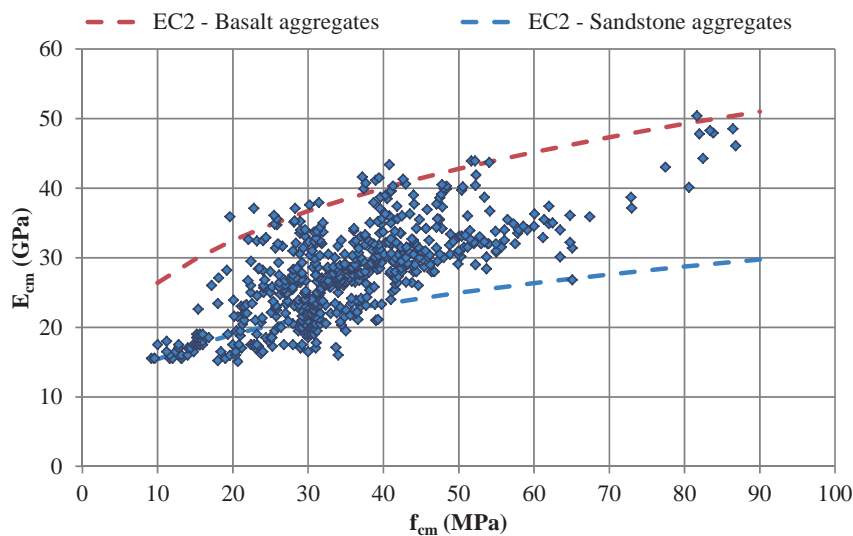


Figure 2. Comparison of the relationship between E_{cm} and f_{cm} from the literature review and those proposed by EC2

3.4 Correction factors for the creep coefficient

The literature review revealed that the available information on the effect of RA on creep of concrete is scarce, which therefore does not allow a full understanding of their influence on the deformation of concrete structures. Based on the results of a statistical analysis carried out by the authors (Silva et al., 2014c), creep coefficient correction factors for RAC were interpolated. Such factors, presented in Table 2, should be used to estimate the potential creep increase of RAC with increasing replacement levels produced with a similar mix design to that of the conventional NAC. In the case of mixes containing 100% coarse RA, there is a 95% chance that the creep coefficient will be up to 70% greater than that expected for a similar NAC.

In situations where the deformation by creep is relevant in a concrete structure, the total deformation, including that of creep, may be acquired using expression (2) for the effective modulus of elasticity (EN-1992-1-1, 2008).

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \alpha \cdot \phi(\infty, t_0)} \quad (1)$$

where $E_{c,eff}$ is the effective modulus of elasticity (GPa); E_{cm} the modulus of elasticity of concrete (GPa); α the correction factor for creep coefficient (Table 2); $\phi(\infty, t_0)$ the creep coefficient for a certain time period and loading.

Table 2. Correction factors for creep coefficient

Creep coefficient correction factors		
20% coarse RA	50% coarse RA	100% coarse RA
1.15	1.35	1.70

In practical terms, the decrease of the effective modulus of elasticity, by considering a higher creep coefficient, would demand a slight increase of the section of a concrete beam or column, in order to exhibit a similar deformation for the same loading applied to an equivalent conventional NAC. Naturally, given the state of knowledge on the effect of RA on creep, it is possible that these factors may be altered with upcoming findings.

3.5 Shrinkage prediction of recycled aggregate concrete

The literature review has shown that RAC tends to exhibit greater shrinkage than a corresponding NAC, the magnitude of which depends on several factors related to the use of RA. In recent study (Silva et al., 2014d), the authors performed an extensive research to the possibility of using existing models to predict the shrinkage behaviour of RAC.

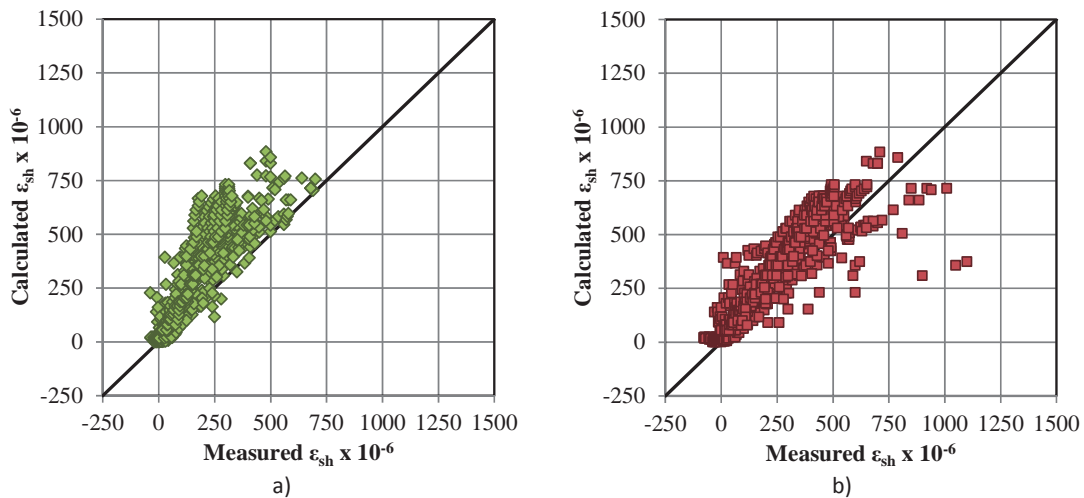


Figure 3. Comparison between experimental shrinkage values and those calculated using the ACI 209R model for: a) NAC mixes; b) RAC mixes with 100% coarse RA content

Results showed that existing models tend to overestimate concrete's shrinkage strain. This was more noticeable for NAC. Nevertheless, all models (EC2-08 (2008); ACI 209R (2008); Bažant-Baweja B3 (1995); the CEB Model Code 99 (1990); and the GL2000 (2001)) showed strong correlation between the experimental values and those calculated, thus implying that these may be used to accurately predict the shrinkage strain of concrete if the model is calibrated with short-term testing of the actual concrete to be used in the project. However, in cases where the designer will not consider testing and calibration of the model, the ACI 209R was considered as the best choice in terms of accuracy (Figure 3), whilst the CEB-FIP MC99 was able to provide the best results in calculating the shrinkage strain with the greatest probability that will not exceeded by that of the actual concrete.

4 CONCLUSIONS

At the present date and considering the state of the art, there are no arguments against processed CDW materials being used for the production of structural concrete. The literature, besides providing sufficient evidence of the feasibility of using RA in concrete, it already covered most aspects in regard to the effects of their incorporation.

To ensure that good quality RA are manufactured, the quality control process must start during construction or demolition activities. By applying a selective demolition methodology, waste materials will then be separated and stored properly, which, besides facilitating the task of recycling plant operatives, will also minimize contamination levels of future RA. Furthermore, as various studies have demonstrated while using a selective demolition approach, significant economic and environmental benefits may be guaranteed. The use of materials from processed CDW results in a dramatic reduction of the use of natural resources as well as the amount of waste sent to landfills.

Provided that CDW are subjected to proper recycling procedures, the output should be considered as another possible aggregate for the production of structural concrete (i.e. sandstone, granite, limestone, RCA, RMA, and MRA). This forward thinking, in which RA are regarded as an added-value material instead of a poor-quality and unusable material, is a step further into making concrete production more sustainable. Using the recommendations expressed in this paper, designers and concrete producers will then understand the behaviour of this material in a way they can relate to and thus facilitate the widespread use of recycled aggregates in the production of structural concrete.

REFERENCES

- ACI-209 2008. *Guide for modeling and calculating shrinkage and creep in hardened concrete*. American Concrete Institute, Michigan, USA, 48 p.
- Barra, M. & Vázquez, E. 1998. Properties of concretes with recycled aggregates: Influence of properties of the aggregates and their interpretation. In: R.K. Dhir, N.A. Henderson & M.C. Limbachiya (eds) *Proceedings of the International Symposium on Sustainable construction: Use of recycled concrete aggregate*, London, UK.
- Bažant, Z.P. & Baweja, S. 1995. Creep and shrinkage prediction model for analysis and design of concrete structures - Model B3. *Mater Struct* 28(6): 357-365.
- BCSJ 1977. *Proposed standard for the use of recycled aggregate and recycled aggregate concrete (in Japanese)*. Committee on Disposal and Reuse of Construction Waste, Building Contractors Society of Japan.
- BRE 1998. *Recycled aggregates*. Building Research Establishment, Watford, UK, 6 p.
- BS-8500 2006. *Concrete - complementary British Standard to BS EN 206-1 - Part 2: Specification for constituent materials and concrete*. British Standards Institution (BSI), United Kingdom, 52 p.
- Buck, A.D. 1973. Recycled concrete. *Highway Research Record, Highway Research Board*(430): 1-8.
- CEB-FIP 1990. *Model code for concrete structures*. Comité Euro-International du Béton, Lausanne, Switzerland, 462 p.

- Coelho, A. & de Brito, J. 2011. Economic analysis of conventional versus selective demolition-A case study. *Resources Conservation and Recycling* 55(3): 382-392.
- Coelho, A. & de Brito, J. 2012. Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings. *Waste Manage (Oxford)* 32(3): 532-541.
- DAfStb 1998. *DAfStb: Richtlinie - Beton mit rezykliertem zuschlag (in German)*. Deutscher Ausschuss Für Stahlbeton (German Committee for Reinforced Concrete), Germany.
- DIN-4226 2002. *Aggregates for mortar and concrete, Part 100: Recycled aggregates*. Deutsches Institut für Normungswesen (DIN), Germany, 29 p.
- EHE-08 2010. *Code on Structural Concrete*. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento, Spain, 556 p.
- EN-1992-1-1 2008. *Eurocode 2 - Design of concrete structures*. Comité Européen de Normalisation (CEN), Brussels, Belgium, 259 p.
- EPA 2014. United States Environmental Protection Agency. www.epa.gov. Accessed 06/10/2014.
- Ettxberria, M., Vazquez, E., Mari, A. & Barra, M. 2007. Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete. *Cem Concr Res* 37(5): 735-742.
- Eurostat 2014. Waste statistics in Europe. epp.eurostat.ec.europa.eu. Accessed 06/10/2014.
- Evangelista, L. & de Brito, J. 2010. Durability performance of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cem Concr Compos* 32(1): 9-14.
- Ferreira, L., de Brito, J. & Barra, M. 2011. Influence of the pre-saturation of recycled coarse concrete aggregates on concrete properties. *Mag Concr Res* 63(8): 617-627.
- Fonseca, N., de Brito, J. & Evangelista, L. 2011. The influence of curing conditions on the mechanical performance of concrete made with recycled concrete waste. *Cem Concr Compos* 33(6): 637-643.
- Freedonia 2012. World construction aggregates. *Industry Study No. 2838*, Cleveland, Ohio, USA, 334 p.
- Frondistou-Yannas, S. 1977a. Recycled concrete as new aggregate. *Progress in Concrete Technology, CANMET, Energy Mines and Resources Canada*, Ottawa, Canada.
- Frondistou-Yannas, S. 1977b. Waste concrete as aggregate for new concrete. *Journal of the American Concrete Institute* 74(8): 373-376.
- Frondistou-Yannas, S. & Itoh, T. 1977. Economic feasibility of concrete recycling. *Journal of the Structural Division - ASCE* 103(4): 885-899.
- Gardner, N.J. & Lockman, M.J. 2001. Design provisions for drying shrinkage and creep of normal-strength concrete. *ACI Mater J* 98(2): 159-167.
- Gomes, M. & de Brito, J. 2009. Structural concrete with incorporation of coarse recycled concrete and ceramic aggregates: durability performance. *Mater Struct* 42(5): 663-675.
- Hansen, T.C. 1992. *Recycling of Demolished Concrete and Masonry*. London, UK: E & FN Spon.
- JIS-5021 2011. *Recycled aggregate for concrete-class H (in Japanese)*. Japan Standards Association, Japan, 30 p.
- JIS-5022 2012. *Recycled aggregate for concrete-class M (in Japanese)*. Japan Standards Association, Japan, 74 p.
- JIS-5023 2012. *Recycled aggregate for concrete-class L (in Japanese)*. Japan Standards Association, Japan, 68 p.
- Khatib, J.M. 2005. Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate. *Cem Concr Res* 35(4): 763-769.
- Kou, S.C. & Poon, C.S. 2013. Long-term mechanical and durability properties of recycled aggregate concrete prepared with the incorporation of fly ash. *Cem Concr Compos* 37: 12-19.
- Kou, S.C., Poon, C.S. & Chan, D. 2007. Influence of fly ash as cement replacement on the properties of recycled aggregate concrete. *J Mater Civ Eng* 19(9): 709-717.
- Lamond, J.F. et al. 2002. Removal and reuse of hardened concrete. *ACI Mater J* 300-325.
- Leite, M.B. 2001. Evaluation of the mechanical properties of concrete produced with recycled aggregates from construction and demolition wastes. Federal University of Rio Grande do Sul, Brasil.
- LNEC-E471 2006. *Guide for the use of coarse recycled aggregates in concrete (in Portuguese)*. National laboratory of Civil Engineering (Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC), Portugal, 6 p.

- Nagataki, S. & Iida, K. 2001. Recycling of demolished concrete. In: V.M. Malhotra (ed) *Fifth CANMET/ACI International Conference on Recent Advances in Concrete Technology*, Singapore.
- NBR-15.116 2005. *Recycled aggregate of solid residue of building constructions - Requirements and methodologies (in Portuguese)*. Brazilian Association for Technical Norms (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT), Brasil, 18 p.
- OT-70085 2006. *Use of secondary mineral construction materials in the construction of shelters (in French)*. Objectif Technique, Instruction Technique, Schweizerische Eidgenossenschaft, Switzerland, 16 p.
- Otsuki, N., Miyazato, S. & Yodsudjai, W. 2003. Influence of recycled aggregate on interfacial transition zone, strength, chloride penetration and carbonation of concrete. *J Mater Civ Eng* 15(5): 443-451.
- Padmini, A.K., Ramamurthy, K. & Mathews, M.S. 2002. Relative moisture movement through recycled aggregate concrete. *Mag Concr Res* 54(5): 377-384.
- Padmini, A.K., Ramamurthy, K. & Mathews, M.S. 2009. Influence of parent concrete on the properties of recycled aggregate concrete. *Constr Build Mater* 23(2): 829-836.
- PTV-406 2003. *Recycled aggregates from construction and demolition wastes (in French)*. Prescriptions Techniques, Brussels, Belgium, 16 p.
- Ridzuan, A.R.M., Ibrahim, A., Ismail, A.M.M. & Diah, A.B.M. 2005. Durability performance of recycled aggregate concrete. In: R.K. Dhir, T.D. Dyer & M.D. Newlands (eds) *Proceedings of the International Conference on Global construction: Ultimate Concrete Opportunities: Achieving Sustainability in Construction*, London, UK.
- RILEM 1994. Specifications for concrete with recycled aggregates. *Mater Struct* 27(173): 557-559.
- Silva, R.V., de Brito, J. & Dhir, R.K. 2014a. Establishing a relationship between the modulus of elasticity and compressive strength of recycled aggregate concrete. *J Cleaner Prod* [submitted for publication].
- Silva, R.V., de Brito, J. & Dhir, R.K. 2014b. The influence of the use of recycled aggregates on the compressive strength of concrete: A review. *European Journal of Environmental and Civil Engineering* [accepted for publication], DOI: 10.1080/19648189.2014.974831.
- Silva, R.V., de Brito, J. & Dhir, R.K. 2014c. Overview on the creep behaviour of recycled aggregate concrete. *Materials and Structures (submitted for publication)*.
- Silva, R.V., de Brito, J. & Dhir, R.K. 2014d. Prediction of the shrinkage behaviour of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials (submitted for publication)*.
- Silva, R.V., de Brito, J. & Dhir, R.K. 2014e. Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition wastes suitable for concrete production. *Constr Build Mater* 65201-217.
- Tang, K., Soutsos, M.N. & Millard, S.G. 2007. Concrete paving products made with recycled demolition aggregates. In: Y.M. Chun, P. Claisse, T.R. Naik & E. Ganjian (eds) *Proceedings of the International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, Coventry, UK.
- Teranishi, K., Dosho, Y., Narikawa, M. & Kikuchi, M. 1998. Application of recycled aggregate concrete for structural concrete: Part 3 - Production of recycled aggregate by real-scale plant and quality of recycled aggregate concrete. In: R.K. Dhir, N.A. Henderson & M.C. Limbachiya (eds) *Proceedings of the International Symposium on Sustainable construction: Use of recycled concrete aggregate*, London, UK.
- TFSCCS 2004. Draft of Spanish regulations for the use of recycled aggregate in the production of structural concrete (Task Force of the Standing Committee of Concrete of Spain). In: E. Vázquez, C. Hendriks & G.M.T. Janssen (eds) *International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Building and Structures*, Barcelona, Spain.
- Vyncke, J. & Rousseau, E. 1993. Recycling of construction and demolition waste in Belgium: Actual situation and future evolution. In: E.K. Lauritzen (ed) *Proceedings of the Third International RILEM Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry*, Odense, Denmark.
- WBTC-No.12 2002. *Specifications facilitating the use of recycled aggregates*. Works Bureau Technical Circular, Hong-Kong, 16 p.
- Yang, K., Chung, H. & Ashour, A. 2008. Influence of type and replacement level of recycled aggregates on concrete properties. *ACI Mater J* 105(3): 289-296.

O Turismo Regional como fator de Resiliência Urbana

Deize Sbarai Sanches Ximenes

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

sanchesarquiteta@uol.com.br

ABSTRACT: The quick process of urban settlements jeopardizes natural environment survival changing ecosystem configuration and settle down life quality. This research proposes the creation of social and environmental planning guidelines' to turn cities more resilient. Using environmental quality parameters established at master degree research, based on Agenda 21 and on environmental certifications HQE2R and LEED-ND, as well on Localization Seal LABVerde (in its pilot phase at LABVerde, in FAUUSP Laboratory), we intend to analyze the importance of regional tourism as urban resilience factor; a social and economical phenomenon of great importance for contemporary societies, that could be a strategy of sustainable development for cities, contributing for natural scenery conservation and providing spaces for social meetings. The studied area – Itu, Cabreúva and Salto – is a region with outstanding economical growth, notable touristic potential and a rich natural heritage at São Paulo state.

Keywords: Regional tourism; Urban resilience.

RESUMO: O rápido processo de assentamentos urbanos compromete a sobrevivência do ambiente natural, alterando a configuração do ecossistema e prejudicando a qualidade de vida. A pesquisa tratou da necessidade de criação de diretrizes de planejamento socioambiental para tornar as cidades mais resilientes. Com base nos parâmetros de qualidade ambiental estabelecidos na pesquisa de mestrado, baseados na Agenda 21 e nas certificações ambientais HQE2R e LEED-ND, e do Selo de Localização LABVerde em fase piloto do Laboratório LABVerde da FAUUSP, foi analisada a importância do turismo regional como fator de resiliência urbana; fenômeno socioeconômico de grande importância nas sociedades contemporâneas, que poderá ser uma estratégia de desenvolvimento sustentável para as cidades, contribuindo para a conservação da paisagem natural e proporcionando espaços de convívio. A área de estudo – Itu, Cabreúva e Salto – é uma região em crescente desenvolvimento econômico do Estado de São Paulo, com um grande potencial turístico e um rico patrimônio natural.

Palavras-chave: Turismo regional; Resiliência Urbana.

1 INTRODUÇÃO

Apesar de o conceito de desenvolvimento sustentável ser amplamente difundido com três importantes trabalhos científicos: a Reunião de Estocolmo¹, de 1972, na Suécia, o Relatório Brundtland², de 1987, realizado pela Organização das Nações Unidas, e a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD³, em 1992, no Brasil, poucas são as avaliações e certificações ambientais de empreendimentos e projetos que têm ênfase na localização sustentável.

¹Reunião de Estocolmo - Primeiro grande encontro internacional com representantes de diversas nações para a discussão dos problemas ambientais. Nela, se consolidou a relação entre desenvolvimento e meio ambiente.

²Relatório Brundtland ou Nosso Futuro Comum- Documento apresentado em 1987, que propõe o desenvolvimento sustentável, que é “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”.

³CNUMAD – Conferência conhecida como Rio 92, que buscou meios que permitissem o desenvolvimento socioeconômico aliado à conservação da natureza.

A localização sustentável ou sustentabilidade urbana pertence a um novo paradigma que obrigatoriamente exige uma mudança radical no modo de pensar, agir e educar. No novo modelo, as soluções estão atreladas aos processos naturais, às energias renováveis e ao conhecimento do lugar em diversas escalas. Logo, a sustentabilidade urbana exige o pensar globalmente, o agir regionalmente e o viver localmente, como preconizado pela Agenda 21.

Para a elaboração de um projeto sustentável em territórios, como regiões, cidades ou comunidades locais, é necessária a capacidade de adaptação face às grandes tendências evolutivas de carência econômica, social e ambiental segundo a perspectiva da resiliência; a qual se refere à capacidade de um sistema de absorver perturbações e reorganizar-se enquanto está sujeito à forças de mudança, sendo capaz de manter o essencial de suas funções, estrutura, identidade e mecanismos (Walker et al., 2004). De acordo com o relatório *Urban Resilience Research Prospectus* (CSIRO, 2007), a resiliência urbana não é resposta a um impacto, mas sim à capacidade de mudança e de adaptação contínua, considerando os seus fluxos, as suas dinâmicas sociais, as redes de governança e o ambiente biofísico.

O turismo pode ser visto como um fator de sustentabilidade social, ambiental e econômica que reforça o conceito de cidades resilientes. Entenda-se o turismo como uma atividade de fundamental importância para a sociedade e um dos principais fatores de interação socioambiental e de integração política, cultural e econômica em um mundo cada vez mais globalizado. O turismo pode contribuir para a resiliência urbana com investimentos oferecidos pelos órgãos públicos e privados, para a conservação e manutenção dos recursos naturais, para a infraestrutura básica, como os sistemas de saneamento, de transporte, de comunicações e de saúde, para a geração de mais empregos e de renda para a população local, para o uso de tecnologias ambientalmente saudáveis, que não degradem o ambiente, para a utilização de fontes limpas de energia e para a valorização dos patrimônios ambientais, culturais e históricos regionais.

Construir cidades mais resilientes pode estar agregado ao desenvolvimento do potencial turístico regional, estimulando trajetórias de desenvolvimento mais sustentáveis e mais preparadas para lidar com as grandes tendências evolutivas e seus impactos. Neste sentido são necessárias abordagens conceituais e instrumentais de avaliação da sustentabilidade urbana que permitam pensar os territórios e os processos de desenvolvimento sob o foco da resiliência enquanto capacidade estratégica para se adaptarem a contextos de crise e de perturbação.

É necessário obter um melhor entendimento das possíveis estratégias que promovam um projeto sustentável partindo do potencial turístico da cidade e que fortaleçam a resiliência urbana. Mudanças na política de planejamento socioeconômico podem ter grande impacto positivo na proteção ambiental e na redução do consumo de energia não renovável, assim como práticas regionais e urbanas podem incorporar um pensamento ecológico fundamentado na comunidade, na economia e na sustentabilidade ambiental.

Como se sabe, o século XIX marcou profundamente o avanço desenfreado da urbanização e a concentração global da população nas cidades. Em um contexto de mudanças climáticas globais, as cidades tendem a ser atingidas por fenômenos climáticos de maior frequência e intensidade. Assim, em 1992, temos a Agenda 21, uma legislação de abrangência mundial, formulada para orientar investimentos nos setores ambientais, econômicos e sociais com princípios sustentáveis e promover a resiliência urbana. Desde então surgiram diversos instrumentos de avaliação da qualidade ambiental das cidades: a ISO 14001, o BRE (Building Research Establishment), o LEED for Neighborhood Development (Liderança em Energia e Design Ambiental para o Desenvolvimento do Bairro) e o HQE2R (Alta Qualidade Ambiental em Economia e Renovação), as quais foram analisadas e aplicadas na pesquisa de mestrado.

No Brasil, a realidade não é diferente. Em 1991, cerca de 75% da população brasileira (110 milhões) vivia nas cidades e o restante (35 milhões) nas áreas rurais (FIBGE, 1991). A urbanização

caótica, associada às grandes injustiças resultantes da concentração de renda, tem reflexos na degradação da qualidade ambiental e da qualidade de vida dos cidadãos, exigindo que o modelo de desenvolvimento seja repensado, assim como a distribuição de renda e as estruturas de poder e de decisão – só assim uma sociedade mais digna e ética se torna sustentável.

Mascaró (2005) alerta que os assentamentos urbanos alteram e agridem em maior ou menor grau o ecossistema natural do terreno e que o novo sistema ecológico criado poderá ser agradável ou não, estável ou instável, econômico ou antieconômico, dependendo, em grande parte, do critério com que o urbanista o trata.

Quando se trata de critério de avaliação da qualidade ambiental urbana no Brasil, percebe-se uma grande carência, e uma gama de certificações voltadas para o ambiente construído; o edifício e seu entorno. A Fundação Vanzolini, instituição privada, sem fins lucrativos, criada pelos professores do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, apresentou o primeiro selo de certificação de construções sustentáveis adaptado à realidade brasileira, inspirado no selo francês HQE (Alta Qualidade Ambiental).

O AQUA é o primeiro selo que leva em conta as especificidades do Brasil. Embora avalie 14 itens relacionados à gestão ambiental da obra e as especificidades técnicas e arquitetônicas, ele não é específico do ambiente urbano. São eles eco-construção: relação do edifício com o seu entorno, escolha integrada de produtos e processos construtivos e canteiro de obras com baixo impacto ambiental; gestão: da energia, da água, dos resíduos de uso e operação do edifício e manutenção: permanência do desempenho ambiental; conforto: higrotérmico, acústico, visual e olfativo, e saúde: qualidade sanitária dos ambientes; do ar e da água.

No início de 2008, preocupado com as problemáticas sociais, ambientais e econômicas das áreas urbanas, o LAB-VERDE, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, criou o experimento Selo LABVerde, destinado à avaliação e à certificação ambiental das cidades com ênfase em Localização Sustentável. A aplicação do Selo LABVerde de localização busca identificar as necessidades e as interações entre o desenvolvimento econômico, a qualidade ambiental e a satisfação das necessidades do ser humano. A partir de então, criaram-se diagnósticos e projetos com diretrizes específicas, objetivando colaborar com o fortalecimento da resiliência urbana. Logo, teremos um processo de modificações no qual estão previstas “a redução da exploração de recursos naturais, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais que deverão ser feitas conscientemente para atender as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras”⁴. Para que isso se torne realidade, são necessárias ações conjuntas entre o poder público, a iniciativa privada e o meio acadêmico.

A área de estudo (Figura 1) na qual aplicamos o Selo LABVerde compreende os municípios de Itu, de Salto e de Cabreúva, os quais se desenvolveram às margens do Rio Tietê um importante elemento no desenvolvimento do Estado e na formação de diversos povoados. Apesar de seu elevado grau de poluição, há um importante valor estético e um rico cenário turístico devido à presença da diversidade do patrimônio natural, histórico e cultural, sendo ele o principal elemento paisagístico de ligação entre os municípios.

Cabreúva, o município de menor porte, com 41.643 habitantes (IBGE 2010) e área equivalente à 259,807 km², proporciona uma densidade demográfica de 160,28 hab/km², possui aproximadamente 40% da Serra do Japi, compartilhando com Pirapora do Bom Jesus outros 10% dessa importante vegetação remanescente de planalto do Estado de São Paulo (RAIMUNDO, 2006). Localizada a 78 quilômetros da capital paulista, a cidade é uma opção de turismo ecológico e de

⁴BRUNDTLAND, 1987 – Idem nota 2.

aventura, pois está dentro de uma área de preservação ambiental com muitas cachoeiras, grutas e trilhas.



Figura 1 – Localização da Área de Estudo (Sanches, 2011)

O município de Salto, de médio porte, tem sua população estimada em 105.569 habitantes (IBGE 2010), ocupando uma área de 134,258 km² e densidade demográfica de 786,34 hab/km² (IDH 0,809). O antigo povoado de Salto surgiu de um aldeamento de índios guaianazes localizado na margem do Rio Tietê em 1695. Hoje, a cidade é cortada pelo rio e classificada como estância turística do interior do Estado de São Paulo.

O município de Itu, a cidade de maior porte da pesquisa, com 156.983 habitantes (IBGE 2010) e 639,981 km², densidade demográfica 245,29 hab/km², possui uma arquitetura da época imperial e se caracteriza pelo seu patrimônio histórico, artístico, arqueológico e natural; como a Fábrica de Tecidos São Luiz, fundada em 1869, e primeira indústria a vapor do Estado de São Paulo, as fazendas tombadas da época do café e o centro histórico em meio a um relevo de colinas suaves.

Os municípios de Cabreúva, Salto e Itu, mesmo com suas dimensões territoriais e densidades demográficas bem distintas, fazem parte de um importante circuito turístico regional de Itapararanga Sorocabana – Roteiro dos Bandeirantes. Ele engloba oito cidades paulistas ao longo de um percurso de 180 quilômetros que inicia em Santana do Parnaíba, passa por Pirapora do Bom Jesus, Araçariguama, Cabreúva, Itu, Salto e Porto Feliz até chegar à cidade de Tietê. As cidades do Roteiro fazem parte de um polo de referência histórico-cultural para o Brasil inserido em um projeto maior, denominado Circuito Turístico da Hidrovia Tietê-Paraná, que congrega 86 municípios em 900 quilômetros navegáveis.

Atualmente, as políticas de desenvolvimento do turismo estão associadas à proteção ambiental, à eficiência econômica e à justiça social. Nesse sentido, a responsabilidade socioambiental surge como um grande diferencial para o setor turístico, que, ao promover o turismo sustentável, contribui para o desenvolvimento econômico e socioambiental das comunidades dos municípios em estudo.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é verificar a importância do turismo regional como fator de resiliência urbana nas cidades de Itu, de Cabreúva e de Salto com base na aplicação do selo LABVerde e, também, aprofundar os conceitos e os critérios de avaliação do Selo Verde de localização – LABVerde; verificar as limitações e o desempenho e a eficiência do selo LABVerde; aplicar o selo LABVerde nas cidades de Cabreúva, Itu e Salto para avaliação do seu desempenho; comparar dados e resultados obtidos em cada um dos municípios analisados de acordo com o selo LABVerde e criar diagnósticos de cada município analisado e formular propostas urbanísticas para melhorias sócio-ambientais e econômicas da região.

A aplicação do Selo LABVerde em âmbito urbano, setorial e local nos municípios de Itu, de Cabreúva e de Salto é fornecer dados suficientes para identificar o nível de capacidade

estratégica que essas cidades possuem para se adaptarem frente a contextos de crise e perturbação, contribuindo, desta forma, para uma maior sustentabilidade.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com base em um levantamento iconográfico e cartográfico dos municípios de Itu, de Cabreúva e de Salto, pudemos analisar a bacia do Médio Tietê e sua complexidade, assim como interpretar os processos naturais, como sistemas hídricos, tipos de solo, clima, diversidade paisagística e demais informações geomorfológicas da região; com as imagens de satélites, verificar as áreas de proteção ambientais (APAs) e as unidades de conservação (UCs); com as visitas aos órgãos públicos obter informações sobre os recursos naturais e as atividades sociais, culturais e econômicas regionais; com as entrevistas com moradores dos municípios uma melhor compreensão das necessidades e carências relacionadas às questões ambientais e sociais e, por fim, a aplicação do Selo de localização sustentável – LABVerde (Tabela1).

Tabela 1. Tabela LABVerde – Selo de Localização

	Lista de Créditos	Pontuação
Planejamento e Gestão Ambiental (Escala Regional – 20)	1. Gestão de Bacias baseada em associação de Municípios	2
	2. Conservação dos aquíferos e águas superficiais	2
	3. Preservação e conservação da paisagem e da biota regional	3
	4. Destino, coleta e reciclagem do lixo	3
	5. Geração de Energias renováveis	1
	6. Produção de Alimento “In Locu”	2
	7. Controle da Expansão Urbana	2
	8. Envolvimento comunitário	2
	9. Valorização da Identidade Regional (novo parâmetro)	3
Desenho Ambiental (Escala Urbana – 20 pontos)	1. Re-qualificação de áreas degradadas	2
	2. Locações Preferenciais	2
	3. Criação e Conservação de sistemas de parques e áreas verdes	2
	4. Redes de ciclovias eficientes	2
	5. Habitação, escola e trabalho próximos	2
	6. Proteção á áreas de encostas	2
	7. Manejo de enchentes	2
	8. Projeto do sítio para recuperação, conservação e manejo de habitat e áreas úmidas	2
	9. Valorização da Identidade Urbana (novo parâmetro)	2
	10. Sistema de coleta de esgoto (novo parâmetro)	2
Desenho Ambiental (Escala Setorial – 30 pontos)	1. Desenvolvimento compacto	4
	2. Diversidade de usos	4
	3. Acessibilidade a diversos tipos de moradias	3
	4. Ruas de pedestres	3
	5. Rede viária eficiente com ciclovia	3
	6. Redução da poluição visual	3
	7. Acessibilidade universal	3
	8. Comunidade envolvida	3
	9. Valorização da Identidade do centro histórico (novo parâmetro)	4
Projeto Sustentável (Escala Local – 30 pontos)	1. Eficiência de energia nos edifícios	3
	2. Captação de águas pluviais e redução do uso da água	3
	3. Reuso de edifícios e adaptação de reuso	3
	4. Minimização de distúrbios durante a construção	3
	5. Descontaminação na recuperação de solos degradados	3
	6. Redução da “ilha de calor”	3
	7. Fontes de energias renováveis “in locu”	3
	8. Coleta seletiva do lixo	3
	9. Comunidade envolvida	3
	10. Valorização da identidade do local (novo parâmetro)	3

Os critérios de pontuação do Selo LABVerde se baseiam nos princípios da Agenda 21 e do Protocolo de Kyoto e percorrem várias escalas de atuação, dependendo do projeto em análise. De maneira geral os projetos são vistos por meio de parâmetros das áreas: Planejamento e Gestão Ambiental na escala regional, Desenho Ambiental nas escalas urbana e setorial e Projeto Sustentável na escala local. A certificação é aplicada em quatro níveis: desenvolvimento, eficiência, qualidade e excelência.

A avaliação classifica os projetos da seguinte forma: pontuação de 0 a 34 pontos – reprovado; de 34 a 54 pontos – em desenvolvimento; de 55 a 69 pontos – eficiência; de 70 a 89 pontos – qualidade; e de 90 a 100 pontos – excelência. Os projetos só são aprovados e recebem os Selos LABVerde se atingirem no mínimo 55 pontos.

A partir de uma pré-análise do Selo LABVerde, foram feitas algumas alterações necessárias para melhor compreensão da área de estudo. Na Escala Regional foi acrescentado ao Selo LABVerde o crédito *Identidade Regional*, tendo como finalidade pontuar o aspecto turístico que envolve as três cidades e o próprio Roteiro dos Bandeirantes; na Escala Urbana, a inclusão do crédito *Valorização da Identidade Urbana*, permitindo uma avaliação dos parâmetros relevantes e peculiares de cada cidade; como o patrimônio natural da cidade de Cabreúva, o potencial histórico e artístico de Itu e a cultura local de Salto; e na Escala Setorial, foi incluída a valorização da Identidade do Centro Histórico, que remete à preservação do patrimônio e das raízes da história das cidades brasileiras.

4 ESTUDO DE CASO E RESULTADOS

A área de estudo, configurada pelos municípios de Cabreúva, de Salto e de Itu; é uma região em crescente desenvolvimento socioeconômico, que merece uma avaliação mais aprofundada do seu potencial turístico, que envolve os patrimônios natural, paisagístico, histórico, cultural e religioso regionais.

Os municípios possuem uma pequena distância entre os polos econômicos regionais (100 km de São Paulo e de Campinas e 30 km de Sorocaba) e são interligados pelos principais eixos rodoviários do oeste paulista por onde se realiza a dispersão urbano-industrial da Grande São Paulo em direção ao interior.

O rico potencial histórico da região nos remete ao Roteiro dos Bandeirantes (Antiga Estrada de Itu) e à atual Estrada dos Romeiros, onde existe até hoje a tradição das romarias e procissões de cavaleiros, que também são realizadas a pé, de bicicleta, de carro ou de charrete rumo a Pirapora de Bom Jesus.

O nome “Estrada Parque”⁵, trecho da Estrada dos Romeiros que liga Cabreúva a Itu, criada em 1996 pelo Prefeito Lazaro José Piunti, da Estância Turística de Itu do Estado de São Paulo, já demonstra um forte indicativo do potencial eco-turístico que esta área oferece, estando inserida em uma Área de Proteção Ambiental, nesse caso específico nas APAs Itu - Rio Tietê e Jundiá - Cabreúva. A APA Itu -Rio Tietê é considerada área de preservação ambiental por reunir floresta da Mata Atlântica e formas de vegetação natural, cursos d’água e formações geológicas únicas, compostas por morretes graníticos denominados Matacões, além de edificações de rico valor arquitetônico, histórico, cultural, artístico e turístico.

A aplicação do Selo LABVerde atribuiu às cidades de Cabreúva e Salto, o Selo de Eficiência (selo dourado), e à cidade de Itu, o Selo Qualidade (selo azul) de acordo com a pontuação atingida (Ver tabela 2).

⁵ Estrada Parque – Aprovada pela Lei Ordinária nº 4020/1996 de Itu que cria a Estrada Parque “APA – Itu Rio Tietê” e dá outras providências.

O Município de Itu obteve um ótimo resultado na aplicação do Selo LABVerde – Selo Qualidade com um total de 70 pontos, mostrando assim esforços e preocupações com a realidade econômica e socioambiental do município. Tendo como exemplo a constante participação da secretaria do turismo para fortalecer o potencial histórico, cultural e ambiental da cidade, mas sem grandes investimentos pelos órgãos públicos e privados.

Em entrevista com os moradores, foi retratada a falta de informação em relação às riquezas locais. Seria importante a divulgação do potencial histórico, cultural, turístico e ambiental que o município desfruta em escolas, eventos culturais e na mídia local, e o desenvolvimento de rotas turísticas de diferentes níveis de dificuldade proporcionando lazer para todas as faixas etárias.

A conservação e a criação de parques, como os parques Taboão e Chico Mendes favorecem o turismo local, mas seria de grande valor um projeto em maior escala que integrasse toda a faixa de Proteção Ambiental e Turística existente nas bordas do Rio Tietê, criando um cinturão verde com trilhas de passeio, áreas de mirante e apoio, ciclovias e banheiros ecológicos. Essa iniciativa contribuiria com o desenvolvimento sustentável do município de Itu e da região, impedindo o crescimento desordenado e a invasão de áreas de proteção ambiental.

Itu é uma cidade histórica, mas, até hoje, as edificações realmente tombadas são poucas. Segundo o Condephaat, são 240 imóveis de diferentes tipologias, construídos a partir do século XVIII. Muitas dessas edificações vêm sendo destruídas ou abandonadas por falta de consciência. A população e os governantes precisam se unir e valorizar sua identidade histórica para evitar que esta derrocada tome ainda mais força.

O Município de Salto, classificado com 58,5 pontos (Selo Eficiência) possui grande potencial turístico pela existência do Parque de Lavras, do Parque Rocha Moutonnée e do Parque do Lago, mas seria importante realizar a integração dessas áreas por meio da construção de parques lineares e ciclovias e procurar conectá-los aos municípios de Cabreúva e de Itu margeando o Rio Tietê na tentativa de valorizar o patrimônio natural da região e também o antigo caminho dos Bandeirantes. Estes parques lineares auxiliariam na redução das ilhas de calor e serviriam como locais para a produção de hortas comunitárias, solucionando a ausência da produção de alimentos “in loco”.

A infraestrutura para ampliar o turismo também deve ser fortalecida com a ampliação e a melhoria da rede hoteleira e de restaurantes, do comércio local, além da criação ou do fortalecimento de outros atrativos, como teatros, museus e cinemas, e a procura pela identidade regional, visando marcar de forma determinante a imagem da cidade no Roteiro dos Bandeirantes, buscando desta forma deixar de ser uma “cidade dormitório”, constituindo-se numa cidade que possibilite o desenvolvimento da sua população.

Importante também criar incentivos fiscais para atrair mais empresas de fora da cidade, trazendo mais empregos para a população, maiores possibilidades de incremento do comércio, investimentos na área da educação, preparando, os jovens para as novas opções de trabalho.

O município de Cabreúva classificado com 63,5 pontos (Selo Eficiência) detém um forte potencial turístico pelas suas características naturais. A cidade está 100% inserida na APA de Cabreúva, tornando uma imposição a conscientização ambiental e as iniciativas voltadas à eficiência energética (reuso de água, aproveitamento de energia solar e reciclagem de resíduos).

A criação de uma ciclovia pela APA de Cabreúva seria uma iniciativa interessante, ligando toda a região e potencializando essa modalidade que atrai milhares de adeptos. O reforço da atração turística seria também uma vantagem para alguns setores que sobrevivem desta forma de rendimento, como os tradicionais alambiques que poderiam fazer parte do trajeto da ciclovia ou de outras rotas turísticas locais.

Em Cabreúva, existem diversos hotéis, spas e centros de esporte e aventura, porém voltados a uma elite com potencial econômico elevado. A “democratização” do turismo na cidade e também na região é uma medida essencial a ser tomada para que toda a população – habitantes ou visitantes – possa desfrutar da beleza natural da região.

Tabela 2. Resultado da aplicação do Selo LABVerde na área de Estudo

	Lista de Créditos	Cabreuva	Itu	Salto
Escala Regional	1. Gestão de Bacias baseada em associação de Municípios	1	1	1
	2. Conservação dos aquíferos e águas superficiais	1,5	1,5	1,5
	3. Preservação e conservação da paisagem e da biota regional	2	2	2
	4. Destino, coleta e reciclagem do lixo	1,5	1,5	1,5
	5. Geração de Energias renováveis	0,5	0,5	0,5
	6. Produção de Alimento “In Locu”	1	1	1
	7. Controle da Expansão Urbana	1	1	1
	8. Envolvimento comunitário	1	1	1
	9. Valorização da Identidade Regional (novo)	2	2	2
Escala Urbana	1. Re-qualificação de áreas degradadas	1	1	2
	2. Locações Preferenciais	0	1	1
	3. Criação e Conservação de parques e áreas verdes	2	2	2
	4. Redes de ciclovias eficientes	1	1	0
	5. Habitação, escola e trabalho próximos	2	2	1
	6. Proteção á áreas de encostas	2	2	2
	7. Manejo de enchentes	1	2	1
	8. Projeto do sítio para recuperação, conservação e manejo de habitat e áreas úmidas	1	2	2
	9. Valorização da Identidade Urbana (novo)	1	1	1,5
	10. Sistema de coleta de esgoto (novo)	1,5	2	2
Escala Setorial	1. Desenvolvimento compacto	3	3	1,5
	2. Diversidade de usos	4	4	3
	3. Acessibilidade a diversos tipos de moradias	2	2	2
	4. Ruas de pedestres	1	1	0
	5. Rede viária eficiente com ciclovia	2	1	1
	6. Redução da poluição visual	1	1	2
	7. Acessibilidade universal	1	2	1
	8. Comunidade envolvida	2	2	2,5
	9. Valorização da Identidade do centro histórico (novo)	2	3	2
Escala Local	1. Eficiência de energia nos edifícios	1	2	0,5
	2. Captação de águas pluviais e redução do uso da água	1	2	0,5
	3. Reuso de edifícios e adaptação de reuso	2	2	2
	4. Minimização de distúrbios durante a construção	1,5	2	2
	5. Descontaminação na recuperação de solos degradados	2	1,5	1,5
	6. Redução da “ilha de calor”	3	2	1
	7. Fontes de energias renováveis “in locu”	1	2	0,5
	8. Coleta seletiva do lixo	2	3	3
	9. Comunidade envolvida	3	3	2,5
	10. Valorização da identidade do local (novo)	3	3	2
	Total de créditos	63,5	70	58,5

Apesar da atual existência de iniciativas regionais (ONGs, associações de ciclistas, organizações dos roteiros turísticos, etc.), a criação de um plano diretor conjunto e de redes comunitárias comuns a toda a região seria vital para o sucesso do seu desenvolvimento sustentável.

Um dos principais problemas ambientais e turísticos da região consiste na poluição do Rio Tietê, contaminado por aglomerados de espuma branca resultante de detergentes e produtos químicos das indústrias. Torna-se urgente que o projeto de recuperação acelere a sua intervenção e que a fiscalização nas indústrias e residências poluentes seja eficiente.

Para a região, é determinante a valorização do Roteiro dos Bandeirantes como parte da história brasileira, quer seja por meio da valorização do patrimônio natural, quer seja pela valorização da cultura regional. Para a manutenção e sobrevivência do Roteiro, os municípios devem investir em itens apontados pela avaliação do Selo LabVerde, a fim de se tornarem resilientes e servirem de modelo para outras municipalidades da região.

Em suma, ao final deste trabalho, espera-se que os dados obtidos sejam de grande interesse às comunidades envolvidas, aos órgãos públicos e privados e às entidades acadêmicas, contribuindo com a valorização das potencialidades dos municípios. Acredita-se no interesse dos órgãos públicos em colocar em prática as propostas aqui definidas, que poderão constituir legislações municipais, planos diretores e programas de desenvolvimento ambiental e urbano.

BIBLIOGRAFIA

- Ab' Saber, A. N.** Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- Brundtland, G. H. Our Common Future: The World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press, 1987.
- Carpi J., S. Bases Geográficas para o Estudo do Patrimônio Natural do Vale do Médio Tietê - São Paulo – SP. In Contribuições Geográficas, A. Ubá (MG): Ed. Geographica, 2009.
- Carvalho, R. M. Povoamento da Região de Itu: Índios, Colonizadores e Jesuítas. In: Zequini, A.; Kreidloro, C.; Ferrari, I. (Org.). Panorama Histórico - Geográfico do Vale Médio Tietê: 500 anos de Brasil. Itu (SP): Ottoni Editora, 2000.
- Csiro, A. Research Prospectus for Urban Resilience. A Resilience Alliance Initiative for Transitioning Urban Systems towards Sustainable Futures. Canberra, 2007.
- Colding, J. Ecological Land-use Complementarity for Building Resilience in Urban Ecosystems. Landscape and Urban Planning, 2007.
- Sanches, Deize. 2011. Available online at <http://www.turismo.sp.gov.br>. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Turismo, 2011.
- Fibge, Censo Demográfico de 1991, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991.
- Franco, M. de A. R. Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável. São Paulo: Annablume/EDIFURB, 2ª Ed., 2001.
- Fundação SOS Mata Atlântica. Estrada Parque, Conceito, Experiências e Contribuições. São Paulo: Estúdio Girassol/Esperança Sobral, 2004.
- Herzog, C. Inverde. Instituto de Pesquisas em Infraestrutura Verde e Ecologia Urbana. <http://inverde.wordpress.com/> Acesso em 12/abril/2013.
- IBGE. Censo Demográfico 2010, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.
- Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC). Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, Escala 1:1.000.000. São Paulo, 1981.
- Lei Municipal no. 4020/1996. “APA - ITU RIO TIETÊ – SP 312”, Itu, 1996.
- Mascaró, J. L. e Yoshinaga, M. Infraestrutura Urbana. Porto Alegre: L. Mascaró, J. Mascaró, 2005.
- Morellato, L.P.C. História Natural da Serra do Japi: Ecologia e Preservação de uma Área Florestal no Sudeste do Brasil. Campinas (SP): Editora UNICAMP/FAPESP, 1992.
- Raimundo, S. A Paisagem Natural Remanescente na Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: Perspectiva, v. 20, 2006.

Redman, C. e Jones N. The Environmental, Social and Health Dimensions of Urban Expansion. Population and Environment, 2005.

Sachs, I. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

Sanches. D. S. Avaliação da Qualidade Ambiental no Projeto Urbano: Complexo Riviera de São Lourenço. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2008.

Silva, M. C. V.; Viadana, A. G. A Paisagem de Enclave de Itu-Salto (SP – Brasil) Sob a Ótica da Teoria dos Refúgios Florestais. In: Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005.

Walker, B.; Holling, C.; Carpenter, S. e Kinzig, A. Resilience, Adaptability and Transformability in Social-Ecological Systems. Ecology and Society, 2004.

Parque Linear às Margens de Rios: Elemento de Regeneração Urbana e Apropriação do Espaço Público

Felipe Madio de Oliveira

Graduando da UNIP – Universidade Paulista de São Paulo, Santana de Parnaíba, São Paulo, Brasil.

felipe_madio@yahoo.com.br

Deize Sbarai Sanches Ximenes

Profa. Orientadora da UNIP- Universidade Paulista de São Paulo, Santana de Parnaíba, São Paulo, Brasil.

sanchesarquitectura@uol.com.br

ABSTRACT: This article discusses the need for public spaces with environmental quality in the metropolitan areas of deep valleys; seen the damage caused directly by the lack of concern with the natural drainage of water. The implementation of linear parks along the river bed may help urban renewal and environmental integration, offering new public living spaces. It is relevant to propose planning guidelines and management of urban valleys funds, in so far as it seeks to harmonize human needs through natural processes. The concepts of green infrastructure, linear parks and city living - sustainable, healthy urban space on a human scale - are addressed in the study area; Banks of the Pinheiros River (São Paulo - Brazil); projective providing guidelines for urban renewal and appropriation of public space.

Keywords: Urban Regeneration; Public Spaces.

RESUMO: Este artigo aborda a necessidade de espaços públicos com qualidade ambiental nos fundos de vales de regiões metropolitanas; visto os danos causados diretamente pela falta de preocupação com a drenagem natural das águas. A implantação de parques lineares ao longo do leito de rios pode auxiliar na renovação urbana e na integração socioambiental, oferecendo novos espaços públicos de convívio. Torna-se relevante propor diretrizes de planejamento e gestão de fundos de vales urbanos, na medida em que se busca harmonizar as necessidades humanas com os processos naturais. Os conceitos de infraestrutura verde, parques lineares e cidade viva – espaço urbano sustentável e saudável à escala humana - são abordados na área de estudo; Margens do Rio Pinheiros (São Paulo – Brasil); proporcionando diretrizes projetuais de renovação urbana e apropriação do espaço público.

Palavras-chave: Regeneração Urbana; Espaço Público.

1. INTRODUÇÃO

O ecossistema urbano é um meio ambiente alterado pela ação humana, conectado ao meio natural, onde as intervenções exigem cuidado com os recursos nativos; visto que a consequente modificação do uso do solo – como retirada da vegetação e a impermeabilização do solo – impactam diretamente no ciclo hidrológico, em especial, nos processos naturais de infiltração, armazenagem nos corpos d'água e fluxo fluvial.

Como característica presente na urbanização brasileira, podemos citar a implantação de avenidas nas margens de rios, identificando o canal de escoamento apenas no leito encaixado entre as margens e substituindo a mata ciliar por vias impermeabilizadas; assim, ignorando a área utilizada pelas enchentes periódicas, a qual é denominada popularmente como várzea. Área que exerce um papel fundamental na qualidade ambiental urbana, visto que é crucial na manutenção da biodiversidade, na proteção da qualidade da água, no combate de problemas erosivos, na captura de poeira e gases, além da preservação paisagística e do favorecimento dos escoamentos superficiais.

Considerando as atuais condições dos rios e arroios urbanos, podemos identificar as principais problemáticas que influenciam diretamente na qualidade de vida da população e acarretam grandes prejuízos ambientais e econômicos; além da resposta do poder público às cobranças da comunidade, de subsidiar medidas reparadoras, criando canalizações e retificações de leitos – soluções recorrentes no séc. XX – que na maioria dos casos agravam ou transferem o problema de local e afetam toda a bacia hidrográfica, como: perda da qualidade de água, diminuição da biodiversidade aquática e supressão da vegetação ciliar nos fundos vales.

Outro aspecto importante é com respeito ao chamado “ciclo de contaminação”, que ocorre quando uma cidade, localizada à montante, passa a poluir a cidade à jusante. Este fenômeno se agrava à medida que as cidades crescem e ficam mais próximas, sendo comum em áreas metropolitanas (Friedrich, 2007). De acordo com Meneguetti (2009), as águas contaminadas pelo ambiente urbano são determinantes para a qualidade da rede hídrica que a bacia contém, uma vez que esta poluição interfere, praticamente, na vida de todos os usuários da mesma bacia. Dessa forma, mais importante do que a escala da proposta, é a adoção dos recursos hídricos como elemento estruturador do planejamento e ocupação urbana.

O zoneamento e o uso e ocupação do solo quando pensados a partir da escala da bacia urbana, consegue incorporar mais facilmente medidas de controle ambiental, tendo em vista que cada recurso hídrico possui fragilidades específicas, que requer muitas vezes, diferentes tratamentos urbanísticos.

“Após quinhentos anos de ocupação, urbana e rural em áreas de várzeas, há apenas vinte anos temos uma legislação ambiental restritiva. Esta tardou a acompanhar o pensamento de preservação do meio ambiente e na maioria dos casos incentivou à ocupação de margens de rios e córregos em nome da salubridade. Trata-se de um paradoxo, sabendo que a impermeabilização do solo poderia causar um número maior de enchentes e, conseqüentemente, problemas de saúde para a população”. (Miranda, 2008)

Gonçalves (1998) observa a ineficácia da legislação atual em garantir a preservação destas áreas e ainda afirma que a restrição por parte da legislação gera uma tentativa da iniciativa privada em eliminar qualquer elemento que impeça o aproveitamento máximo da área a ser loteada ou edificada; seja através de canalização, terraplanagem, desmatamento ou aterro. E ainda ressalta ocupações irregulares ou entulhos, quando se refere a espaços públicos.

“A realidade urbana de países como o Brasil combina regulação excessiva e detalhada para o mercado formal imobiliário, que é bastante excludente principalmente pelo descontrole do valor da terra, com total desregulação e abandono da maior parte do solo urbano. Desta forma, áreas públicas de proteção ambiental tornam-se um mercado fértil, dessa clientela excluída, do mercado imobiliário formal, sendo frequentemente invadidas por iniciativa da própria população ou pela ação de especuladores imobiliários, que organizam loteamentos informais. Esse quadro tem potencializado, principalmente nas áreas ambientalmente mais frágeis, riscos de vida humana, condições de vida insalubres e danos materiais e ambientais” (Maricato, 1995).

Devido a sua considerável participação na economia do país, o município de São Paulo desempenhou um papel importante no processo de urbanização de outras cidades do território brasileiro, visto que suas políticas públicas serviram de exemplo.

“Hoje temos plena consciência de que todo desenvolvimento que vise uma economia de curto, médio e longo prazo deverá partir de fatores de equilíbrio ambiental, uma vez que a grande maioria dos desastres da natureza, provocados pelo homem, ocorrem em decorrência da práxis econômica do lucro rápido e fácil, fruto de uma sociedade oposta à natureza, construída por muitas gerações, resultado de uma política urbana, que vem de muitos anos, baseada na construção de pontes, viadutos e piscinões”. (Franco, 1997).

Segundo Lucas (2009), a implantação do Plano de Avenidas tornou-se, na época, durante a administração de Prestes Maia, um sinônimo de modernidade e salubridade, sendo este, um modelo fundamentado na política de eficiência na circulação. Historicamente, a reafirmação da importância destas avenidas de fundo de vale, por seu baixo custo e topografia suave, veio com a implantação do Plano Urbanístico Básico, ocorrido em 1969.

Fato é que, após um crescimento urbano questionável, onde a prioridade cotidiana é dada ao automóvel, o município de São Paulo sofre em diversos aspectos, os quais evidenciam graves consequências, como: impermeabilização do solo, diversos pontos de alagamento, escassez de áreas verdes, ocupações irregulares em áreas de preservação, formações de ilhas de calor, deslizamentos, baixa umidade do ar, altos níveis de ozônio, poluição atmosférica, extinção da fauna e da flora, trânsito, violência, além da baixa qualidade de vida para a população. Vale então, reafirmar que, a pequena importância conferida à topografia, hidrografia, geologia e vegetação, além das intervenções nos cursos das águas, com as canalizações dos rios, apresentam-se como grandes contribuintes para as atuais problemáticas urbanas.

“No Brasil, os rios e arroios urbanos em geral encontram-se insalubres devido ao despejo de resíduos, além de apresentarem problemas de inundações, frutos dos impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico e a drenagem urbana, que faz com que a população enxergue nos rios, o foco do problema”. (Medeiros; Magalhães Júnior, 2009).

Após tomar consciência da magnitude e gravidade da problemática municipal, cabe buscar elementos que revitalizem e solucionem a condição urbana de São Paulo; visto que a questão ambiental tem conseguido ganhar espaço, graças à pressão da população e da sociedade civil organizada. É neste complexo contexto que o Desenho Ambiental e a Infraestrutura Verde sinalizam com idéias e conceitos que, ao reconhecer as potencialidades e as limitações colocadas pelas bases físicas dos territórios, são capazes de conectar pessoas, espaços livres e as naturezas nas cidades, ajudando assim na construção de uma sociedade mais “sustentável”.

Atualmente, cresce o número de iniciativas que buscam a revitalização destas áreas de fundo de vale e planejam um desenvolvimento sustentável em grandes metrópoles; sendo que muitas delas adotam os parques lineares como instrumento de intervenção, visto que estes já são considerados medidas eficazes. Segundo Pereira Leite (2011), a proposição de uma alternativa viável de deslocamento que não negue, mas reduza o impacto ambiental do sistema viário no desenho e planejamento urbano é condição para desonerar áreas atualmente comprometidas com a circulação de veículos e impedidas de desempenhar funções ambientais e sociais. O uso de novos conceitos, bem como a formação de uma infraestrutura verde projetada para a escala humana, viabiliza a apropriação dos espaços públicos e reafirma os elementos integrantes de um planejamento urbano ideal.

A implantação de parques lineares ao longo do leito de rios surge como resposta às problemáticas, tendo como principais objetivos: a criação de um plano de adaptação ao novo cenário climático e a criação de um banco de terras públicas prestadoras de serviços; atendendo as finalidades paisagísticas e ecológicas, assim como, lazer e interatividade. “Para muitos, este conceito é relativamente novo, no entanto, ele já aparece no século XIX, em projetos inovadores em alguns países da Europa, tais como o Plano de Birkenhead Park, de Joseph Paxton, criado em 1843 na Inglaterra, e o Plano para a cidade de Berlim – Alemanha, criado por Lenné entre 1840 e 1850”. (Giordano, 2004)

Segundo Magalhães (1996), o conceito contemporâneo de parque linear tem como objetivo a preservação das estruturas fundamentais da paisagem, penetrando no tecido urbano, assumindo formas e funções cada vez mais urbanas. A maior força deste conceito está em agregar o uso humano em áreas naturais, pois com o modelo de urbanização adotado até então, implicava na dissociação do homem e o meio natural das cidades. A arquitetura deve criar possibilidades para a apropriação dos espaços públicos pelos cidadãos, porém tanto a falta

quanto o excesso de desenho, no sentido da determinação do uso e das permissões estabelecidas pode ser prejudicial. A extrema funcionalidade de um projeto o torna rígido e inflexível, isto é, oferece ao usuário do objeto projetado pouca liberdade para interpretar sua função de acordo com sua vontade.

“A cidade atual necessita de uma dinâmica holística, lidando com três perspectivas inseparáveis: a estética – enfocando os atributos visuais - cronológica e ecossistêmica. Todo este sistema deve trabalhar de forma integrador e complementar, se fazendo necessário um trabalho multi, inter e transdisciplinar”. (Meneguetti, 2009)

“Jardins, parques e espaços públicos deveriam promover o encontro de pessoas e o papel da vegetação deveria ser o de contribuir, como um dos elementos do projeto de paisagismo, para a estruturação de espaços livres com essa finalidade”. (Leite, 2010, p.64)

Seguindo o mesmo raciocínio, Franco (2001) avalia os modelos tradicionais de praças e jardins e conclui que estes já não atendem mais às necessidades da cidade atual, uma vez que existem papéis críticos, como a incorporação de conceitos da ecologia, nos quais estes espaços não foram planejados para desempenhar.

Já Jacobs (2000) afirma que: “Uma das idéias inconvenientes por trás dos projetos é a própria noção de que eles são conjuntos, abstraídos da cidade comum e separados. Pensar em recuperar ou melhorar os projetos como projetos é persistir no mesmo erro. O objetivo deveria ser costurar novamente esse projeto, esse retalho da cidade, na trama urbana – e, ao mesmo tempo, fortalecer toda trama ao redor”.

Com uma percepção inovadora, Gehl (2000) ainda observa que as dimensões humanas foram esquecidas ou tratadas a esmo no planejamento urbano, durante décadas, e ainda afirma: “[...] as forças do mercado e as tendências arquitetônicas afins mudaram seu foco, saindo das inter-relações e espaços comuns da cidade para os edifícios individuais [...]”.

Assim foram considerados os seguintes conceitos:

- O Desenho Ambiental fundamentando-se na necessidade de restabelecer as ligações ecológicas rompidas por ação antrópica, e assim, pensar os ambientes físicos e bióticos como sistemas de inter-relação.
- A Infraestrutura Verde consistindo em redes multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados (inclui ruas e propriedades públicas e privadas), interconectados que reestruturam o mosaico da paisagem; uma rede ecológica que engloba componentes ambientais, sociais e econômicos.
- O Parque Linear caracterizado fundamentalmente como uma intervenção urbanística associada à rede hídrica e por isso com características diferenciadas de um parque convencional.
- O uso e a apropriação dos espaços públicos atribuindo vida, segurança e qualidade às cidades; devendo estimular este contato entre homem e espaço, desfazendo os limites físicos.

Vale ainda ressaltar que o objetivo deste trabalho foi elaborar diretrizes projetuais de um Parque Linear às Margens do Rio Pinheiros, a fim de proporcionar novos espaços públicos de convívio e melhorias de qualidade ambiental, assim como, diagnosticar as necessidades urbanísticas, ambientais e sociais ao longo das margens do Rio Pinheiros; criar estratégias de desenho da paisagem para implantação de novos espaços públicos para o ser humano; aplicar os princípios de infraestrutura verde no desenho da paisagem para se obter qualidade ambiental; analisar a interação do ser humano com os espaços públicos e criar diagnósticos dos três projetos analisados para formular propostas de melhorias socioambientais na área de estudo.

2. MÉTODO

2.1. Estudo comparativo de 3 parques lineares

Foram analisadas três experiências internacionais existentes de parques lineares; sendo a seleção destes projetos baseada na diferença cronológica e geográfica, a fim de compreender a evolução projetual e suas tendências. Um estudo comparativo forneceu as diretrizes projetuais, as quais foram aplicadas na área de estudo.

The Emerald Necklace - conjunto de parques que possui 93.077.698 km², realizado às margens dos afluentes do Rio Charles em 1895. Baseado na hidrografia e áreas verdes do centro de Boston; foi projetado pelo urbanista (landscape designer) Frederick Law Olmsted com o intuito de resolver as questões de infra-estrutura urbana, como drenagem e controle de cheias; além de promover melhoria social, ainda mais no que se refere à expansão das oportunidades de recreação na região metropolitana.

As condições pré-existentes à implantação do atual projeto de parque linear indicavam o declínio das condições naturais da área; através de grandes mudanças ambientais, do uso abusivo dos recursos naturais e urbanos, além da manutenção inadequada e esporádica. O conjunto de parques lineares possui uma infra-estrutura com quadras, campos de baseball, trilhas de caminhada, ciclovias, pontes e edificações históricas, zoológico, banheiros, espaços para piqueniques, estacionamento público, playgrounds, florestas e casa de barcos em harmonia com uma paisagem natural, composta por vegetações e rios; englobando elementos de suma importância para a qualidade regional, tais como os: Back Bay Fens, The Riverway, Olmsted Park, Jamaica Pond, Franklin Park, Arnold Arboretum e os Parkways. Vale destacar as excelentes condições ambientais e sociais da área, uma vez que as parcerias entre o poder público e particulares apóiam e integram uma única zeladoria (Emerald Necklace Conservancy). A participação dos usuários no processo de planejamento do desenvolvimento e de atividades é outra ferramenta que assegura o alto grau de satisfação da população e a eficiência do projeto. Segundo o Plano Diretor do Emerald Necklace Park (2001), pode-se destacar como resultado da avaliação social, que: os usuários gostam do caráter multifuncional do parque, querem aproveitar estes espaços abertos para se sentirem confortáveis e aprovam a conectividade entre as áreas verdes e os cursos d'água. A escala humana aplicada ao projeto urbano é sinônimo de conforto, e por isto, estimula o uso dos espaços com atividades de longa permanência.

The Red Ribbon - parque linear de 20.000 km², localizado no rio Tanghe na margem oriental de Qinhuangda, China, projetado em 2008 pelo escritório Turenscape com o intuito de preservar as condições naturais da área de várzea do Rio Tanghe; além de promover melhoria social, ainda mais no que se refere à expansão das oportunidades de recreação.

As condições pré-existentes à implantação do atual projeto de parque linear indicavam o mau uso do solo, gerado principalmente pela grande expansão do processo de urbanização. Atualmente o local é usado pelas novas comunidades para diversas atividades, incluindo pesca, natação e corrida, contendo uma completa infra-estrutura: ciclovia, faixa para pedestres, jardins de flores, comércio de chás, assentos ao ar livre, orientação e espaços cobertos para atividades de permanência (pavilhões). Vale destacar que o curso inferior do Rio Tanghe é canalizado e a área de intervenção provavelmente iria receber o mesmo tratamento; substituindo as características originais por aterros de concreto e canteiros de flores ornamentais. O projeto deste parque demonstra uma solução de design única e minimalista, alcançando uma melhoria dramática para a paisagem, conservando o máximo da região lindeira; e assim, efetivando a sintonia das necessidades dos moradores da região com processos ecológicos e serviços naturais intactos.

The Luisenstädtischer Canal - parque linear localizado às margens do canal com mesmo nome, com 2.200 km de extensão, que efetivava a ligação entre o Rio Spree e o Canal Landwehr, em Berlim. Foi construído entre 1848 e 1852, sendo projetado pelo urbanista Peter Joseph Lenné

com o intuito de ser um elemento estruturador no desenvolvimento local, bem como desempenhar a função de drenagem urbana (canalizando as inundações do Rio Spree) e viabilizar o transporte fluvial. Surgiu como resultado de uma medida governamental para amenizar a revolta deixada após a Revolução da Batata. Em 1926, o arquiteto Erwin Barth projeta um novo espaço; uma área verde significativa para a cidade, a partir do preenchimento de um corpo hídrico com terra. Mais tarde, teve sua expansão realizada na interligação com parques e praças inserindo uma infra-estrutura composta de playground, lago, jardim, cafés e fonte indiana. Parte do muro de Berlim foi construída no local, que foi revitalizado no pós-guerra devido às gerais condições degradadas do município.

Desde 2007 existe uma discussão sobre como a aprimorar ainda mais a qualidade deste espaço público e renovar os mobiliários urbanos, uma vez que, o Luisenstädtischer Canal é representante significativo da história alemã por mais de 160 anos.

2.2. Estudo comparativo

Quando confrontadas as três iniciativas, percebe-se que o Parque Red Ribbon assume a condição representativa da modernidade e do design minimalista; fazendo uso da tecnologia, incorporando poucos equipamentos e apresentando o desenho mais simples dos casos analisados. Simplicidade esta, assegurada pelo uso integrado de um único elemento que exerce, pela maior parte da extensão territorial do parque, as funções de iluminação, assento e orientação. Este projeto também pode ser considerado o mais naturalista, pois é ele que mais busca evidenciar a diversidade da fauna e flora nativa, e adequar a ação humana ao corredor fluvial natural.

Já o Emerald Necklace, possui a maior complexidade dos parques estudados, pois ambiciona a integração das áreas verdes municipais, a estruturação urbana de Boston e a inserção de equipamentos urbanos em sua grande área. Apesar de ser antecessor ao Red Ribbon, nota-se um conceito projetual urbanístico mais completo, visionário e sistêmico – convergente ao atual conceito de Infraestrutura verde. Em relação ao paisagismo, adota estilo mais colonial e por vezes, evidencia a ação humana sobre a paisagem natural.

Por sua vez, o Luisenstädtischer Canal se apresenta como o projeto mais polêmico, por se tratar de um curso hídrico artificial e ter seu conceito original alterado com o passar dos anos, sendo a ele atribuída grande importância histórica e, assim como o Emerald Necklace, responsabilidade na urbanização local.

A comparação entre os casos explicitou o entendimento da importância do projeto urbano, bem como do respeito às condições naturais do meio; fazendo o uso adequado dos parques e entendendo os impactos urbanos fora do perímetro de intervenção direta.

Também se observou que os diversos aspectos de planejamento garantem a funcionalidade operacional e o registro histórico dos espaços; por isto, entendeu-se que a qualificação do meio urbano pode ser feita a partir de uma nova ótica, em que o ecossistema de rios, córregos, áreas permeáveis, matas ciliares e fundos de vale são valorizados com o uso e ocupação apropriada ao tipo de solo.

Os três projetos visaram soluções para as principais problemáticas urbanas e obtiveram sucesso na recuperação das áreas de várzea. Apesar de suas particularidades, é perceptível a similaridade das diretrizes propostas: a) Preservar ou reestabelecer as condições naturais das áreas; b) Promover a diversidade da fauna e flora nativa; c) Valorizar e preservar a função original do corpo hídrico; d) Oferecer um sistema de drenagem natural; e) Garantir a permeabilização das áreas alagáveis; f) Remover pavimentação, vias ou qualquer tipo de vedado para o solo; g) Implantar meios de lazer e recreação para a população local; h) Ordenar a sinalização, orientação e circulação nestas áreas; i) Implantar equipamentos em escala apropriada – adoção da escala humana.

Tabela 1. Quadro de diretrizes projetuais

	Problemáticas urbanas	Diretrizes
The Emerald Necklace	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobrecarga do sistema viário. 2. Mau funcionamento do sistema de drenagem (pontos de alagamento) 3. Deteriorização de passeios e vias. 4. Estagnação e poluição das águas. 5. Incompatibilidade de áreas com seu uso e ocupação do solo 6. Descontinuidade do sistema de áreas-verdes. 7. Erosão do solo. 8. Corpo hídrico assoreado. 9. Presença de espécies vegetais exóticas. 10. Perda parcial da biodiversidade. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melhorar a qualidade do corpo hídrico, visando seu fluxo, bem como a redução da poluição de águas. 2. Estabilizar as encostas e recondicionar a vegetação ciliar. 3. Restaurar as principais ligações entre os parques urbanos. 4. Diferenciar as vias de circulação entre pedestres, ciclistas e carros. 5. Mitigar os efeitos gerados por veículos automotores e seu tráfego. 6. Controlar e erradicar espécies vegetais exóticas. 7. Atribuir usos múltiplos e expandir o programa de recreação na área municipal. 8. Implantar elementos históricos através de equipamentos e mobiliários urbanos. 9. Facilitar a coordenação e manutenção dos espaços públicos abertos.
Parque Red Ribbon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incompatibilidade das áreas com seu uso e ocupação do solo (depósito de lixo, favelas e instalações de irrigações obsoletas). 2. Insegurança e Inacessibilidade. 3. Desenvolvimento urbano acelerado versus a escassez de áreas livres. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preservar as condições naturais da área de várzea. 2. Estimular a biodiversidade. 3. Atribuir funções lazer. 4. Efetivar um projeto único e diferenciado com baixo impacto ambiental, valorizando principalmente paisagem local.
Luisenstädtischer Canal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Necessidade da drenagem urbana. 2. Desenvolvimento acelerado do município. 3. Situação política instável (pós-revolta da Batata). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar o corpo hídrico, afim de favorecer o transporte fluvial. 2. Implantar um sistema de drenagem para as inundações do Rio Spree. 3. Efetivar o parque como o elemento estruturador para o desenvolvimento urbano de Berlim.

As problemáticas urbanas analisadas envolvem aspectos comuns e evidenciam algumas das principais questões que subsidiam a urbanização (adequada ou não) das áreas de várzea, tais como: ocupação, permeabilidade, densidade, sistemas de drenagem, áreas livres, arborização, escoamento das águas superficiais, aproveitamento das águas pluviais, controle da produção de sedimentos, qualidade e apropriação dos espaços públicos, além da manutenção de equipamentos. Assim, as diretrizes projetuais supracitados são fundamentais para o estudo de caso, oferecendo subsídios para uma metodologia projetual.

2.2. ESTUDO DE CASO

A área de estudo localiza-se no Estado de São Paulo, na zona sul do Município de São Paulo conectando o *Parque Burle Marx* - inaugurado em 1995, por um convênio entre a Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) e a Fundação Aron Birmann e projeto paisagístico de Roberto Burle Marx e o *Parque Alfredo Volpi* – inaugurado na década de 1970 com o intuito de se tornar uma área de preservação ambiental de Mata Atlântica remanescente do Planalto Paulista e projeto paisagístico de Rosa Grena Kliass, com colaboração do arquiteto Carlos Welker e do botânico Helmut Shlik.

A implantação do projeto de Parque Linear está localizada na Sub-bacia Penha-Pinheiros da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, a qual compreende o núcleo central da metrópole e abriga cerca de 46% da população da Bacia. O Rio Pinheiros é o principal elemento estruturador da conexão entre o Parque Burle Marx e o Parque Alfredo Volpi. É um dos mais importantes cursos

de água da cidade de São Paulo, corta o município de sul a sudoeste e é margeado pela via expressa Marginal Pinheiros. Este afluente do Rio Tietê tem um curso bastante particular, uma vez que corre para o interior, ao invés de correr para o mar. Atualmente, encontra-se poluído, principalmente por esgoto doméstico e águas pluviais.



Figura 1. Localização. Figura 2. Área de Intervenção

3. RESULTADOS ALCANÇADOS

Ao aplicar as diretrizes projetuais, tornou-se evidente a importância das funções ambientais e sociais de um parque linear à margem do Rio Pinheiros.

O Rio Pinheiros e os seus afluentes são incapazes de voltar às condições originais, pois o péssimo panorama destes recursos hídricos é marcado pela ausência absoluta de oxigênio dissolvido. Porém, entendeu-se que as novas tecnologias junto à medidas ambientais são capazes de trazer melhorias consideráveis para as condições hídricas, e assim, viabilizar uma nova relação entre o homem e a água.

A valorização e preservação das funções naturais e urbanas do Rio Pinheiros é um elemento fundamental para a manutenção da diversidade genética, orgânica e ecológica municipal, além de principal fator para a regeneração hídrica almejada.

A relação direta entre o ecossistema diversificado e a baixa concentração de poluentes, evidencia que a biodiversidade pode auxiliar consideravelmente na purificação dos recursos naturais locais, aumentando a qualidade de vida regional e restabelecendo o equilíbrio entre os ecossistemas.

A formação de uma infraestrutura verde e a ligação das áreas de lazer - os parques municipais Alfredo Volpi e Burle Marx irá colaborar com a conservação de resquícios de mata ciliar no perímetro da intervenção, que apresentam espécies típicas das condições originais da região (tipo de Mata Atlântica que habita a beira dos rios, áreas alagáveis); árvores como: ingá, copaíba, jacatirão e figueira-brava, além de estimular a presença de espécies da fauna.

A conectividade entre os parques municipais e as áreas verdes do perímetro é suficiente para a criação de uma infra-estrutura verde capaz de mitigar os impactos da atual urbanização local e reestabelecer a permeabilidade de uma parcela considerável da área de várzea do Rio Pinheiros; aumentando as zonas de inundação e viabilizando a vazão mais lenta da água durante as cheias do rio.

Somente a área permeável do parque não supre a necessidade de escoamento superficial local em tormentas críticas, portanto, esta deve ser associada à equipamentos drenantes (elementos com capacidade de reservação), para que assim possa abrandar os pontos e as reincidências de alagamento da área estudada. A reservação deve ser acompanhada do controle de qualidade dos volumes, viabilizando o reuso da água e divergindo do atual modelo adotado.

Além de se apresentar como forte instrumento para a qualificação da relação entre a população e o rio, a proposta deve obter diversidade de usos e atender à carência regional de atividades de lazer, cultura e rotas de locomoção não motorizadas, como ciclovias e caminhos de pedestres.

Entende-se que as vias expressas existentes (marginais) deverão respeitar os limites físicos da área de proteção, podendo ser reduzidas ou relocadas, uma vez que influenciam diretamente no microclima, na poluição e, portanto, na qualidade do espaço urbano local.

Independente à circulação local, o ordenamento do território como um todo se faz essencial para o desenvolvimento do parque linear, uma vez que o planejamento dos elementos gera um espaço mais harmonioso e sustentável. A sinalização também está incluída nesta mesma grandeza.

A utilização da escala humana é um dos principais elementos responsáveis pela sensação de bem estar físico e psicológico. E, por isto, a concepção deste grande parque urbano pode ser estruturada na composição de diversos ambientes menores, que em conjunto formam um todo – assim facilitando o uso da escala correta, aproximando o projeto do usuário e assegurando uso e apropriação do espaço.

No âmbito de gestão do espaço, as ações periódicas de manutenção deverão abranger todos os períodos do ano e serão atribuídas à gestão compartilhada dos espaços implantados, consolidando a continuidade do processo de participação comunitária, que deve ser iniciado na fase de elaboração do projeto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia proposta para a área de intervenção confirmou duas hipóteses iniciais: o fundo de vale encontra-se extremamente degradado - ainda mais no que se refere às questões ambientais - e a potencialidade dos parques lineares é um fator essencial à recuperação desta área.

Portanto, o parque linear às margens do Rio Pinheiros se faz fundamental para um desenvolvimento urbano adequado, pois consegue interferir diretamente no microclima, requalificar a paisagem urbana de uma área significativa do município e auxiliar na melhoria da qualidade das águas, das condições ambientais e sanitárias, além da acessibilidade.

As principais diretrizes a serem observadas são: visão integrada de todos os processos, tendo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e implantação do parque; compreensão da escassez dos recursos naturais; reinstalação das boas condições ambientais; participação popular em todas as etapas de projeto e gestão; medidas para garantir a frequência do parque – multifuncionalidade; formação de uma estrutura verde – conexão de áreas livres, manutenção da biodiversidade e adoção da escala humana.

Assim, espera-se que as diretrizes traçadas auxiliem para uma futura intervenção, de forma a minimizar os impactos ambientais frutos da ação antrópica, acarretando uma melhoria na paisagem e na qualidade de vida da população local e, que o método adotado possa ser replicado para intervenção em outras áreas.

REFERÊNCIAS

Ahern, Jack. *Green Infrastructure for Cities: The Spatial Dimension*. In: *Cities of the Future – Towards Integrated Sustainable Water Landscape Management*, (orgs.) Novotny, V. e Brown, P. IWA Publishing, London, 2007.

Amorim, L. M.; Cordeiro, J.S. Impactos ambientais provocados pela ação antrópica de fundos de vale. In: XXIX Congresso interamericano de Engenharia sanitária e ambiental, Porto Rico, 2004.

Benedict, Mark A.; McMahon T. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Washington, DC; Island Press, 2009.

Braga, R.; Carvalho, P.F.C. Recursos hídricos e planejamento urbano e regional. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – IGCE – UNESP, p.113-127, 2003.

Franco, M. de A. R. *Desenho Ambiental: Uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico*. São Paulo: Annablume: FAPESP, 1997.

Franco, Maria de A. R. *Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável*. São Paulo, Annablume/EDIFURB, 2ªEd., 2001.

Friedrich, Daniela. *O Parque Linear Como Instrumento de Planejamento e Gestão das Áreas de Fundo de Vale Urbanas*. Porto Alegre, RS [s.n.], 2007. n.p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Gehl, Jan; LARS, Gemzoe. *Novos Espaços Urbanos*. Barcelona, Gustavo Gili, 2002.

Gehl, Jan. *Cities for People*. Editora Island Press, 2010.

Giordano, Lucília do Carmo. *Análise de Um Conjunto de Procedimentos Metodológicos Para a Delimitação de Corredores Verdes (greenways) ao Longo de Cursos Fluviais*. Rio Claro, SP: [s.n.], 2004. 162p. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista.

Gonçalves, F. M. *O Desenho da Paisagem: a relação entre os padrões de urbanização e o suporte físico*. São Paulo, 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU/USP.

Jacobs, Jane. *Morte e Vida de Grandes Cidades*. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2000.

Leite, Maria AngelaFaggin Pereira. *Uma narrativa da paisagem*. Paisagem e Ambiente, v. 28, p. SÁNCHEZ, Luis Enrique. *Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo, Oficina de Textos, 2008.

Lucas, Renata Paula. *O código florestal em meio urbano: implicações da aplicação da lei nº7.803/89 na regularização de assentamentos irregulares em grandes cidades*. São Paulo, 2009, 160 p. Dissertação (Mestrado na área de Hábitat – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

Magalhães, M. R. *Morfologia da Paisagem*. Lisboa, 1996. Tese (doutorado) – Instituto Superior de Agronomia – ISA , Universidade Técnica de Lisboa.

Maricato, E. *O urbanismo na periferia do capitalismo: desenvolvimento da desigualdade e contravenção sistemática*. In: Gonçalves, M.F. *O novo Brasil Urbano*. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1995.

Medeiros, I. H. de; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. *Ressignificação de rios urbanos em grandes metrópoles: Limites entre o ideal e o possível*. In: XIII SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA APLICADA, 2009. Viçosa. Anais. Viçosa: UFV, 2009.

Meneguetti, K. S. *Cidade Jardim, Cidade Sustentável. A Estrutura Ecológica Urbana e a Cidade de Maringá*. Maringá: EDUEM, 2009.

Miranda, Anaiza Helena Malhardes. *APP em área urbana consolidada*. In: IRIB boletim eletrônico. São Paulo, ano VIII, 23 de janeiro de 2008. Disponível em: <http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/app_em_area_urbana_consolidada.pdf> Acesso em 26/4/2012.

Ribeiro, L.; Barão, T. *Greenways for recreation and maintenance of landscape quality: five case studies in Portugal*. Landscape and Urban Planning, Holanda, v. 76, n1- 4, p. 79 - 97, 2006.

Walmsley, T.; et al. *The Emerald Necklace Parks Master Plan*. Boston, 1989.

Wickham, J.D.; Riiters, K.; H. Wade, T.G.; Vogt, P.A *national assessment of green infrastructure and change for the conterminous United States using morphological image processing*. Landscape and Urban Planning, v.94, p. 186-195, 2010.

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/denkmal/denkmalpflege_vor_ort/de/luisenstaedtkanal/index.shtml> Acesso em 30/4/2014.

<<http://www.turenscape.com/english/projects/project.php?id=336>> Acesso em 30/04/2014.

Redesenho da garrafa tipo PET para utilização na construção civil

José Renato Dibo

Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, São Carlos, São Paulo, Brasil
josedibo@sc.usp.br

Pedro Henrique Silva Mattia

Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, São Carlos, São Paulo, Brasil
pedro.mattia@usp.br

ABSTRACT: This research explains the proposal of a redesign of bottle type PET, without changing the manufacturing process neither the quantity of material required for such manufacture, but changing its form. Adapting the product to be used, for example, as construction material. This new bottle suits the needs of assembly by adding and fitting, forming a modular piece with structural principles, which enable the creation of similar to masonry structures. It has a thread (male) at the top and another threaded (female) at the bottom, which fit vertically. This technique allows a simple and practical construction that can be performed by anyone, because does not require skilled labor and has a low cost. With this new design, the bottle can be applied in the construction of house walls, among other possibilities.

Keywords: PET bottles, Redesign, Construction

RESUMO: Esta pesquisa tem como objetivo principal redesenhar a forma da garrafa tipo PET, sem que isto altere o processo de fabricação nem a quantidade do material necessário para tal confecção, portanto alterando sua forma e o adaptando para ser utilizado, por exemplo, como material na construção civil. Essa nova garrafa adapta-se às necessidades de montagem por adição e encaixe, conformando uma peça modular com princípios estruturais, que possibilitará a criação de estruturas similares às de alvenaria. Ela possui uma rosca (macho) na parte superior e outra rosca (fêmea) na parte inferior, que permite o encaixe das peças no sentido vertical. Esta técnica possibilitará que a construção seja muito simples e prática, de forma que qualquer pessoa possa executar, sem a necessidade de mão-de-obra especializada e tem um custo acessível. A partir deste novo desenho, a garrafa poderá ser aplicada na construção de paredes para residências dentre outras possibilidades.

Palavras-chave: Garrafas tipo PET, Redesenho, Construção Civil

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais o consumo dos “plásticos” tem ocupado um espaço maior no mundo contemporâneo, isso se deve pelas suas propriedades como sua leveza, razoável resistência mecânica e facilidade de processamento aliada ao seu baixo preço (Mancini et al. 1998). O polietileno tereftalato (PET), que foi produzido por meio de resinas derivadas do petróleo, e desenvolvido pelos ingleses Whinfield e Dickison em 1946 e utilizado primeiramente na indústria têxtil. A segunda grande guerra (1939 -1945) a prejudicou o seu abastecimento de fibras, como o algodão, linho, lã dentre outras; desta maneira as pesquisas para a produção do poliéster em larga escala foram incentivadas (Romão et al. 2009).

Atualmente o PET é um dos termoplásticos mais produzidos no mundo, chegando à espantosa produção de $2,4 \times 10^{10}$ Kg no final da década de 1990. As aplicações do PET são: fibras têxteis (67%), embalagens processadas por injeção-sopro (24%), filmes biorientados (5%) e polímeros

de engenharia (4%). O sucesso deste material deve-se à sua excelente relação entre as propriedades mecânicas, térmicas e o custo de produção (MacDonald 2002).

No panorama brasileiro, a reciclagem de embalagens de PET atingiu 331 mil toneladas em 2012, avanço de 12,6% sobre as 294 mil toneladas recicladas no ano anterior. Portanto, o Brasil atingiu um índice de reciclagem de 58,9%, segundo o site do Diário comércio indústria & serviço (dci). Historicamente o PET chegou ao Brasil em 1988 e também foi utilizado na indústria têxtil, porém somente em 1993, passou a ter uma forte expressão no mercado de embalagens.

O presente trabalho tem a função de demonstrar uma nova aplicação da garrafa PET, alterando apenas seu desenho, que poderá gerar dezenas de aplicações, por exemplo, a sua utilização na construção civil como unidade estrutural de casas emergenciais. Alterando pequenos detalhes no modelo já existente no mercado, cria-se um novo método construtivo, fazendo o reuso de materiais que são um grande problema para o meio ambiente devido a sua incapacidade de decompor-se.

2 A NOVA TECNOLOGIA

2.1 Garrafa PET no Brasil

No Brasil, a PlantBottle™, são garrafas pet produzidas a partir de um blend que utiliza derivados do petróleo e até 30% de materiais obtidos de fontes renováveis (Sawicki, 2014). Estas garrafas começaram a ser comercializada em abril de 2010, inicialmente em embalagens de coca cola em algumas capitais brasileiras.

O mercado de garrafas PETs no Brasil é relativamente recente, aproximadamente de 20 anos, porém este tipo de embalagem conquistou o mercado devido, dentre outros motivos, a seu baixo custo de produção. Porém o seu impacto no meio ambiente já se faz presente, historicamente, 90% do consumo de PET no Brasil são destinados a embalagens de bebidas e alimentos. Em 2011 esse montante chegou a 515 Ktons, segundo a ABIPET (Associação Brasileira da Indústria da PET).

Na figura 01 pode-se verificar o consumo de PET no Brasil, estimando os valores na Copa do Mundo e Olimpíadas (2014 e 2015). A partir destes dados, torná-se preocupante o grande aumento do consumo deste material, principalmente potencializado pelos grandes eventos internacionais sediados no Brasil. Desta maneira a possibilidade de alterar a forma da garrafa PET, com o objetivo de seu reaproveitamento na construção civil, permitindo uma nova alternativa para o uso do material.



Figura 1- Consumo de garrafa PET no Brasil. Fonte: ABIPET

2.2 O novo Formato da garrafa

A pesquisa apresenta o redesenho da garrafa tipo PET, porém sem alterar o processo de fabricação e nem a quantidade de matéria prima necessária para sua confecção, apenas

modificando a sua forma. Essa ideia tem como objetivo reduzir o impacto ambiental gerado pelo descarte do material, transformando-a em um novo elemento construtivo.

Essa pequena mudança no design da garrafa possibilita que a construção seja muito mais simples e prática, de forma que qualquer pessoa possa executar tal função. A garrafa possui uma rosca “Fêmea” na parte inferior, com isso, uma peça é capaz de se encaixar na outra de maneira firme, permitindo que a própria garrafa se transforme em um elemento construtivo. (Figs 2 a-c).

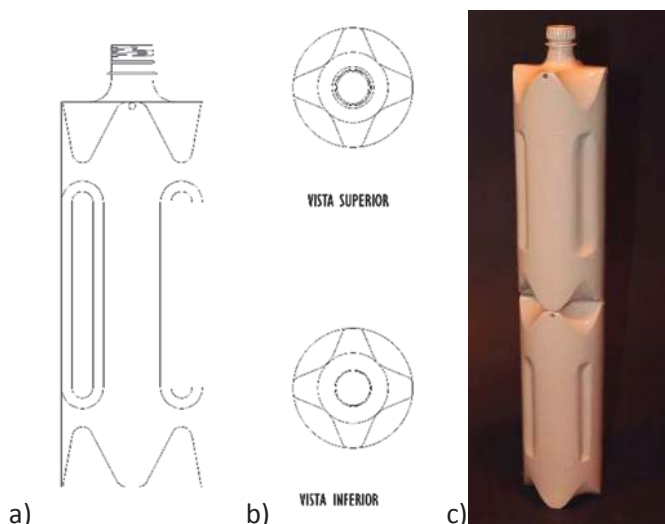


Figura 2. a) desenho do novo formato da garrafa. b) vista inferior e superior da nova garrafa. c) Protótipo produzido com PVC.

O novo desenho permite a montagem por adição e encaixe, fazendo a garrafa ser um módulo com princípios estruturais, que, através da repetição, possibilitará a criação de estruturas similares às de alvenaria. A simetria da garrafa permite o rearranjo, atendendo a necessidade do desenho tipológico. A parte inferior e superior da garrafa projetada é plana, para que possua maior contato com a outra peça, aumentando a resistência da estrutura, além de promover um encaixe tanto nas garrafas pertencentes às linhas laterais como na linha superior.

Para o melhor travamento da parede, as garrafas possuem uma marcação na lateral de maneira que as mesmas sejam furadas e permita a colocação de um vergalhão, como será descrito a seguir no processo de montagem. Para as aberturas das portas e janelas, os espaços são formados pela interrupção das fileiras de garrafas até a dimensão desejada, São inúmeras maneiras para se instalar as esquadrias, parafusando diretamente na garrafa ou utilizando uma espuma de poliuretano.

A cobertura também pode ser construída utilizando essa mesma tecnologia. É importante ressaltar que para a instalação hidráulica e elétrica não será necessário quebrar as paredes, as tubulações podem passar entre as garrafas enfileiradas, ou no interior das próprias garrafas, sendo assim um processo de fácil de instalação.

Uma estratégia recomendada é preencher as garrafas com areia ou terra, antes de organizá-las, para aumentar a inércia térmica que, dependendo do clima local, pode melhorar o conforto térmico na construção. Já uma parede construída com as PETs vazias desempenhará um papel de isolamento térmico, o que também é útil em determinados climas.

A garrafa cheia de terra, não necessita de vedação, pois o próprio encaixe da garrafa evita que a parede possua frestas, ou seja, ficaria totalmente isolada. Caso seja necessária uma vedação pode-se usar silicone entre as garrafas, ou até mesmo massa de calafetar. Também é possível rebocar a parede, para isso utiliza-se uma tela de arame de maneira a fixar a argamassa que cobrirá a estrutura.

Vale ressaltar que em um teste de compressão realizado no Laboratório de Construção Civil do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, a garrafa PET comum resistiu a 43 Kgf/cm², fazendo apenas um suporte para adequá-la a prensa. Um tijolo de Barro queimado suporta em média 50 Kgf/cm² e um tijolo furado suporta 25 Kgf/cm².

3 ETAPAS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA CASA POPULAR UTILIZANDO A NOVA GARRAFA TIPO PET

3.1 Preparação das garrafas, fundação e paredes

Para a preparação das garrafas, primeiramente são preenchidas com terra, areia de fundição, solo-cimento ou outro resíduo de construção. Para preencher as garrafas, coloca-se o material seco e posteriormente ele é umedecido quando estiver dentro da garrafa, compactando o material com um rolete.

Para a fundação, abre-se uma canaleta no chão com aproximadamente 2/3 da altura da garrafa e com o dobro do diâmetro da mesma (Fig. 03-a). Coloca-se uma garrafa ao lado da outra dentro da canaleta, alinhando-as com as pontas no mesmo sentido, interrompendo apenas nas aberturas das portas (Fig. 03-c). Terminado a primeira fileira, completa-se a canaleta com terra compactada ou concreto (Fig. 03-b).

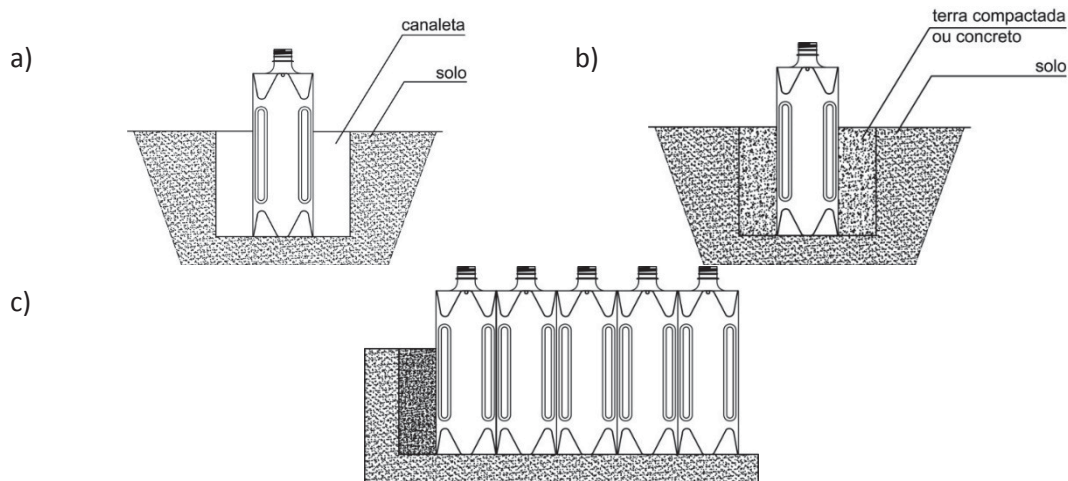


Figura 3 –a) Vista Transversal da fundação b) Vista Transversal da fundação completada com a Terra compactada ou o concreto c) Vista Longitudinal da fundação

Inicia-se a segunda fileira, rosqueando a garrafa sob a garrafa parcialmente enterrada e procedendo da mesma forma nas fileiras seguintes, fazendo assim surgir às paredes do edifício. Ao atingir a terceira fileira, passa-se o vergalhão para travar a parede (Fig. 04-a), isto no caso das paredes sem abertura de portas e janelas.

Nas paredes com abertura, recomenda-se passar o vergalhão nas fileiras logo abaixo e logo acima das aberturas das janelas, no caso das portas passa-se o vergalhão na fileira de garrafas acima da abertura. Na parte superior da garrafa existe um rebaixo que indica o local do furo com aproximadamente 5 mm (Fig. 04-b).

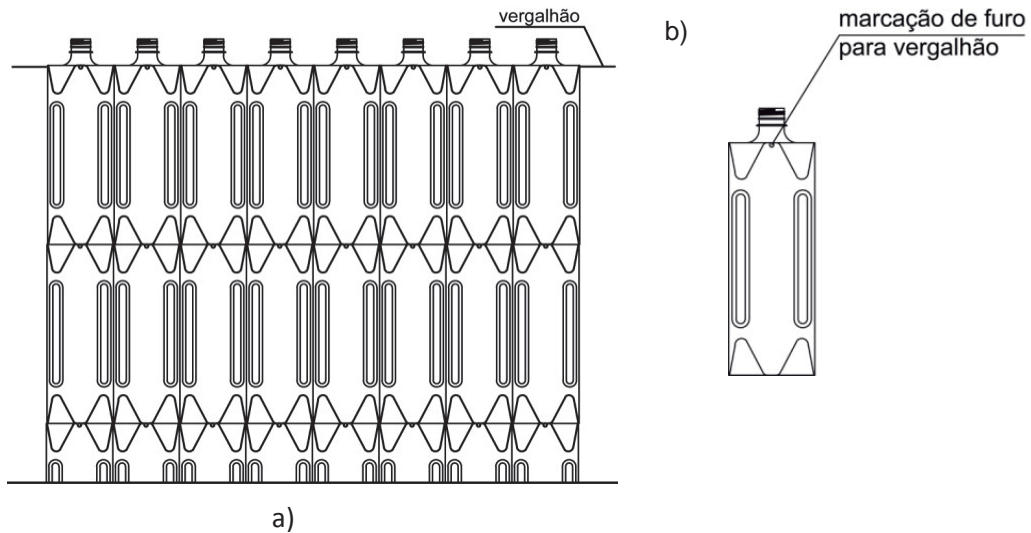


Figura 4. a) Construção da Parede passando o vergalhão na terceira fileira b) Indicação do local onde se deve fazer o furo para passar o vergalhão.

3.2 Abertura de portas e janelas e vedação

Para as aberturas de portas e janelas, os espaços são formados pela interrupção das fileiras de garrafas até chegar à dimensão desejada (Fig. 05). Ao atingir a altura desejada, colam-se as tampas no caso de paredes retas.

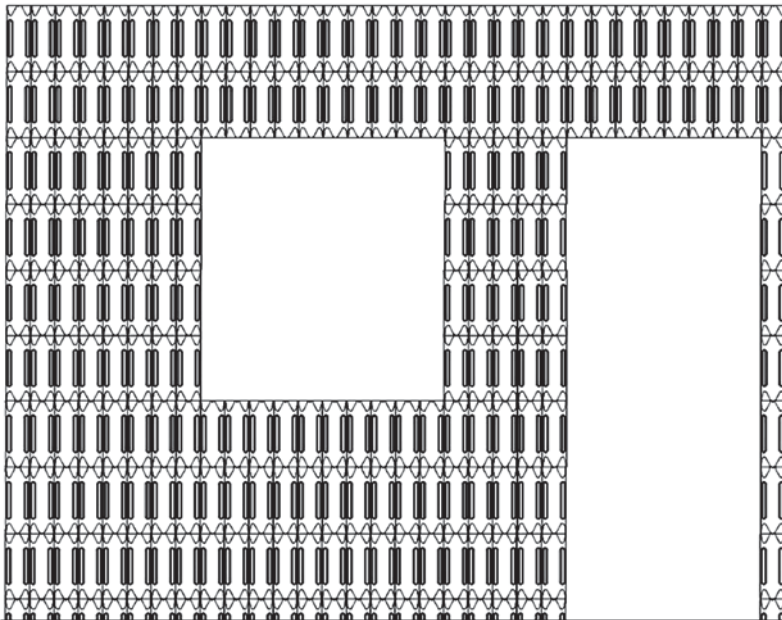


Figura 5. Parede construída com destaque para as aberturas de portas e janelas

Nas paredes com inclinação da cobertura recomenda-se cortar as garrafas de acordo com a inclinação indicada (Fig. 6-a) e completá-las com argamassa de cimento (Fig. 6-b).

As garrafas cheias de terra, não precisam de vedação, pois os encaixes entre elas preenchem toda área da parede impedindo a passagem de luz. Caso não seja necessário rebocar a parede, recomenda-se vedar contra a umidade utilizando silicone ou massa de calafetar (Fig. 07-a).

Para rebocar coloca-se uma tela de viveiro nas duas faces da parede e unindo-as através de um arame unindo a cada duas garrafas (Fig. 7-b) e posteriormente passa-se o reboco (Fig. 8).

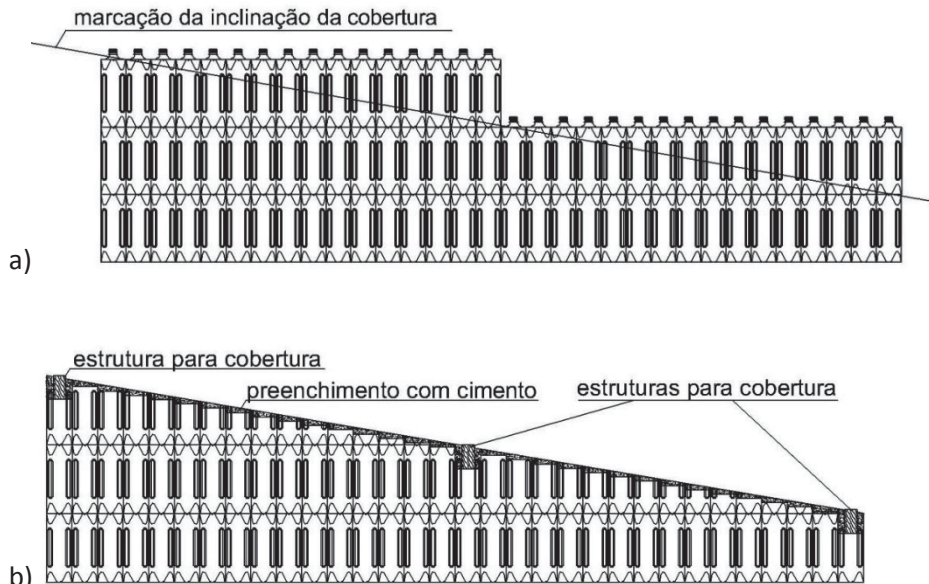


Figura 6. a) Inclinação da cobertura. b) Acabamento no topo da parede.

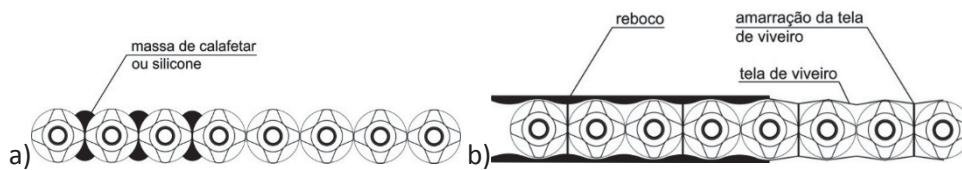


Figura 7. a) Utilização da massa de calafetar ou silicone para a vedação b) Como rebocar a parede

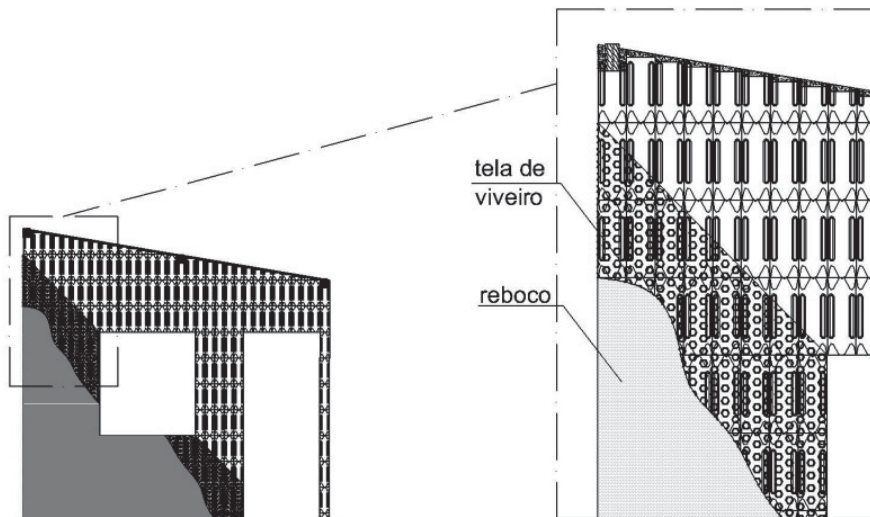


Figura 8. Método para rebocar as paredes.

3.3 Batentes de portas e janelas, e instalações hidráulicas e elétricas

Existem duas possibilidades de fixação de batentes de portas e janelas, a primeira a partir da utilização de pinos e pregos para travar. Na parte lateral, faz-se um furo no topo inferior da base do batente e um furo no piso colocando-se um pino, encaixa-se o batente no furo e na parte superior parafusa-se ao fundo da garrafa (Fig. 09).

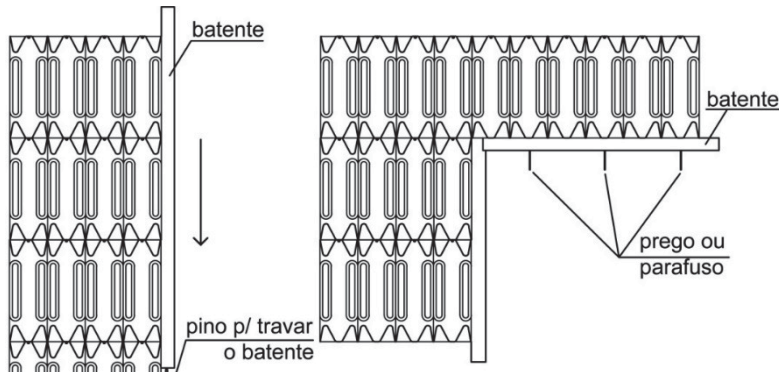


Figura 09 – Fixação de batentes de portas e janelas utilizando pinos e pregos.

A outra possibilidade é a assentar o batente e vedar com espuma expansiva (adesivo de poliuretano) (Fig. 10).

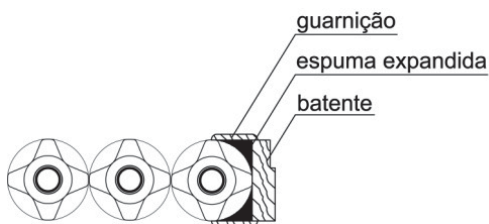


Figura 10. Outra forma de fixação de Batentes através de espuma de poliuretano.

Para instalação elétrica e hidráulica corta-se o fundo da rosca inferior, passa-se o conduíte ou tubulação de água, seguindo a mesma sequência, até chegar ao topo da parede (Fig. 11).

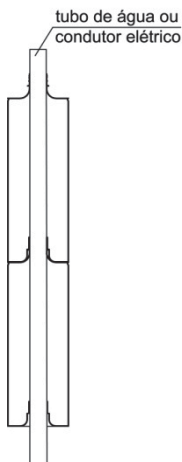


Figura 11. Colocação da parte elétrica e hidráulica.

4 CONCLUSÕES

Pretendemos criar uma tecnologia limpa e de fácil manejo, onde qualquer pessoa pode construir sua moradia a um custo baixo, utilizando um resíduo como matéria. A simples alteração no desenho da garrafa permite criar um novo método construtivo, que tem como suas principais características, a praticidade e baixíssimo custo de produção. E ainda, utiliza-se um resíduo para construção que permite reduzir o impacto ambiental que hoje é causado pelo descarte inadequado garrafa PET.

A presente tecnologia permitirá que a construção de casas seja realizada em tempo muito menor que o habitual. Com possibilidade de utilização em casos emergenciais, como por exemplo, em tragédias naturais. O mais importante nesse novo método construtivo é que se

utiliza um resíduo para ser o cerne de uma construção, praticamente sem fazer alterações significativas no design das garrafas PET já presentes no mercado.

Além de que a alteração proposta não altera o processo de fabricação da garrafa e nem a quantidade de material utilizado em sua confecção, tornando-a viável do ponto de vista econômico nos processos de fabricação.

REFERÊNCIAS

Mancini, S. D; Bezerra, M. N.& Zanin, M. 1998. Reciclagem de PET Advindo de Garrafas de Refrigerante Pós-Consumo. Polímeros: Ciência e Tecnologia (Abr/Jun – 98): 68-75.

Romão, W.; Et. Al.. 2009. Poli(Tereftalato de Etileno), PET: Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem. Polímeros: Ciência e Tecnologia (vol. 19, nº 2): 121-132.

Carranço, T.. Brasil conseguiu reciclar 59% das embalagens PET em 2012. Disponível em <<http://www.dci.com.br/industria/brasil--conseguiu-reciclar--59-das-embalagens-pet-em-2012-id352860.html>>; Acesso 01 Out. 2014.

MacDonald, W. A. 2002. New advances in poly(ethylene terephthalate) polymerization and degradation. Polymer International (Vol.51), 923-930.

ABIPET, Associação Brasileira Da Indústria Do Pet, Panorama_2013, Disponível em <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=36>; Acesso 01 Out. 2014.

ABIPET, Associação Brasileira Da Indústria Do Pet, 9º CENSO da Reciclagem de PET – Brasil O Ano 2012, Disponível em <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=36>; Acesso 01 Out. 2014.

Cordeiro, A. S.; Silveira, W. J. C. Aplicabilidade do desenho universal como parâmetro projetual para habitações de interesse social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC, 2004.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. 2005.

Industrial Biotechnology. December 2011, 7(6): 406-410.

Frigione, M.; 2010; Recycling of PET bottles as fine aggregate in concrete; Waste Management (Volume 30, Issue 6): 1101–1106

Mampuestos producidos con residuos del desmote del algodón

Hugo Javier Muñoz

Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina

javi7_ls@hotmail.com

Joao Ferreyra

CECOVI, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina

joaoferreyra7@gmail.com

Carlos Antonio Defagot

CECOVI, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina

cdefagot@frsf.utn.edu.ar

Rubén Marcos Grether

CECOVI, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina

rubengrether@yahoo.com.ar

Ariel Anselmo González

Departamento Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina

aagonzal@frsf.utn.edu.ar

María Fernanda Carrasco

CECOVI, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina

mcarrasc@frsf.utn.edu.ar

ABSTRACT: In Argentina, in recent years, were produced approximately 1,000,000 t / year of 1,000,000 tons of bulk cotton, leaving behind more than 300,000 t (approx. 1,195,000 m³) of lignocellulosic waste ("cotton gin waste"), without any intended destination and which final disposition is under the responsibility of these cotton gin installations. The need to dispose this waste effectively appears as an alternative for the production of building elements using simple and inexpensive technologies, low energy requirement, and reduced demand for skilled labor force. In the present paper there are presented some experiences of residue agglomeration, using calcic binders to produce masonry blocks applying variable conformation pressures and percentages of binder. The results of density, thermal conductivity and compressive strength, show the possibility of production of lightweight masonry blocks, with adequate insulation, that can be applied by means of traditional construction methods. Compatibility between these blocks and traditional adhesives and mortars is also evaluated.

Keywords: cotton gin trash, cement, composites, masonry, housing.

RESUMEN: En Argentina se produjeron, en los últimos años, aproximadamente 1.000.000 t/año de algodón en bruto, que generan alrededor de 300.000 t (aprox. 1.195.000 m³) de residuos lignocelulósicos ("cascarilla de algodón"), sin destino previsto cuya disposición final es responsabilidad de las plantas desmotadoras. La necesidad de disponer efectivamente estos residuos, plantea como alternativa la elaboración de elementos constructivos utilizando tecnologías simples y de bajo costo, mínimo requerimiento energético, y reducida demanda de calificación de la mano de obra. Se presentan experiencias de aglomeración del residuo mediante ligantes cálcicos para producir mampuestos, con presiones de conformación y porcentajes de aglomerante variables. Los resultados de densidad, conductividad térmica y resistencia a compresión, muestran la posibilidad de obtener bloques livianos, con buena capacidad de aislamiento térmico, aplicables mediante técnicas tradicionales de construcción

de viviendas. Se evalúa también la compatibilidad de los bloques producidos con adhesivos y morteros de junta tradicionales.

Palabras clave: residuo desmote de algodón, cemento, compuestos, mampostería, vivienda.

1 INTRODUCCIÓN

Según el Comité Consultivo Internacional del Algodón (ICAC, 2012), en la campaña 2012/2013 se produjeron en el mundo 25.1 millones de toneladas de algodón. Entre los mayores productores mundiales se registraron, en esa campaña, China con 6.42 millones de toneladas, India con 5.43 millones de toneladas, EEUU con 3.73 millones de toneladas, Pakistan con 2.1 millones de toneladas y Australia con 1.07 millones de toneladas.

En Argentina se alcanzaron aprox. 1.000.000 t de algodón en bruto en las últimas campañas, dejando atrás 300.000 t (aprox. 1.195.000 m³) de residuos denominados “cascarilla” (30 a 40 %) constituidos por fibrilla, cárpelos, materias extrañas, etc., sin destino previsto y debido al incremento de la cosecha mecánica que mejora la rentabilidad del cultivo, se produce mayor cantidad de residuo de desmote (Minagri, 2014).

En muchos casos se opta por calcinar esta cascarilla y, dado que muchas desmotadoras se encuentran en el radio urbano, originan serios problemas de polución, malestares y posibilidad de afección respiratoria (IOMC, 2005; El Liberal, 2009). El acopio a cielo abierto de estos residuos requiere que las desmotadoras dispongan de terrenos de grandes dimensiones afectados a este fin y de equipamiento para su movimiento, al mismo tiempo que las expone a riesgos de incendios accidentales y proliferación de alimañas.

Simultáneamente, el censo poblacional de 2001 indicaba un déficit de 200 mil viviendas en la provincia de Santa Fe, pero se sabe que estos números son mucho mayores en la realidad ya que debe sumarse la consideración de los asentamientos irregulares (Diario UNO, 2010).

En los resultados del censo 2010 (INDEC, 2010) se indica que en Argentina existe un 17.5 % del total de las viviendas que cuenta cerramientos exteriores no adecuados o incompletos, pudiéndose identificar entre ellos mampostería de ladrillo, piedra, bloque u hormigón sin revoque, estructuras de madera, chapas de metal o fibrocemento, chorizo, cartón, palma, paja sola o material de desecho. No obstante, en la región de producción algodonera se puede apreciar que estos porcentajes se elevan hasta el 25.3 % para la provincia de Corrientes, 29.1 % para la provincia de Santiago del Estero, 31.6 % para la provincia de Chaco y 33.8 % para la provincia de Formosa.

Estas situaciones difieren de las recomendaciones para la construcción de viviendas que indican la necesidad de emplear materiales aislantes que reduzcan la transmisión de calor a través de las cubiertas livianas, así como la posibilidad de condensación superficial. Aún en viviendas construidas con muros de ladrillos cerámicos se observa que, con excepción de los planes implementados por organismos oficiales y en aquellas obras donde interviene un profesional matriculado, en la mayoría de los casos la envolvente se realiza con un espesor de 0,15 m. Este espesor resulta insuficiente para lograr adecuadas condiciones de aislamiento higrótico, ya que en estas zonas se requieren muros de 0,30 m de espesor revocados en ambas caras; según la norma IRAM 11605 (IRAM, 1996).

El desarrollo de elementos constructivos que empleen los residuos de desmote del algodón, permitiría atacar, simultáneamente, la problemática ambiental de este sector agroindustrial y la necesidad de responder con nuevas tecnologías de reducido costo y rápida ejecución al déficit habitacional existente en la región. No obstante, si bien en trabajos anteriores (Piccioni, 2013a) se estableció la posibilidad de emplear estos aglomerados como bloques para la construcción de mampostería, resulta necesario analizar su comportamiento higrótico de modo de contribuir al confort de las viviendas y la factibilidad de aplicarlos mediante técnicas

tradicionales de construcción.

En el presente trabajo se evalúa en primera instancia la experiencia en producción de mampuestos con residuos de algodón; luego en forma comparativa el comportamiento de mampostería elaborada con residuos del desmote del algodón, mampostería de ladrillos cerámicos comunes y mampostería de bloques de hormigón celular curado en autoclave. Para cada una de estas tipologías constructivas se analiza la transmitancia térmica (K) y el riesgo de condensación superficial e intersticial; y por último una serie de ensayos de adherencia de bloques a través de morteros de unión.

2 DESARROLLO

2.1 Los metodos de estabilización y producción

Los materiales utilizados en el presente estudio fueron los residuos desmotadora de algodón (CA) y cemento portland (para uso general según la norma argentina IRAM 50000 (IRAM, 2010), Tipo I, según la norma ASTM C150 (ASTM, 2012)), identificado como C. Además, se utilizó cloruro de calcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) como un aditivo industrial para acelerar el proceso de hidratación. Los residuos de desmotadora de algodón (CA) se utilizaron en tres condiciones diferentes: en su estado natural (sin tratar), con tratamiento de 72 h por inmersión en una solución de 6,6 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en agua y la solución de relación/CA igual a 40 (identificadas como tratado T) y se trató durante 72 h por inmersión en una solución de 6,6 % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en agua y la solución/CA relación de igual a 20 (identificada como X tratada).

En un trabajo previo (Piccioni, 2013b) se realizaron pruebas en aglomerados constituidos de residuos desmotadora de algodón sin tratar, relación agua / residuos de algodón de 1,3, la relación de cemento / agua de 1,1 a 1,5, presión de moldeo de 0,01 a 0,15 MPa, y la adición de 1 % en peso de cemento de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ usado como un aditivo acelerante. Los resultados de la prueba, analizada por medio de un plan experimental (Montgomery, 1996), en la que las variables principales fueron presión de moldeo y la relación de agua / cemento, mostraron que pueden producir elementos de construcción, presentando una densidad de la masa estabilizada (IRAM 9705 (IRAM, 2001)) variable entre 350 y 830 kg/m^3 , coeficiente de conductividad térmica que utilizando el método de Less y Chorlton (Miretti, 1985) entre 0,16 a 0,26 $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ y resistencia a la compresión (IRAM 9541 (IRAM, 1965)) hasta 1,37 MPa. Este análisis mostró también que la presión de moldeo y el efecto del tratamiento químico del residuo fueron las variables de mayor influencia sobre la resistencia.

En virtud de ello se estableció un plan experimental para evaluar la posibilidad de moldear bloques prismáticos de mampostería no portante y para analizar la influencia de la presión de moldeo. Se estudiaron los dosajes que se indican en la Tabla 1. Para los bloques de residuos de algodón las propiedades evaluadas fueron la densidad en la estabilización de masa, resistencia a la compresión y coeficiente de conductividad térmica utilizando el método de Less y Chorlton. Teniendo en cuenta estos resultados de conductividad térmica, se efectuaron los cálculos de transmitancia térmica según las especificaciones de la norma IRAM 11601 (IRAM, 2002). Puesto que es un material no convencional, no existe una normativa específica para el ensayo de tales bloques que son menos rígidos que los tradicionales de hormigón o ladrillos cerámicos comunes. Por esta razón, se adoptó el valor de carga correspondiente a una deformación del 10% de la altura original de los bloques para calcular resistencia a la compresión. En todos los casos, los resultados corresponden a la media de tres pruebas y se muestran en la Tabla 2.

Los resultados obtenidos muestran que el incremento en el contenido de cemento provoca un incremento en la densidad y en la resistencia a compresión de los aglomerados. Se puede observar que el incremento en densidad muestra un comportamiento similar entre los distintos

tipos de residuos (no tratado, tratado X y tratado T), no obstante, la variación en la resistencia a compresión resulta diferente para el residuo no tratado y aquellos tratados (T o X).

Tabla 1. Dosajes estudiados

Dosaje	Tipo de residuo	Razón W/CA (g/g)	Razón C/W (g/g)	Razón $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}/\text{C}$ (g/g)	Presión de moldeo (MPa)
I	No tratado	1.3	1.30	0.01	0.15
I	Tratado T	1.3	1.30	0.01	0.15
I	Tratado X	1.3	1.30	0.01	0.15
L	No tratado	1.3	1.30	0.01	0.24
L	Tratado T	1.3	1.30	0.01	0.24
L	Tratado X	1.3	1.30	0.01	0.24
M	No tratado	1.3	1.30	0.01	0.32
M	Tratado T	1.3	1.30	0.01	0.32
M	Tratado X	1.3	1.30	0.01	0.32
N	No tratado	1.3	1.30	0.01	0.40
N	Tratado T	1.3	1.30	0.01	0.40
N	Tratado X	1.3	1.30	0.01	0.40

Tabla 2. Resultados obtenidos

Dosaje	Tipo de residuo	Contenido de cemento (kg/m^3)	Densidad (kg/m^3)	Resistencia a compresión (MPa)	Conductividad térmica ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{K}$)
I	No tratado	363	726	1.03	0.133
I	Tratado T	412	734	1.41	0.123
I	Tratado X	379	749	1.17	0.137
L	No tratado	400	801	1.01	----
L	Tratado T	432	826	2.02	----
L	Tratado X	422	818	1.94	----
M	No tratado	444	827	1.31	----
M	Tratado T	475	886	2.44	----
M	Tratado X	431	890	2.20	----
N	No tratado	468	852	1.55	0.132
N	Tratado T	491	897	2.65	0.138
N	Tratado X	466	923	2.56	0.108

Asimismo, se puede observar que a medida que se incrementa la presión de moldeo, se incrementan tanto la densidad como la resistencia a compresión de los aglomerados. La densidad no muestra diferencias significativas entre los residuos tratados y no tratados. Por otra parte se puede observar que, para cualquier nivel de presión de moldeo empleada, la resistencia a compresión resulta mayor para los residuos tratados que para el residuo no tratado. Para la presión de moldeo de 0.40 MPa se alcanza la resistencia a compresión requerida para bloques de mampostería no portantes de 2.50 MPa (IRAM, 1997).

La variación en la resistencia a compresión de los aglomerados debida a la mineralización de la cascarilla puede atribuirse principalmente a una mejora en el proceso de hidratación del cemento posibilitada por la minimización de los efectos inhibitorios de la materia orgánica y una mejora en las características de la zona interfacial pasta de cemento – cascarilla (Neville, 1998) (Peschard, 2004).

2.2 La Aislación Térmica

Se evaluó para las diferentes dosificaciones la conductividad térmica de los aglomerados. Los valores presentados en la Tabla 2 muestran que la conductividad térmica varía entre 0.108 y 0.138 $\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{K}$, lo que puede ser considerado un nivel bajo de conductividad e indica la posibilidad

de emplear estos aglomerados como un elemento de mejoras en el aislamiento térmico de viviendas.

Tomando en cuenta la clasificación bioambiental de nuestro país establecida en la norma IRAM IRAM 11.603 (IRAM, 2012), se establecen los valores límites de transmitancia térmica correspondientes a las condiciones de verano e invierno para muros envolventes en las zonas bioambientales Ia y Ib que corresponden a la región algodонера (IRAM, 1996)(Tabla 3).

Tabla 3: Transmitancias térmicas máximas admisibles para zona bioambiental I ($W/m^2 K$)

Condición	Nivel de confort		
	A - Recomendado	B - Medio	C - Mínimo
Verano	0.45	1.10	1.80
Invierno	0.38	1.00	1.85

A fin de establecer el nivel de desempeño de los muros construidos con bloques de cascarilla de 13 cm de espesor, se compara la transmitancia térmica (IRAM, 2002) y el riesgo de condensación superficial e intersticial (IRAM, 2000) con respecto a muros de ladrillos cerámicos comunes de 15 y 30 cm de espesor y de bloques de hormigón celular curado en autoclave de 15 cm de espesor. En todos los casos se consideran revocos en ambas caras de acuerdo a lo recomendado por los fabricantes o por las técnicas habituales de construcción, tal como se indica en las figuras 1 a) a d). En las figuras 1 a) a d), las capas consideradas en la constitución de los muros son: 1) revoque fino exterior de 0.003 m de espesor que consiste en un mortero calcáreo; 2) revoque grueso exterior de 0.0.15 m que consiste en un mortero calcáreo reforzado con cemento; 3) azotado hidrófugo de 0.006 m que consiste en un mortero cementíceo con hidrófugo; 4) mampostería de ladrillos cerámicos comunes; 5) mampostería de bloques de cascarilla; 6) mampostería de bloques de hormigón celular curado en autoclave; 7) revoque grueso interior de 0.0.15 m que consiste en un mortero calcáreo reforzado con cemento; 8) revoque fino interior de 0.003 m de espesor que consiste en un mortero calcáreo y 9) pintura látex interior.

Los valores de conductividad térmica y de permeabilidad al vapor de agua fueron adoptados de acuerdo a lo indicado en la norma IRAM 11.601 (IRAM, 2002), a excepción de los bloques de mampostería de cascarilla para los cuales se realizaron determinaciones experimentales (Piccioni, 2013a) obteniendo valores de conductividad térmica de $0.138 W/m^{\circ}K$ y los bloques de hormigón celular curado en autoclave (HCCA) para los cuales se adopta el valor de $0.120 W/m^{\circ}K$ publicado por el fabricante.

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos en los cálculos de transmitancia térmica para las estructuras y materiales considerados y se comparan con los requisitos establecidos por los entes de control y la normativa para las zonas bioambientales Ia y Ib. Puede observarse, a partir de los resultados indicados en la Tabla 4, que la mampostería de ladrillos comunes de 15 cm de espesor no es capaz de brindar una resistencia térmica adecuada por lo cual no alcanza a cumplir las exigencias establecidas para el mínimo nivel de confort ambiental. En el caso de incrementar el espesor hasta 30 cm, puede alcanzarse el nivel de confort C solamente para la situación de verano. Contrariamente, se observa que para la mampostería de bloques de hormigón celular curado en autoclave y de bloques de cascarilla, se cumple con las exigencias establecidas para los niveles C y B de la norma IRAM 11605.

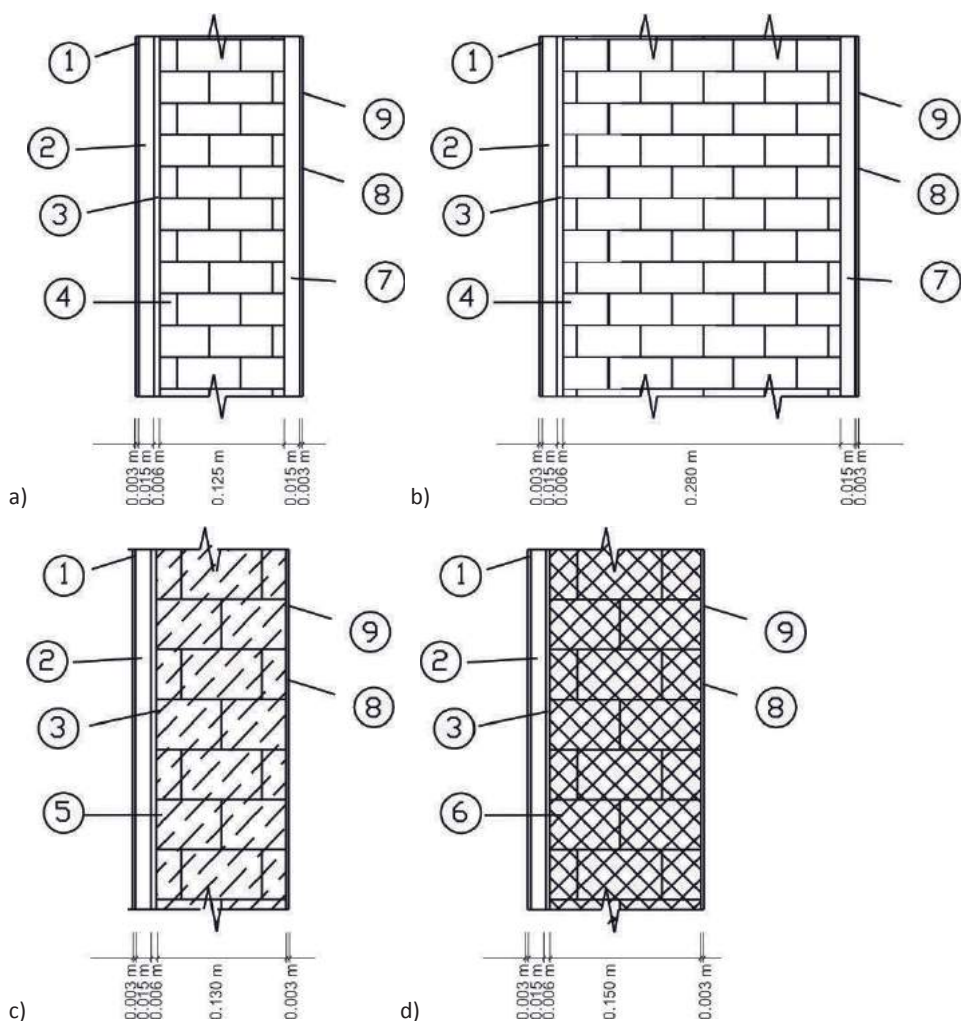


Figura 1: a) mampostería de ladrillos cerámicos comunes de 15 cm de espesor; b) mampostería de ladrillos cerámicos comunes de 30 cm de espesor; c) mampostería de bloques de cascarilla de 13 cm de espesor; d) mampostería de bloques de hormigón celular curado en autoclave de 15 cm de espesor.

Tabla 4: Transmitancias térmicas calculadas ($W/m^2 \cdot K$)

Estructura	Transmitancia máx. calculada ($W/m^2 \cdot K$)	Cumple Nivel C?		Cumple Nivel B?		Cumple Nivel A?	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Mamp. de ladrillos comunes 15 cm	2.743	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Mamp. de ladrillos comunes 30 cm	1.799	NO	SI	NO	NO	NO	NO
Mamp. de bloques HCCA 15 cm	0.693	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Mamp. de bloques casquilla 13 cm	0.853	SI	SI	SI	SI	NO	NO

Por otra parte, la verificación de condensación se realiza para determinar el riesgo de producción de condensación superficial (se produce sobre la superficie interna de la pared o techo cuando la temperatura de dicha superficie es menor que la temperatura de rocío del recinto) o condensación intersticial (se produce en el interior de las capas del muro –intersticios- o techo, debido a la disminución de su temperatura por debajo del punto de rocío). La temperatura de rocío o punto de rocío, que es aquella temperatura por debajo de la cual se produce condensación para una determinada presión de vapor de agua en el ambiente o en el interior de la pared o techo. En consecuencia, la verificación consiste en determinar las temperaturas en

la superficie y en el interior del muro y compararlas con las temperaturas de rocío en los mismos lugares. Para efectuar estos cálculos se deben establecer como parámetros: la temperatura exterior de diseño (según IRAM 11603 (IRAM, 2012)), humedad relativa exterior, temperatura interior de diseño, humedad relativa interior de diseño, la resistencia térmica superficial, los valores de permeabilidad o permeancia de los materiales, la conductividad térmica de estos materiales y los espesores considerados.

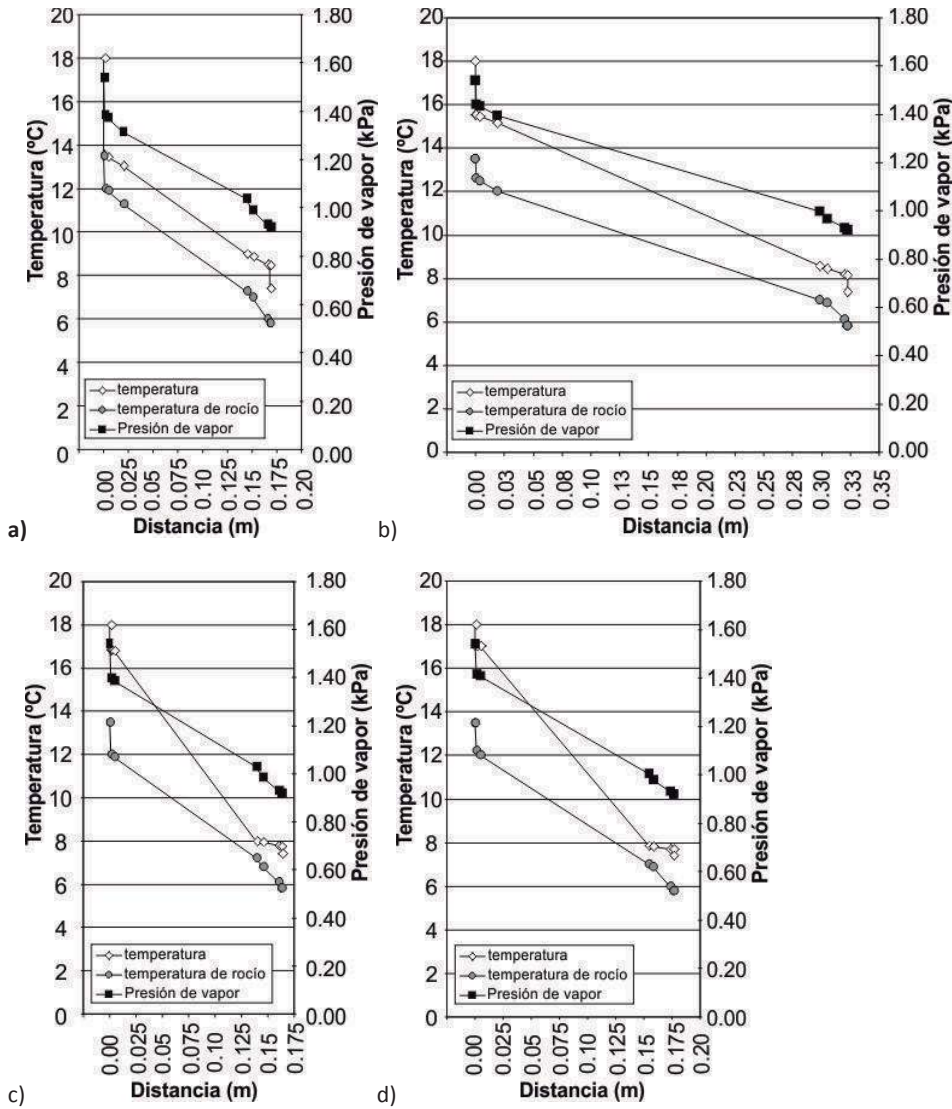


Figura 2: variación de la presión de vapor, temperatura de punto de rocío y temperatura en el muro correspondiente a: a) mampostería de ladrillos cerámicos comunes de 15 cm de espesor; b) mampostería de ladrillos cerámicos comunes de 30 cm de espesor; c) mampostería de bloques de cascarilla de 13 cm de espesor; d) mampostería de bloques de hormigón celular curado en autoclave de 15 cm de espesor.

En las figuras 2 a) a d) se muestra la variación, para las distintas capas constituyentes de los muros, de la presión de vapor, la temperatura de rocío y la temperatura del muro. Puede observarse que cuando la temperatura del muro resulte menor o igual que la temperatura de rocío, se producirá condensación. En la figura 2 a), puede observarse que para los muros de ladrillos cerámicos comunes de 15 cm de espesor se verifica la producción de condensación superficial en la estación fría. La mampostería de ladrillos comunes de 30 cm de espesor y los muros de bloques de hormigón celular curado en autoclave y de bloques de cascarilla no presentan riesgo de condensación.

2.3 La adherencia de los morteros de unión

Debido a que se trata de mampuestos no convencionales, resulta necesario evaluar el comportamiento de diferentes materiales de junta que permitan realizar la adhesión de estos elementos. Dado que no existe un ensayo aplicable directamente a estos materiales, se adoptó una metodología similar a la establecida en la norma IRAM 12592 (IRAM, 1986) para evaluar la adherencia entre el material de junta y los bloques de cascarilla. Esta metodología consiste en preparar probetas constituidas por mitades de bloques prismáticos que son adheridos entre si como se indica en la Figura 3, para luego aplicar la carga de ensayo sobre la cara superior del bloque más elevado.

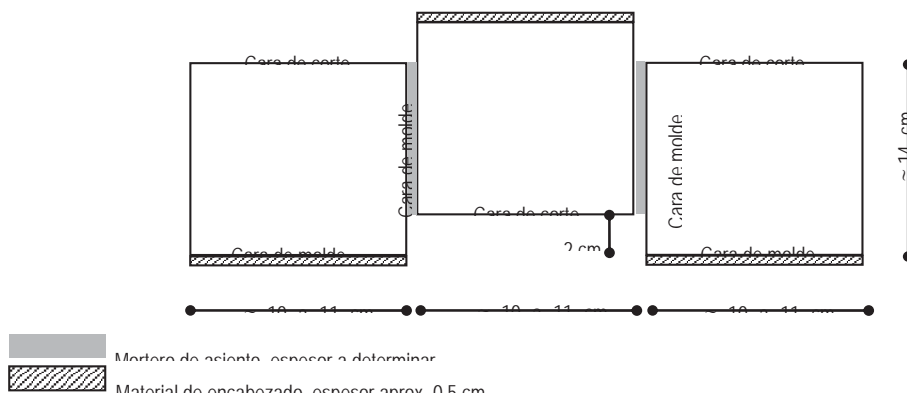


Figura 3: Diseño de probetas para ensayo de adherencia de material de junta.

Se evaluaron 3 tipos de material de junta: A) Premezcla apta como mortero de asiento para bloques de hormigón, ladrillos cerámicos y ladrillos comunes a base de cemento gris o cemento blanco, arenas de río de granulometría clasificada, cal y aditivos químicos, B) un adhesivo para la colocación de pisos y revestimientos de media y alta absorción en interiores y exteriores económico, sobre soportes tradicionales a base de cemento, arenas de granulometría seleccionada, resinas sintéticas y aditivos especiales y C) un pegamento multiuso flexible impermeable a base de cemento gris, arenas de río de granulometría clasificada, polímero en polvo y aditivos químicos. Los resultados de los ensayos se muestran en la tabla 5 y corresponden al promedio de 2 pruebas.

En el caso del mortero de asiento tipo A, no fue posible realizar el ensayo debido a que la adherencia entre en mortero y los bloques resultó tan baja que se producía la falla al manipularlos. A diferencia de este, en el caso de los pegamentos B y C que se comercializan para la colocación de revestimientos mostraron un comportamiento satisfactorio, que puede atribuirse a una mayor flexibilidad de estas mezclas. Resulta importante mencionar que en el caso del pegamento B la rotura se produjo en forma mixta, tanto en el bloque como en el material de junta, mientras que para las probetas confeccionadas con la mezcla C la rotura se produjo en el bloque sin registrarse fallas en la junta.

Tabla 5: Adherencia del material de junta a los bloques de cascarilla

	Material de junta empleado		
	A	B	C
Adherencia (MPa)	0.000	0.152	0.262

3 CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, hasta el presente estado de avance de la investigación, se puede concluir que:

- es posible conformar elementos constructivos a partir de la aglomeración del residuo

del desmote de algodón con el cemento portland, con propiedades físicas y tecnológicas adecuadas, empleando una tecnología sencilla.

- seleccionando adecuadamente los morteros de unión se pueden adherir elementos con forma de bloques realizados con residuos de desmote, para construir muros.
- la incorporación de elementos elaborados con residuos de desmote de algodón permite mejorar el comportamiento térmico de cerramientos verticales en viviendas sin necesidad de recurrir a materiales de elevado costo y eliminar el riesgo de condensación superficial e intersticial sin necesidad de incrementar el espesor de muros habitualmente empleados. Aplicando estos materiales se alcanza una reducción en la transmitancia térmica del 70 % con respecto a muros de ladrillos cerámicos comunes de 15 cm de espesor que constituyen la alternativa constructiva más difundida.
- la solución tecnológica propuesta resulta de baja complejidad y reducido costo de producción e instalación, y por lo tanto, adecuada para su aplicación en viviendas económicas; el empleo de residuos de desmote en la producción de elementos constructivos podría contribuir a paliar la problemática ambiental de este sector agroindustrial y el déficit habitacional de esta región, a la vez que podría generar alternativas laborales para la población del noreste argentino.

4 AGRADECIMIENTOS

La concreción de este trabajo fue posible gracias a la colaboración de la desmotadora de algodón ACRIBA S.A. de Villa Minetti (Santa Fe – Argentina) y al financiamiento de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

REFERENCIAS

American Society for Testing and Materials (ASTM). 2012. ASTM C150/C150M-12 Standard Specification for Portland Cement.

Comité Consultivo Internacional del Algodón (ICAC). 2012. ALGODON : Revista de la Situación Mundial, 65 (5): 2.

Diario El Liberal. 2009. “Sin humo en la planta aldonera.” Publicación del 25-06-2009.

Diario UNO. 2010. “Unas 200 mil familias en déficit habitacional”. Publicación del 26-04-2010.

Dirección de Información Agropecuaria y Forestal del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MISAGRI). 2014. Datos del Informe Semanal al 31/07/14 de Estimaciones Agrícolas.

Instituto Argentino de Normalización (IRAM). 1996. IRAM 11605 Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.

Instituto Argentino de Normalización (IRAM). 1965. IRAM 9541 Maderas. Método de ensayo de compresión axial de maderas de densidad aparente mayor de 0,5 g/cm³.

Instituto Argentino de Normalización (IRAM). 2010. IRAM 50000 Cemento. Cemento para uso general. Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción.

Instituto Argentino de Normalización (IRAM). 2001. IRAM 9705 Tableros derivados de la madera. Determinación de la densidad.

Instituto Argentino de Normalización (IRAM). 2002. IRAM 11.601 Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario

Instituto Argentino de Normalización (IRAM). 1997. IRAM 11.561-2 Bloques no portantes de hormigón. Requisitos.

Instituto Argentino de Normalización (IRAM). 2012. IRAM 11.603 Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.

Instituto Argentino de Normalización (IRAM). 1986. IRAM 12.592 Ladrillos y bloques cerámicos para muros. Método de ensayo de adherencia.

Instituto Argentino de Normalización (IRAM). 2000. IRAM 11625 Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). 2010. "Cuadro V3. Total de país. Viviendas particulares por material predominante de los pisos, según material predominante de la cubierta exterior del techo y presencia de cielorraso. Año 2010" disponible Online en: http://www.censo2010.indec.gov.ar/resultadosdefinitivos_totalpais.asp (acceso: 01-05-14).

Miretti, R. E.; Citroni, J.A. & De Paula, H.A.. 1985. *Diseño y puesta a punto de un equipo para determinar la conductividad térmica de un material por el método de Lees y Chorlton*. Santa Fe: CIT.

Montgomery, D. C. & Runger, G. C. 1996. *Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería*. México DF: Mc Graw Hill.

Neville, A.M. & Brooks, G. C. 1998. *Tecnología del Concreto*. México DF: Trillas.

Peschard, A.; Govin, A.; Grosseau, P.; Guilhot, B. & Guyonnet, R. 2004. Effect of polysaccharides on the hydration of cement paste at early ages. *Cement Concrete Comp.* 34: 2153-2158.

Piccioni, J.; Muñoz, H. J.; Sanchez, M. A.; Defagot, C. A.; Grether, R. M. & M.F. Carrasco. 2013a. Masonry blocks produced from cotton gin trash. In *13er Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales (SAM CONAMET 2013) y Simposio Internacional sobre materiales lignocelulósicos, Asociación Argentina de Materiales (2013)*, Puerto Iguazú, 20-23 Agosto 2013. Argentina.

Piccioni, J.; Muñoz, H.J.; Sanchez, A.; Gordo, J. P.; González, A. & Carrasco, M. F.. 2013b. Composites based on cotton gin waste and cement for housing construction. In *14th International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies (14thNOCMAT 2013)*, João Pessoa, Paraíba, 24-27 Marzo 2013. Brasil.

Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable – INTER-ORGANIZATION PROGRAMME FOR THE SOUND MANAGEMENT OF CHEMICALS (IOMC). 2005. "Emisiones de dioxinas y furanos por quema incontrolada de biomasa". Web: <http://www.chem.unep.ch/POPs/pdf/cpf/Informe%20Biomasa.pdf>

Análise de custo de concretos asfálticos produzidos com agregado reciclado de concreto

Adriana Lobo

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil
verchai.adriana@gmail.com

Janaína Motter

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil
janamotter@hotmail.com

Leonardo F. R. Miranda

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil
lfrmiranda@ig.com.br

ABSTRACT: It is proposed as a method that allows the application of the material in other solutions, the replacement of natural aggregate with recycled concrete aggregate (RCA) in hot mix asphalt concrete (HMA) pavements to be applied in medium and low volume roads. This paper analyzes the different production costs of ten mixtures in Brazil. The optimum bitumen content were defined by the Marshall Mix design, complemented with the RICE test. The result of cost analysis indicates that HMA suffered costs additions of between 11.76% and 19.73% compared to the reference mixture when replacing the natural coarse aggregate from recycled, and 3.22% to 7.99% when it replaces the fine aggregate. These values are more favorable than those found in the bibliographic review.

Keywords: recycling, recycled concrete aggregate, paving, Marshall Mix design, cost analysis

RESUMO: Propõe-se, como método que permita a aplicação do material em outras soluções, a substituição do agregado natural por agregado reciclado de concreto (ARC) no concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) a ser aplicado em pavimentos de médio e baixo volumes de tráfego. Esse trabalho analisa os custos de produção no Brasil de dez diferentes de misturas. Os teores ótimos de ligante de cada mistura foram definidos através da dosagem Marshall e do ensaio RICE. O resultado da análise de custos do CBUQ realizada indica que, em relação à mistura referência, o custo sofre acréscimos de 11.76% a 19.73%, quando se substitui o agregado graúdo natural por reciclado, e de 3.22% a 7.99% quando se substitui o agregado miúdo.

Palavras-chave: reciclagem, agregado reciclado de concreto, pavimentação, dosagem Marshall, análise de custo

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a reciclagem na construção civil pode gerar inúmeros benefícios, como a redução no consumo de recursos naturais não renováveis, a redução de áreas necessárias para aterro e a redução da poluição gerada pelo entulho e de suas consequências negativas ao ambiente, além da preservação das reservas naturais de matéria-prima.

Porém, a quantidade de ARC gerados ainda supera o uso desse material nas práticas já consolidadas, incluindo a utilização em bases e sub-bases de pavimentos. Assim, verifica-se a necessidade de ampliar a possibilidade de utilização dos ARC, como, por exemplo, na camada de concreto asfáltico, CBUQ. As pesquisas neste tipo de utilização são recentes e não foi encontrada na bibliográfica aplicação de pista-teste com utilização desse material, tão pouco normas que especifiquem os requisitos técnicos para que os ARC sejam aproveitados no CBUQ.

Os estudos encontrados sobre a aplicação de ARC em CBUQ foram os realizados na Austrália, por Paranavithana & Mohajerani (2006), no Brasil, por Guimarães & Ribeiro (2005), por Ron et al. (2008), por Silva (2009) e por Marinho (2011), na Singapura por Zulkati et al. (2013), na China, por Chen et al. (2011) e por Zhu et al. (2011), na Espanha, por Pérez et al. (2011), nos EUA, por Mills-Beale & You (2010), no Irã, por Arabani & Azarhoosh (2012) e em Singapura, por Wong et al. (2007). Os resultados obtidos até o momento pelos pesquisadores são encorajadores e indicam viabilidade técnica dessa utilização. Na Tabela 1 verificam-se as variações de algumas propriedades analisadas observadas pelos autores dessas pesquisas, em relação às misturas de referência estudadas e na Tabela 2, os teores de ligante obtidos em algumas das pesquisas citadas para a mistura de referência e para misturas de CBUQ com ARC.

Tabela 1: Variações das propriedades de CBUQ com agregado natural substituído por ARC

Varição Verificada	Estabilidade Marshall	Fluência Marshall	Densidade aparente	Vazios do agregado mineral	Volume de vazios	Vazios com betume
Aumentou	4	1	0	1	5	0
Semelhante	2	4	0	2	3	1
Reduziu	1	2	3	4	0	5

Tabela 2: Teores de ligante

Pesquisador	Marinho (2011)	Arabani & Azarhoosh (2012)	Guimarães & Ribeiro (2005)	Paranavithana & Mohajerani (2006)	Ron et al. (2008)	Silva (2009)	Wong et al. (2007)
Mistura de referência	5%	5,1%	-	5% a 6%	5,7%	-	5,3%
Misturas com ARC	5%	5,6% a 6,5%	6,5% a 9%	5,1% a 6,5%	7,6%	9,0% a 11,5%	5,3% a 7%

Das pesquisas verificadas, foi possível observar que a única que apresentou um cálculo para o custo de CBUQ com agregado natural substituído por ARC é o trabalho de Guimarães & Ribeiro (2005), que verificaram que CBUQ realizado com o ARC, apesar de ser tecnicamente viável, era cerca de 33.6% mais cara que o CBUQ com agregado natural.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais utilizados na pesquisa

Foram produzidas dez diferentes de misturas, nos quais os agregados graúdos e miúdos naturais foram substituídos, isoladamente, nos percentuais de 0, 25, 50, 75 e 100% por ARC de 20, 30 e 40Mpa, ou seja, quando foi feita a substituição de agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado de concreto, o agregado miúdo não foi substituído, e vice-versa.

Todos os agregados utilizados na pesquisa foram secos em estufa a 100°C por no mínimo 24 horas antes da realização dos ensaios de caracterização e da moldagem dos corpos de prova tipo Marshall. A fração dos agregados graúdos ficou definida quando do peneiramento.

Foram utilizadas as seguintes amostras de agregados:

- agregado miúdo reciclado de concreto com resistência à compressão de 20 Mpa na fração areia – menor que 4.8mm (A20);
- agregado graúdo reciclado de concreto com resistência à compressão de 30 Mpa nas frações brita 1 – entre 19 mm e 9.5 mm – e pedrisco – entre 9.5 mm e 4.8mm (A30);
- agregado miúdo reciclado de concreto com resistência à compressão de 40 Mpa na fração areia – menor que 4.8mm (A40)

- agregado natural nas frações brita 1 – entre 19 e 9.5 mm – e pedrisco – entre 9.5 e 4.8mm;
- agregado miúdo artificial tipo pó de pedra na fração areia – menor que 4.8mm;
- concreto asfáltico de petróleo CAP 50/70.

2.2 Caracterização dos agregados utilizados na pesquisa

As propriedades analisadas, normas utilizadas para os ensaios e resultados da caracterização dos agregados utilizados nessa pesquisa são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5 e na Figura 1.

Tabela 3: Propriedades, normas e resultados para o agregado graúdo na fração brita 1 (entre 19 mm e 9.5 mm).

Propriedade	Norma	Resultado		Unidade
		Agregado natural	30 MPa	
Absorção de água	NBR NM 53 (ABNT, 2009b)	0.5	4.3	%
Massa específica aparente	NBR NM 53 (ABNT, 2009b)	2.72	2.42	g/cm ³
Massa específica real	NBR NM 53 (ABNT, 2009b)	2.76	2.71	g/cm ³
Abrasão Los Angeles	NBR NM 51 (ABNT, 2001b)	16	27	%

Tabela 4: Propriedades, normas e resultados para o agregado graúdo na fração pedrisco (9.5 mm e 4.8mm).

Propriedade	Norma	Resultado		Unidade
		Agregado natural	30 MPa	
Absorção de água	NBR NM 53 (ABNT, 2009b)	0.8	9.1	%
Massa específica aparente	NBR NM 53 (ABNT, 2009b)	2.63	2.12	g/cm ³
Massa específica real	NBR NM 53 (ABNT, 2009b)	2.68	2.65	g/cm ³

Tabela 5: Propriedades, normas e resultados para os agregados miúdos

Propriedade	Norma	Resultados			Unidade
		Pó de pedra	20 MPa	40 MPa	
Análise granulométrica	NBR NM 248 (ABNT, 2003a)	Vide Figura 1			N/A
Absorção de água	NBR NM 30 (ABNT, 2001a)	1.1	10.7	9.10	%
Massa específica aparente	NBR NM 52 (ABNT, 2009a)	2.562	2.01	2.10	g/cm ³
Massa específica real	NBR NM 52 (ABNT, 2009a)	2.635	2.26	2.55	g/cm ³
Teor de finos < 75 µm	NBR NM 46 (ABNT, 2003b)	4.0	8.3	6.3	%

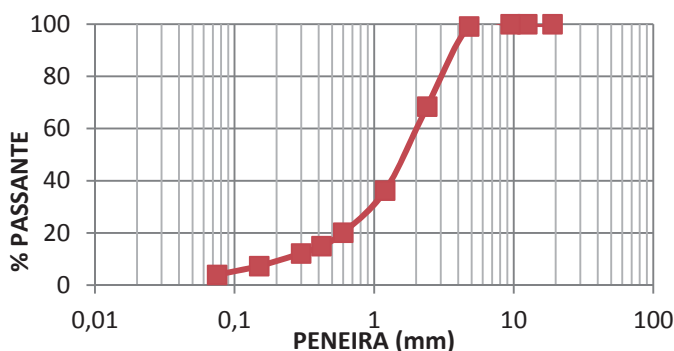


Figura 1. Curva granulométrica do agregado miúdo artificial tipo pó de pedra

2.3 Ensaios realizados para determinação dos teores ótimos de ligante das misturas

Foram realizados os seguintes ensaios para a obtenção dos parâmetros necessários para definição dos teores ótimos de ligante das misturas:

- dosagem Marshall: foi realizada a dosagem Marshall para todas as misturas estudadas, seguindo o especificado na especificação de ensaio brasileira DNER-ME 043/95 (DNER,

1995);

- ensaio RICE: Para obtenção da densidade máxima medida, foi realizado o ensaio RICE, para todas as misturas estudadas, que implica na aplicação de uma bomba de vácuo, conforme especificações da norma brasileira ABNT NBR 15619:2012 (ABNT, 2012).

2.4 Curva granulométrica das misturas

Foi escolhida uma única composição dos agregados para todas as misturas, de forma a se enquadrar na granulometria da faixa C do DNIT, sendo a mesma apresentada na Figura 2.

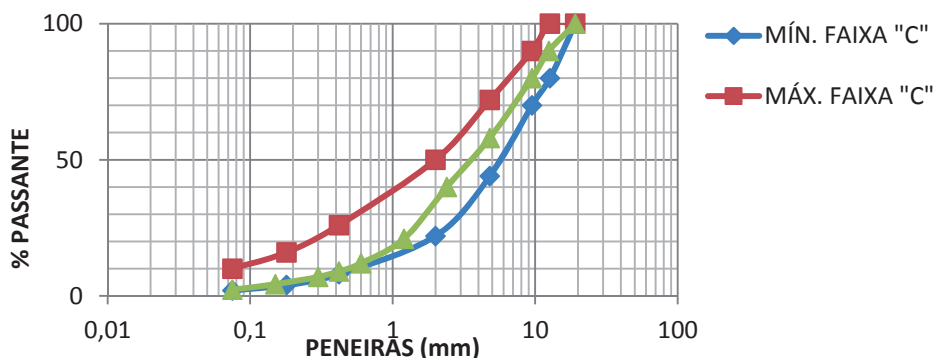


Figura 2. Curva granulométrica das misturas

2.5 Composições dos agregados nas misturas estudadas

Tabela 6: Composição dos agregados nas misturas.

Mistura	Teor de substituição	Brita 1		Pedrisco		Areia			Total
		AN	A30	AN	A30	Pó de Pedra	A20	A40	
AN	0%	20%	0%	22%	0%	58%	0%	0%	100%
A30G25	25%	15%	5%	16,5%	5,5%	58%	0%	0%	100%
A30G50	50%	10%	10%	11%	11%	58%	0%	0%	100%
A30G75	75%	5%	15%	5,5%	16,5%	58%	0%	0%	100%
A30G100	100%	0%	20%	0%	22%	58%	0%	0%	100%
A20M50	50%	20%	0%	22%	0%	29%	29%	0%	100%
A20M100	100%	20%	0%	22%	0%	0%	58%	0%	100%
A40M50	50%	20%	0%	22%	0%	29%	0%	29%	100%
A40M100	100%	20%	0%	22%	0%	0%	0%	58%	100%

A composição dos agregados nas misturas segue o apresentado na Tabela 6.

2.6 Definição dos teores ótimos de ligante das misturas

O teor ótimo de ligante de cada mistura foi definido de forma a atender aos limites de volume de vazios (V_v), entre 3% e 5%, e relação betume-vazios (RBV), entre 75% e 82%.

3 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES

3.1 Teores ótimos de ligante

Os resultados de teores ótimos de ligantes encontrados para cada mistura foram: 4.9% (AN), 6.0% (A30G25), 6.2% (A30G50), 6.4% (A30G75), 6.9% (A30G100), 6.0% (A20M50), 6.1% (A20M100), 5.8% (A40M50) e 6.0% (A40M100). Conforme se verifica na Figura 3, é possível perceber uma tendência de aumento do teor ótimo de ligante em função do aumento do teor de ARC, quando substituída a fração graúda, o que se deve à porosidade dos agregados reciclados que é maior que a dos agregados naturais.

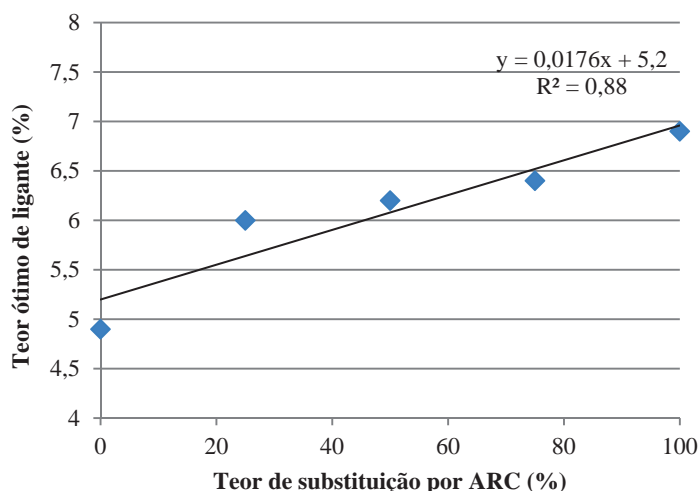


Figura 3. Teor ótimo de ligante por teor de substituição por ARC.

Todas as propriedades analisadas para todas as misturas se enquadraram nos requisitos de dosagem de concreto asfáltico da DNIT-ES 031:2006 para camada de rolamento, que prevê estabilidade Marshall mínima de 500kgf, volumes de vazios (Vv) entre 3% e 5%, relação betume vazios (RBV) entre 75% e 82% e vazios do agregado mineral (VAM) mínimo de 15%, já que a dimensão máxima do agregado utilizado é de 19mm (DNIT, 2006).

3.2 Análise de custos

Tabela 7: Custos dos agregados.

Agregado	Fração	Material (R\$/m³)	Massa unitária (g/cm³ ou t/m³)	Material (R\$/t)
AN Pedreira: Raphael F. Greca	Brita 1	R\$ 37.00	1.38	R\$ 26.81
	Pedrisco	R\$ 36.00	1.35	R\$ 26.67
	Pó de pedra	R\$ 54.00	1.50	R\$ 36.00
Agregados Reciclad0s Usina: USIPAR	A30 Brita 1	R\$ 22.00	1.07	R\$ 20.56
	Pedrisco	R\$ 20.00	1.07	R\$ 18.69
Usina: USIPAR	A20 Areia	R\$ 30.00	1.50	R\$ 20.00
	A40 Areia	R\$ 30.00	1.50	R\$ 20.00

Os custos aqui analisados são para execução de CBUQ no centro da capital do estado do Paraná, no Brasil. Os custos para os agregados e o CAP 50/70 apresentados neste trabalho foram obtidos em maio de 2013. O custo do CAP 50/70 é igual a R\$ 1080.00, obtido com a CBB asfaltos. Os custos para equipamento e mão-de-obra foram obtidos do sistema de custos rodoviários do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, para o estado do Paraná, com valores de Novembro de 2012, sendo que para concreto betuminoso usinado a quente – capa de rolamento, número de referência 5 S 02 540 01, é igual a R\$ 8.58 (DNIT, 2012). Os custos dos agregados constam na Tabela 7.

Foram, então, calculados os custos para execução da camada de rolamento em CBUQ para as misturas estudadas, em reais por toneladas, conforme constam na Tabela 8.

Verifica-se que, em relação à mistura AN, o custo sofre acréscimos de 11.76% a 19.73%, quando se substitui o agregado gráudo natural por reciclado, e de 3.22% a 7.99% quando se substitui o agregado miúdo. Esse fato se deve ao maior consumo de ligante, que aumenta em função do acréscimo de ARC à mistura, devido à maior absorção e porosidade dos ARC.

Tabela 8: Custos das misturas.

Material	AN	A30G2 5	A30G5 0	A30G7 5	A30G10 0	A20M50	A20M100	A40M50	A40M100	
Brita 1	AN	19.0%	14.1%	9.4%	4.7%	0.0%	18.8%	18.8%	18.8%	18.8%
	A30	0.0%	4.7%	9.4%	14.0%	18.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pedrisco	AN	20.9%	15.5%	10.3%	5.2%	0.0%	20.7%	20.7%	20.7%	20.7%
	A30	0.0%	5.2%	10.3%	15.4%	20.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Areia	Pó de pedra	55.2%	54.5%	54.4%	54.3%	54.0%	27.3%	0.0%	27.3%	0.0%
	A20	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%	54.5%	0.0%	0.0%
	A40	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%	54.5%
Custo (R\$/t)	Materiais	R\$ 83.46	R\$ 94.28	R\$ 95.67	R\$ 97.06	R\$ 101.62	R\$ 90.65	R\$ 87.34	R\$ 88.49	R\$ 86.26
	Equipament o e mão-de- obra	R\$ 8.58	R\$ 8.58	R\$ 8.58	R\$ 8.58	R\$ 8.58	R\$ 8.74	R\$ 8.74	R\$ 8.74	R\$ 8.74
	Total	R\$ 92.04	R\$ 102.86	R\$ 104.25	R\$ 105.64	R\$ 110.20	R\$ 99.39	R\$ 96.08	R\$ 97.23	R\$ 95.00
Acréscimo em relação à mistura AN (%)		-	11.76%	13.27%	14.79%	19.73%	7.99%	4.39%	5.64%	3.22%

Tabela 9: Comparação da análise de custos dessa pesquisa com a análise de custos de Guimarães e Ribeiro (2005).

Nessa pesquisa	Na pesquisa de Guimarães e Ribeiro (2005)
O CAP utilizado é do tipo CAP 50/70	O CAP utilizado é do tipo CAP 20
Foram substituídos apenas agregados graúdos naturais ou apenas agregados miúdos numa mesma mistura por ARC	Foram substituídos tanto os agregados graúdos, quanto os miúdos, naturais por ARC numa mesma mistura
Foram estudados diversos teores de substituição (0%, 25%, 50%, 75% e 100%)	Foram estudados apenas dois teores de substituição (0% e 100%)
Foram considerados os custos de equipamentos e mão de obra	Não foram considerados os custos de equipamentos e mão de obra
O custo orçado do CAP na região de Curitiba é R\$ 1080.00 por tonelada	O custo médio do CAP na região de Goiânia é R\$ 1300.00 por tonelada

Das pesquisas verificadas, foi possível observar que a única que apresentou um cálculo para o custo de CBUQ com agregado natural substituído por ARC é o trabalho de Guimarães & Ribeiro (2005), que verificaram que a mistura betuminosa tipo CBUQ realizada com o resíduo de concreto, apesar de ser tecnicamente viável, era cerca de 33.6% mais cara que a mistura betuminosa usinada com agregado natural. Possivelmente a diferença entre percentuais encontradas nessa pesquisa e na pesquisa de Guimarães & Ribeiro (2005) se deu devido aos fatos comparativos apresentados na Tabela 9.

Tabela 10: Toneladas de camada de CBUQ para camadas de rolamento que seriam executadas com R\$2 milhões.

A30G25	A30G50	A30G75	A30G100	A20M50	A20M100	A40M50	A40M100
21,729.68	19,443.9	19,184.65	18,932.22	18,148.82	20,122.75	20,815.99	20,569.78

Além dos custos considerados, existe também o custo de remoção de resíduos de construção e demolição dispostos de maneira irregular pela cidade. De acordo com Guimarães & Ribeiro (2005), em 2005 a Prefeitura Municipal de Goiânia chegou a gastar dois milhões de reais por mês com a remoção de RCD dispostos de forma irregular pela cidade, com esse valor seria viabilizada a execução de mais de 18,000 toneladas de CBUQ para camadas de rolamento, com reaproveitamento de ARC, por mês, conforme se verifica na Tabela 10.

4 CONCLUSÕES

Segundo Carneiro et al. (2001) a absorção se apresenta como uma das propriedades com diferenças mais marcantes entre o agregado natural e o agregado reciclado e Vieira et al. (2004) confirma que os agregados reciclados possuem taxa de absorção de água mais elevada, se comparados com o agregado natural. De acordo com Saeed et al. (2007), a absorção varia de 2% a 6% para agregados reciclados graúdos e de 4% a 8% para agregados miúdos. Verifica-se ser um consenso no meio acadêmico e os resultados dessa pesquisa corroboram para confirmar que a absorção dos ARC é maior que a absorção dos agregados naturais. Consequentemente à maior absorção, têm-se maior porosidade e menor massa específica aparente, conforme se verificou para os ARC, que apresentaram menor massa específica aparente quando comparados aos agregados naturais.

Os valores obtidos para teores ótimo de ligante das misturas demonstraram que, a estrutura mais porosa, encontrada nos agregados reciclados de concreto, acarretou em mais vazios e uma maior área de superfície, requisitando assim maior porcentagem de ligante e explicando o fator de variação do teor de ligante em função do percentual de substituição de agregado natural por agregado reciclado de concreto.

O resultado da análise de custos do CBUQ realizada indica que, em relação à mistura referência, o custo sofre acréscimos de 11.76% a 19.73%, quando se substitui o agregado graúdo natural por reciclado, e de 3.22% a 7.99% quando se substitui o agregado miúdo, porém, ainda assim apresentou-se otimista com relação às análises de custos já verificada em trabalhos anteriores, que chegaram a 33.6% de acréscimo, mas indicam ainda a necessidade de se buscar alternativas para a redução do consumo de ligante quando ARC são utilizados no CBUQ. Verificou-se ainda, o quão significativos são os gastos governamentais com remoção e destinação correta de resíduos.

Todas as propriedades analisadas de todos os agregados graúdos reciclados de concreto (desgaste máximo de abrasão igual a 50%), bem como para todas as misturas (estabilidade mínima de 500kgf, volumes de vazios entre 3% e 5%, relação betume vazios entre 75% e 82%), se enquadraram nas especificações de serviços e normas técnicas previstas. Fato este que indica possível viabilidade técnica para execução de concretos asfálticos em vias de tráfego baixo, podendo, desta maneira, contribuir com o aproveitamento desses resíduos e minimizar os problemas relacionados à disposição irregular dos mesmos.

REFERÊNCIAS

Arabani, M. & Azarhoosh, A.R. 2012. The effect of recycled concrete aggregate and steel slag on the dynamic properties of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials* 35: 1-7.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT. 2001a. *NBR NM 30: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água*. Brasil: Rio de Janeiro.

_____. 2001b. *NBR NM 51: Agregado graúdo – Ensaio de abrasão “Los Angeles”*. Brasil: Rio de Janeiro.

_____. 2003a. *NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica*. Brasil: Rio de Janeiro.

_____. 2003b. *NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem*. Brasil: Rio de Janeiro.

_____. 2009a. *NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente*. Brasil: Rio de Janeiro.

_____. 2009b. *NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Brasil: Rio de Janeiro.

_____. 2012. *NBR 15619: Misturas asfálticas — Determinação da densidade máxima teórica e da massa específica máxima teórica em amostras não compactadas— Requisitos*. Brasil: Rio de Janeiro.

Carneiro, A.P.; Burgos, P.C.; Alberte, E.P. 2001. Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos. *Projeto Entulho Bom*: 190-227. Brasil: Bahia.

Chen, M., Lin, J. & Wu, S. 2011. Potential of recycled fine aggregates powder as filler in asphalt mixture. *Construction and Building Materials* 25: 3909-3914.

Departamento Nacional De Estradas De Rodagem. DNER. 1995. *DNER-ME 043:1995: Misturas asfálticas a quente – ensaio Marshall – método de Ensaio*. Brasil: Rio de Janeiro.

Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. DNIT. 2006. *Pavimentos flexíveis – concreto asfáltico – especificação de serviço*. Brasil: Rio de Janeiro.

Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. DNIT. 2012. *Sistema de custos rodoviários*. Brasil: Paraná.

Guimarães, R. C.; Ribeiro, H. C. 2005. *Utilização de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil em revestimentos asfálticos*. Brasil: Goiás.

Marinho, M.N. 2011. *Análise do desempenho mecânico de concretos betuminosos usinados a quente com o uso de agregado graúdo reciclado de concreto*. Brasil: Pernambuco.

Mills-Beale, J. & YOU, Z. 2010. The mechanical properties of asphalt mixtures with recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials* 24: 230-235

Paranavithana, S. & Mohajerani, A. 2006. Effects of recycled concrete aggregates on properties of asphalt concrete. *Resources, Conservation and Recycling* 48: 1-12.

Pérez, I., Pasandin, A.R. & Medina, L. 2011. Hot mix asphalt using C&D waste as coarse aggregates. *Materials & Design* 36: 840-846.

Ron, M.B., Casagrande, M.D.T., DO Vale, A.C., Lopes, M.M. & Soares, J.B. 2008. Aplicabilidade de Resíduos Reciclados da Construção Civil e Demolição Como Agregados em Misturas Asfálticas. *15ª Reunião de Pavimentação Urbana, Salvador, 28-30 Maio 2008*. Brasil: Bahia.

Saeed, A.; Hammons, M.I.; Reed, J. L. 2007. Comprehensive Evaluation, Design, and Construction Techniques for Airfield Recycled Concrete Aggregate as Unbound Base. *Transportation Research Board 86th Annual Meeting*. United States: Washington DC.

Silva, C.A.R. 2009. *Estudo do agregado reciclado de construção civil em misturas betuminosas para vias urbanas*. Brasil: Minas Gerais.

Vieira, G.L.; Denise, C.C.D.M.; Lima, F. 2004. Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição. *Revista Engenharia Civil* 19: 5-18.

Wong, Y.D., Sun, D.D. & LAI, D. 2007. Value-added utilisation of recycled concrete in hot-mix asphalt. *Waste Management* 27 (2): 294-301.

Zhu, J., Wu, S., Zhong, J. & Wang, D. 2011. Investigation of asphalt mixture containing demolition waste obtained from earthquake-damage buildings. *Construction and Building Materials* 29: 466-475.

Zulkati, A., Wong, Y.D., Sun, D.D. 2013. Mechanistic Performance of Asphalt-Concrete Mixture Incorporating Coarse Recycled Concrete Aggregate. *Journal of Materials in Civil Engineering* 25: 1299-1305.

Avaliação de sustentabilidade na urbanização de favelas: soluções de desenho e gestão

Laura Machado de Mello Bueno

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologia- CEATEC, Campinas, São Paulo, Brasil

laurab@puc-campinas.edu.br

Caroline Krobath Luz Pera

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil

carolinepera@gmail.com

Estela Regina Almeida

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil

estela.r.almeida@gmail.com

ABSTRACT: The Research Group “Water in the urban environment” conducts research on projects for upgrading slums. The methodology is based on analyses the projects with parameters for social and environmental sustainability. It is worth urbanize slums? This article intended to discuss it. The projects studied are located in metropolitan areas of the state of São Paulo, The studies were conducted considering the watershed. Spatial patterns before and after the interventions were compared, including the families that remained in the community.

Keywords: evaluation of slum upgrading, urban water, urban management, housing.

RESUMO: O Grupo Água no meio Urbano¹ realiza pesquisas sobre desenho e gestão em assentamentos precários que passaram por urbanização, relacionando configurações encontradas nos projetos com parâmetros de sustentabilidade socioambiental. Vale a pena urbanizar a favela? Essa foi a reflexão proposta neste artigo. Os projetos estudados localizam-se em áreas metropolitanas do estado de São Paulo, sendo as análises realizadas por microbacia. Foram comparados padrões espaciais antes e depois das intervenções e verificando se as famílias atendidas permanecem no local.

Palavras-chave: Avaliação de urbanização de favelas, águas urbanas, gestão urbana, habitação.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o censo demográfico (IBGE), em 2010 11,4 milhões de brasileiros (6%) viviam em aglomerados subnormais. Nesse ano o país possuía 6329 aglomerados subnormais (assentamentos irregulares com mais de 50 domicílios, conhecidos como favelas, invasões, comunidades etc), totalizando 5,6% dos domicílios do Brasil. Destes, 52,5% estavam em áreas planas, 26,8% em áreas com aclave moderado e 20,7% com aclave acentuado. Em relação à condição de acessibilidade, apenas 51,8% dos domicílios estavam de frente para uma rua com passagem de caminhão.

A moradia é umas das dimensões da ilegalidade da vida do brasileiro, que não tem documentos de identidade, não tem contas de água ou luz, trabalha sem carteira assinada, compra e vende produtos e serviços sem nota etc. A ilegalidade frente à legislação urbanística e edilícia e a precariedade da urbanização e das moradias estão presente em favelas e alguns loteamentos

1 O grupo de pesquisa faz parte do Programa de Pós Graduação em Urbanismo da PUC- Campinas. <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/9121080752061882> e estuda formas de aprimoramento da gestão urbana com foco em novas formas de manejo das águas pluviais. Na dimensão ambiental das cidades, destacam-se a gestão do território, da infraestrutura urbana e a relação entre habitação e meio ambiente.

irregulares ou clandestinos. Mas favela é definida primordialmente pelo conflito relacionado à propriedade da terra, seja ela pública ou privada. O morador da favela afronta a propriedade da terra que ocupou sem comprar ou obter permissão do proprietário. E mais recentemente, devido ao fracasso de uma reforma urbana que universalizasse o acesso à moradia adequada no ritmo da necessidade social, tem havido grande adensamento das áreas de favelas no Brasil.

Grande parte das favelas apresenta trechos em área ambientalmente sensível- (AAS) aquela que requer considerações especiais devido às suas características únicas físicas, ambientais ou culturais. (Projeto GEPAM, 2006). No meio urbano destacam-se as áreas próximas à rede hídrica e encostas com declividade acentuada ou condições geotécnicas instáveis. A relação entre favela e rede hídrica torna-as estratégicas para a recuperação das águas urbanas.

No Brasil, depois de tentativas de erradicação das favelas com transferências mais ou menos violentas, no pós guerra iniciam-se sinais da aceitação da favela enquanto fenômeno social e urbano. A maioria das ações pioneiras surgiram, por pressão dos favelados, nas capitais, com o desenvolvimento de projetos de obras, desde pequenas melhorias, até projetos de urbanização. Atualmente, dentro de políticas habitacionais de interesse social, a postura mais aceita desde os anos 80 tem sido a urbanização², ou seja, dotação de infraestrutura, serviços e equipamentos urbanos nas favelas, mantendo-se as características do parcelamento do solo e as unidades habitacionais, com a minimização de demolições. Remoções parciais, com transferência das famílias, também tem sido aplicadas nos trechos de AAS, ou devido ao alto adensamento que impossibilita execução de redes e cria situações insalubres.

A partir da criação do Ministério das Cidades em 2003 houve expressivo aumento de recursos federais em políticas para moradia social, ampliando-se as ações. A chamada Regularização Fundiária de interesse social³ criou possibilidade de superar os problemas físicos e legais das favelas em áreas públicas e privadas. No caso de favelas com trecho em beira de cursos d'água, conforme o artigo 54, são exigidos estudos para “comprovação da melhoria das condições de sustentabilidade urbano-ambiental, considerados o uso adequado dos recursos hídricos e a proteção das unidades de conservação, quando for o caso”.

A visão setorial habitacional no caso das favelas pode reduzir o sucesso das ações devido aos problemas de diferentes naturezas, como risco, inserção urbana em locais valorizados e obras públicas de grande porte, assim como falta de acesso a outros direitos (saúde, educação, justiça), pobreza extrema, atividades econômicas informais, ilegais e violência.

As políticas públicas necessitam acompanhamento e avaliação, para verificar se os resultados alcançam os objetivos e indicar necessidades de aprimoramento ou mesmo transformações mais efetivas. As metodologias de avaliação, sobretudo elaboradas por pesquisa científica, podem diferir, em função de seus objetivos específicos, metodologias e abordagens.

2 CASOS E MÉTODOS

A urbanização de favelas, em especial com AAS, tem sido um desafio projetual e socioambiental, pois envolve diversas dimensões da exclusão social e da especificidade do projeto e da execução, sendo uma intervenção a ser feita em tecido urbano e social já construído e habitado. Por outro lado, cada assentamento, com suas características geográficas e sociais, apresenta-se como um caso único. Assim, generalização de métodos de projeto, de gestão e de avaliação deve ser utilizada com precauções. Por outro lado, as políticas públicas necessitam de objetivos, metas e indicadores de resultados claros, para aprimoramento periódico.

² Destaque-se, entretanto, as pressões e ações de remoção arbitrária e violenta continuam. Ver ROLNIK, Raquel. Copa 2014, Olimpíadas 2016 e megaprojetos - remoções em curso no Brasil. Relatório para ONU. 2014.

³ O termo foi criado na Resolução CONAMA 369/2006, sobre o tratamento de áreas de preservação em córregos urbanos e foi incorporado na Lei federal 11977/2009, que institucionalizou o Programa Nacional de Regularização Fundiária e o Programa Minha Casa Minha Vida MCMV.

Os processos de urbanização estão associados a ações, necessidades e restrições externas à favela, são longos, sendo que os objetivos de melhoria habitacional, saneamento, salubridade e regularização não apresentam ritmo e sucesso semelhantes (BUENO, 2000; DENALDI, 2003; FREIRE, 2005; OLIVEIRA, 2008, entre muitas). As favelas também impactam e são impactadas por seu entorno quanto à dinâmica do mercado de imobiliário formal e informal e fixação da população após melhorias, tendo os investimentos públicos importante papel (TASHNER, 2006; FIX, 2007; ABRAMO, 2003; BALTRUSIS, 2005 entre outros).

Esse artigo apresenta estudos de avaliação de resultados de intervenções recentes, privilegiando obras, se não acabadas, pelo menos bastante adiantadas em duas cidades do Estado de São Paulo- Campinas e Santo André, tendo como objetivo apresentar resultados de políticas públicas para favelas, bem como discutir sua repercussão.

Tabela 1. Quadro A- Comparativo dos Componentes das Intervenções.

	Sacadura cabral	Projeto vila parque anhumas
Localização e inserção urbana	Santo André- São Paulo. Junto ao Ribeirão dos Meninos, divisa entre Sto. André e São Bernardo do Campo, inseridos em frente ao Anel Viário de interesse Regional.	Campinas- São Paulo. Próximo a área central do Município e inserido entre bairros valorizados à margem esquerda do Ribeirão Anhumas, desde o Parque público Taquaral até a rodovia D. Pedro I
Período De execução	1996 - Inicia-se a construção do Conjunto Prestes Maia, onde foram removidas 200 famílias; 1997- Elaboração do Projeto de Intervenção; 1998 - 200 famílias são removidas para o Conj. Prestes Maia e Início das Obras na Área de Intervenção; 2004 - Conclusão das Obras do Setor Sacadura Cabral I; 2009 -Conclusão Obras Sacadura II.	2005- Sehab e Cohab retiram as famílias que viviam em área de risco, transferindo-os para o Residencial Olímpia. 2007- Elaboração do Projeto Vila e Parque Anhumas. 2009- Início 2010- Entrega da primeira parte das unidades habitacionais. 2011- Entrega da segunda parte das unidades habitacionais.
Recursos Utilizados	- Programa Pró-Moradia (Recursos do Governo Federal e da CAIXA) - Programa de Urbanização Integrada/ PUI (Recursos do Cons. Munic. do Orçamento Participativo) - Programa Apoio às Populações Desfavorecidas /APD (Gov. Federal) - Recursos da União Européia - Programa Municipal "Melhor Ainda" e do Programa "Carta de Crédito" da CAIXA.	-Verbas do PAC (Programa federal de Aceleração do Crescimento) para execução do Projeto Vila e Parque Anhumas. - Verbas municipais para execução do projeto habitacional , por meio da Secretaria de Habitação/Cohab Campinas.
Nº de remoções Definitivas	25% das Famílias foram removidas para o Conjunto Prestes Maia, localizado a 1 km de distância da Área de Intervenção	32% dos domicílios foram removidos e reassentados em um conjunto habitacional distante 14 km do Ribeirão Anhumas.

3 RESULTADOS

3.1 Projeto de Urbanização Integrado Sacadura Cabral, Santo André – SP: concepção e componentes

A urbanização da favela Sacadura Cabral foi desenvolvida no âmbito do Programa de Urbanização de Favelas (PUI) e do Programa Santo André Mais Igual⁴, promovido pela Prefeitura no período de 1998 a 2008. A intervenção teve como objetivo integrar a favela, originada na década de 1960, à cidade e mantendo a população no local, com a provisão de infraestrutura, subdivisão de terra, melhoria das unidades habitacionais e regularização fundiária. Destaca-se que para esta obra houve uma intensa participação dos moradores nas decisões de projeto em conjunto com a Prefeitura.

A favela, que sofria inundações periódicas em 75% do seu território, localiza-se junto ao ribeirão dos Meninos, onde se implantou um anel viário para melhorar o acesso e integrar a malha viária, prevendo-se o aterramento do trecho e construção de coletores de esgoto para o bairro e de uma estrutura de retenção de águas pluviais (popularmente conhecida como “piscinão”) para reduzir o risco de interrupção do tráfego durante chuvas intensas. A área em 1998 contava com 780 famílias e 3.200 pessoas. O processo de urbanização com a transferência de 200 famílias para o Conjunto Habitacional Prestes Maia previamente executado, localizado a um quilômetro de distância da favela Sacadura Cabral.

O projeto contou com o alteamento da região inundável através da construção de aterro e reconstrução do tecido urbano existente com remoções de famílias. Foi realizado um novo parcelamento do solo, tendo em vista a impossibilidade de preservação da maioria das moradias. A implantação foi feita em etapas, a partir da remoção dos moradores para o conjunto. Neste terreno foram definidos os lotes e entregues as famílias do setor 1 da favela, que iniciaram a autoconstrução de suas moradias. Assim, cada quadra foi sendo construída, as famílias transferidas, muitas em apenas um barraco, para demolição de mais um trecho, construção da infraestrutura e parcelamento e nova transferência. À época da pesquisa de campo, ainda estava em andamento a 4 e última etapa, hoje já realizada.

A construção de alojamentos provisórios e o fornecimento de apoio financeiro para locação social e a mudança das famílias viabilizava o processo.

O projeto urbanístico, aprovado pela população, previa vias locais e lotes de 47 m² cada, além de áreas para construção de equipamentos coletivos (Fig. 2). O projeto habitacional previa unidades de dois pavimentos, com e sem garagem, além de lotes que previam atividade comercial no térreo.

A reconstrução das moradias foi realizada pela população, com apoio do governo municipal na aquisição de material de construção e disponibilização de assessoria técnica nos projetos e orientação à construção. Houve muitas famílias que finalizaram as casas com melhor padrão arquitetônico e acabamentos, com recursos próprios. Algumas famílias, entretanto, continuam morando em barracos precários nos novos lotes. (Fig. 2) Apesar do projeto aprovado no processo participativo ter dois pavimentos, muitas casas apresentam três e até quatro. As atividades comerciais também não foram instaladas de acordo com o projeto original. (Fig. 2)

Esse projeto contou com importantes inovações em seus componentes, visando uma integração socioespacial. Foi construído um edifício de quatro andares com 24 unidades habitacionais (Fig. 3), e no limite do perímetro foi construído um Centro de Comércio e Serviços (Fig. 4), com 16 módulos integrados para abrigar atividades econômicas dos próprios moradores, e de outros agentes, Correio e livraria. A Prefeitura ajudou financeiramente, algumas famílias a adquirirem

⁴ O município é um dos pioneiros nas ações em favelas. Esse programa inspirou ações semelhantes por todo o Brasil. Propõe atender as famílias moradoras na favela durante o processo de urbanização com diversos projetos setoriais (habitação, educação, saúde, garantia de renda, desenvolvimento econômico, entre outros), articulados matricialmente e concentrados espacialmente.

material para melhorar a moradia (Fig. 5). Foi implantado Centro Comunitário localizado no centro do assentamento e uma praça com equipamentos de lazer infantil (itens 1 e 2 da Fig. 6).

A última visita a campo da pesquisa, realizada em 2008, registrou que o Centro de Comércio e Serviços é muito importante para a economia e integração do núcleo à cidade e que o Centro Comunitário e a praça são muito utilizados.

Muitos moradores trabalham como catadores de materiais recicláveis, que selecionavam e guardavam em suas casas, antes da urbanização. Na pesquisa verificou-se que há um local, não previsto no projeto, onde são guardadas as carroças e os materiais para comercialização, trazendo problemas sanitários.

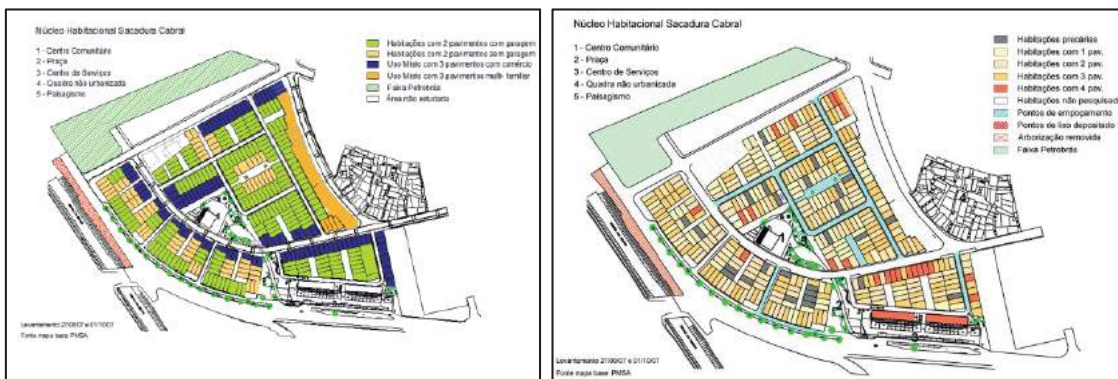


Figura 1. Projeto urbanístico original e uso e ocupação do solo mapeado em 2008 - Núcleo Habitacional Sacadura Cabral. Fonte: ALMEIDA, 2009.



Figura 2. Conjunto de Edifício com 24 unidades habitacionais. Figura 3. Térreo- Centro de Comércio e Serviços com 16 módulos. Fonte: ALMEIDA, 2009.



Figura 4. Casas com revestimentos da fachada. Figura 5. Centro Comunitário, e playground. Fonte: ALMEIDA, 2009.

3.2 Projeto Vila e Parque Anhumas, Campinas/SP : concepção e componentes

O Projeto Vila Parque Anhumas localiza-se em região consolidada da área urbana de Campinas, a 110 km de São Paulo. Diversas favelas se instalaram na margem esquerda deste ribeirão desde os anos 1970, em áreas públicas de loteamentos de alto e médio padrão, localizadas em AAS.

Algumas das favelas foram urbanizadas pela Prefeitura entre os anos 1980 e 1990, mas a intensa urbanização da bacia do Anhumas, com alta impermeabilização, agravou a ocorrência de inundações. Em 2004, um grande temporal causou grandes perdas nos locais e em 2007 as obras da Vila e Parque Anhumas foram viabilizadas. (Fig. 1) Essa conquista é também fruto de anos de luta por parte das próprias comunidades por condições dignas de habitabilidade, pois por várias vezes na história de formação desses Núcleos Residenciais estudados já ocorreram tentativas de desloca-los para regiões periféricas do município.⁵

Este projeto visou sanar problemas justapostos, de coexistência de riscos ambientais, condições socioeconômicas e sanitárias inadequadas, equacionando conjuntamente os problemas ambientais e sociais decorrentes das ocupações irregulares existentes ao longo da margem esquerda do Ribeirão Anhumas, através de diversas intervenções articuladas –remoções, novas unidades, áreas de lazer, esportes , ciclovía e mata ciliar (Fig. 7) Além de estudar a implantação do caso do Projeto Vila e Parque Anhumas- Campinas, SP, buscou-se compreender a dinâmica operada no mercado habitacional da região após esta receber investimentos públicos do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC - para realização da obra de urbanização e recuperação ambiental.

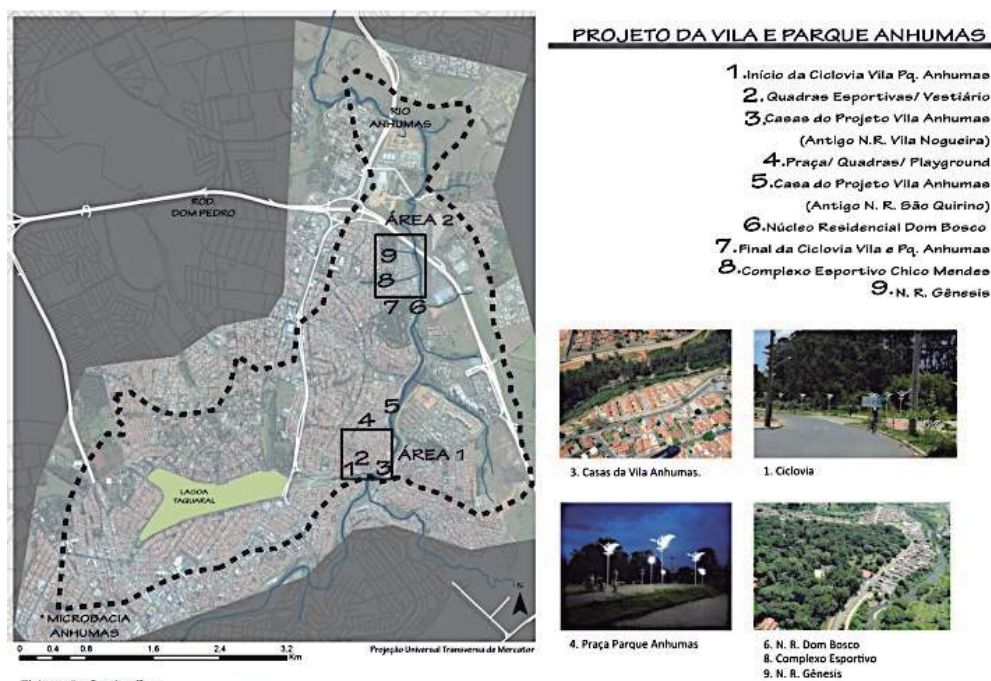


Figura 6. Planta esquemática do Parque Anhumas, seus componentes e entorno. Fonte: PERA, 2011.

Iniciou-se a pesquisa através de análise dos dados socioeconômicos secundários e pesquisas de campo sobre dados referentes à infraestrutura, padrões arquitetônicos, gabarito e uso do solo, para traçar um panorama do perfil dos assentamentos e dos bairros contíguos. Para a análise da lógica do mercado habitacional, as unidades à venda ou locação foram identificadas em campo e coletados o valor venal⁶ e de mercado do imóvel, forma de pagamento, presença ou não de imobiliária na transação do imóvel, forma de repasse dos títulos do imóvel proposto, tipo de pavimentação da rua, gabarito e padrão arquitetônico.

Para a análise dos aspectos ambientais, a estratégia utilizada foi analisar a proximidade das

⁵ Por vezes, após enchentes muito severas, a população foi transferida para a região do Campo Grande, distante cerca de 15 km do centro de Campinas, carente de infraestrutura e empregos. As famílias optavam por voltar às áreas de risco mesmo sabendo que enfrentariam problemas nas épocas de chuvas intensas. (OLIVEIRA, 2008).

⁶ O valor real dos imóveis é gerado a partir da lógica capitalista de especulação sobre a valorização imobiliária futura. Já o valor venal dos imóveis é definido pela Prefeitura para cálculo de impostos e taxas municipais.

habitações com o Ribeirão Anhumas, pois é notória a relação entre áreas dotadas de alto índice de exclusão social e riscos ambientais relacionados às águas urbanas (TORRES, 2009). Isto demonstra como o desigual acesso à cidade se relaciona tanto com desigualdades sociais, quanto ambientais.

Dos 1012 domicílios existentes nos núcleos informais ao longo do ribeirão Anhumas, 327 (32,3%), moradores do N. R. Guaraçai foram totalmente removidos pela Prefeitura em 2005 e transferidos para um conjunto habitacional localizado no Residencial Olímpia, distante 14 Km do ribeirão Anhumas. O restante das famílias continuou morando no local em alojamentos.

Dos núcleos residenciais existentes (Fig. 7), somente o N. R. Gênese foi inteiramente remanejado, com demolições e reparcelamento do solo, com abertura de viário e implantação das redes de infraestrutura. As unidades habitacionais foram reconstruídas através de autoconstrução. No local onde antes existia o núcleo residencial Vila Nogueira e o N. R. São Quirino, iniciou-se em 2007 as obras habitacionais da Vila Parque Anhumas. As moradias são sobrados geminados dois a dois, com 48 metros quadrados de área construída.

Para o estudo da permanência das famílias nas áreas após as obras que se iniciaram em 2007, comparamos o número total de lotes pesquisados com a quantidade de lotes com unidades para venda ou locação, informação coletada através de pesquisas de campo (2011). Todas as casas à venda estavam localizadas nas quadras da cidade formal. Não foram encontradas casas para locação ou à venda nas ruas do Núcleo Residencial Vila Nogueira (área 1, ver Fig. 7).

Na Área do antigo N. R. Parque São Quirino, que teve suas casas demolidas para reconstrução de novas unidades de acordo com o Projeto Parque Anhumas, não conseguimos analisar a permanência das famílias nas habitações de interesse social porque as mesmas ainda não haviam sido totalmente construídas até 2011.

O Núcleo Residencial Dom Bosco, foi urbanizado nos anos 1980, mas que ainda faz parte da cidade informal devido à não regularização fundiária dos terrenos. Como mencionado por um dos moradores do bairro, entrevistado por esta pesquisa pelo fato de estar vendendo sua residência através do mercado informal, ele não possui a posse legal do terreno por isso recorreu ao mercado informal de venda. Vale colocar, porém, que nesta área encontramos poucas residências para locação ou venda (apenas 2 em 84 unidades), ou seja as obras atuais não aqueceram o mercado desta área.

Na Área 2 (Fig. 7), composta pelo N. R. Gênese, bairro urbanizado mas oriundo de assentamento informal, encontramos o maior número de residências à venda. Esse Núcleo foi reparcelado com apoio da Prefeitura há alguns anos, mas somente dentro do Projeto Anhumas recebeu infraestrutura e está tendo suas ruas asfaltadas.

Verifica-se que o número de unidades em comercialização é bastante baixo. Isso pode demonstrar que sua população está se mantendo fiel à proposta de permanência na área até o momento, uma vez que não estão optando por vender sua habitação após esta passar pelo processo de qualificação urbana, que valoriza as residências. Diante disto, não é o processo de gentrificação que se coloca como um fator de preocupação quanto à sustentabilidade do projeto. No N. R. Gênese, o maior risco é a ocorrência de um processo de adensamento e verticalização informal, causando situações de insalubridade. (PERA e BUENO, 2011).

Os valores obtidos através de imobiliárias e contato com proprietários foram comparados com os venais, da Planta Genérica de Valores, relacionando-os com as faixas de proximidade ao Ribeirão Anhumas, de 50 m, 100 m, 150 m e 200 m. Quanto mais próximo do Ribeirão menores são os valores da terra. Assim, pode-se concluir que nas áreas mais próximas ao Ribeirão, onde existe portanto maior risco ambiental, o valor da terra também é menor e por isso é habitado por família mais carentes. Na parte formal dos bairros estudados a diferença de preço entre o valor real e venal é muito superior à diferença encontrada entre esses dois preços nos lotes

vendidos no mercado informal, onde os valores reais e venais são quase os mesmos. (PERA e BUENO, 2011).

Quanto à gestão, através de pesquisas de campo, foi possível notar que ainda existe entulho e resíduos sólidos ao longo das margens do Ribeirão Anhumas, indicando problemas de manutenção urbana e dificuldades de colocar os assentamentos residenciais de interesse social na rotina dos serviços municipais. As técnicas utilizadas para solucionar as questões de infraestrutura foram as tradicionais. Não foram implementadas redes de infraestrutura alternativas, ou seja, técnicas que estivessem de acordo com as medidas propostas na Agenda Verde, como por exemplo biovaletas, jardins de chuva ou técnicas anaeróbicas de tratamento de esgoto etc. Entende-se que no sentido da sustentabilidade ambiental o Projeto poderia ter desenvolvido práticas mais sustentáveis.

As vilas projetadas para substituir as habitações demolidas (fig. 7 – itens 3 e 5) são formadas por sobrados geminados - unidades horizontais unifamiliares, não existindo propostas de uso misto ou áreas de comércio e serviços no entorno.

Tabela 2. Quadro B – Projetos, obras executadas e situação Pós ocupação.

	Sacadura cabral	Projeto vila parque anhumas
Tipologia do loteamento e habitações	Vias locais e de pedestre, centro comercial e estacionamento na via marginal ao anel viário Sobrados com e sem garagens, uso misto em três pav. na via local. 	-Sobrados Geminados (48 m ² de área construída) em terrenos de 105 m ²  -Autoconstrução em terrenos de 112 m ² 
Uso do solo previstos pelo projeto	Uso residencial uni e multifamiliar, misto, centro comercial, centro comunitário e playground	Uso Residencial unifamiliar e implantação de um clube municipal, um centro comunitário, praças, playgrounds e 5 km de ciclovia.
Execução de obras de drenagem e saneamento ambiental	O córrego Ribeirão dos Meninos foi todo canalizado e fechado no trecho na área de intervenção; Não há mais pontos de alagamento e enchentes. Piscinão executado pelo governo estadual)	Foram realizadas obras de saneamento ambiental, interligando-o à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Anhumas e drenagem. Além disso, 4km da mata ciliar foram replantadas.
Modificações pós-ocupação	A maioria dos módulos do Centro de Serviços e Negócios estão fechados, permanecendo os serviços/comércio dos moradores. Diversas moradias aumentaram um pavimento, menos não estando previsto em projeto. Garagens no térreo não seguiram o projeto (Fig.2)	Ocorreram mudanças de uso do solo em algumas das unidades, que passaram a ser de USO MISTO. 

O Parque Anhumas inserido como parte do Projeto de urbanização das favelas da margem esquerda do Rio Anhumas, conta 5 km de ciclovia, a qual, em uma de suas extremidades, deveria chegar até a praça Arautos da Paz, praça de grande uso pelo moradores de Campinas (Ver Fig. 7), próxima ao Parque Taquaral, mais importante parque da cidade. No entanto, esse trecho de conexão ainda não foi concluído e, por isso, a ciclovia ainda não apresenta uma interligação com

a cidade, seja como sistema de lazer, incorporando classes sociais diferentes e menos ainda como elemento integrante da mobilidade urbana do Município. Na outra extremidade, já finalizada, a ciclovia termina em uma rotatória próxima ao N. R. Dom Bosco. Não chega, portanto, ao Clube Municipal Chico Mendes, equipamento institucional público de grande porte foi construído no contexto do projeto do Parque Vila Anhumas. Assim, que nem o Parque nem a ciclovia estão plenamente conectados aos bairros do entorno e à cidade. (PERA, BUENO e ARRUDA, 2012).

A ideia de conferir sustentabilidade a uma política pública de habitação e recuperação ambiental está em sua capacidade de abranger e solucionar questões justapostas relacionadas com questões de melhoria social e ambiental. (PERA e BUENO, 2011) Soma-se a isso a capacidade que o projeto possui em se manter, ou seja, sua conservação e constante sustentação também por parte da gestão pública através de seus diferentes agentes. (BUENO, 2010).

Assim, uma das características mais relevantes do Projeto Parque Anhumas, no que diz respeito a sustentabilidade, aqui entendida em seu sentido social, diz respeito ao fato deste ser um dos poucos projetos de Campinas no qual as famílias beneficiadas não estão sendo em sua totalidade deslocadas para áreas periféricas da cidade, afastando-as dos seus locais de vida e de trabalho. Neste caso, houve a permanência de maior parte das famílias em seus locais originais, o que se destaca sobretudo por se tratar de terrenos localizados em uma área nobre e próxima das áreas centrais da cidade de Campinas, portanto, altamente vulnerável à especulação imobiliária. Os Núcleos Residenciais aqui pesquisados estão entre bairros de alto e médio padrão, portanto, muitos impasses ocorreram entre a população dos bairros formais e informais, pois a cidade legal via nas favelas um fator de degradação que proporcionava desvalorização imobiliária em seus imóveis (TORRES, 2007), além de serem marginalizados devido às más condições de habitabilidade e violência que as favelas acabam gerando.

Quanto à área do Sacadura Cabral, a participação da população e o compromisso do governo local com processos de democratização da gestão e enfrentamento da exclusão social através de ações integradas orientaram o percurso do projeto, atendendo às necessidades da população. Pode-se afirmar que houve melhoria significativa na qualidade urbana, ambiental e social. A obra de macrodrenagem (canalização e piscinão) proporcionou o fim das enchentes nas residências e no importante viário de interesse econômico regional. Soma-se a qualidade de que todas as habitações precárias foram erradicadas do perímetro e os moradores que viviam de comércio local puderam manter seus negócios nas áreas destinadas de uso misto dentro do empreendimento.

4 CONCLUSÕES

O sucesso da implantação dos projetos deveu-se à intensa participação dos moradores em todo o período – da reivindicação ao projeto e execução da obra. Mas o processo de alcance da cidadania, da autonomia, qualidade de vida urbana e habitacional não termina com a obra. As comunidades necessitam e são receptivas a todos os tipos de programas e projetos de educação, cultura, arte, empreendedorismo, que precisam ter continuidade. Dentro das atividades de trabalho e renda é preciso considerar o perfil dos próprios moradores. Como nos dois projetos não houve previsão de local para transbordo, os catadores acabaram por usar espaços livres para isso. O mesmo ocorre em relação às reformas, adaptações, melhorias e ampliações nas casas, prática culturalmente popular e economicamente necessária nestas comunidades. Diversos problemas podem ser prevenidos com contínua orientação técnica e acesso a financiamento para materiais e serviços técnicos. O terceiro aspecto é a dificuldade de inserção dos locais nas rotinas de manutenção, limpeza e controle urbano, que resulta em deterioração e mal uso. Outro aspecto a ser considerado é de que parte da população destes locais faz seu sustento a partir da coleta e comercialização de lixo reciclável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abramo, Pedro. A teoria econômica da favela: quatro notas sobre a localização residencial dos pobres e o mercado imobiliário informal. In Pedro Abramo (org). A cidade da informalidade: o desafio das cidades Latino-Americanas. Editora Sete Letras/FAPERJ, Rio de Janeiro, 2003.

Almeida, Estela. R. de Sacadura Cabral: resultados de urbanização da favela em projeto integrado. Relatório final de Iniciação Científica. PUC- Campinas. 2009.

Baltrusis, Nelson. O mercado imobiliário em favelas e o processo de estruturação do espaço. Tese (doutorado) FAUUSP. São Paulo. 2005.

Bueno, Laura M. M. Cidades Saudáveis: possibilidade ou autoengano? In: Aldalice Otterloo. (Org.). Tecnologias sociais - caminhos para a sustentabilidade. 1a ed. Brasília: Y+ES Conteúdo de Transformação, 2010.

Bueno, Laura M. M., Projeto e Favelas: metodologia para projetos de urbanização. Tese (doutorado) FAUUSP. São Paulo, 2000.

Denaldi, Rosana; Políticas de urbanização de favelas: evolução e impasses. Tese (doutorado) FAUUSP. São Paulo, 2003.

FIX, Mariana. 2007. Parceiros da Exclusão. BOITEMPO. São Paulo.

Freire, Cleir F. Uso do solo em APP nos projetos de urbanização de assentamentos precários no âmbito do Programa Habitat Brasil BID, Anais do I ENVIRON - International Congress environmental planning and management – Environmental challenges of urbanization, Brasília, 2005.

Oliveira, Giovanna O. Assentamentos precários em áreas ambientalmente sensíveis – Políticas públicas e recuperação urbana e ambiental em Campinas. Dissertação de Mestrado apresentada à PUC-Campinas, Campinas, 2008.

Pera, Caroline K. L.; BUENO, Laura M. M.; ARRUDA, Larissa P. Avanços e Desafios no Tratamento de Áreas Ambientalmente Sensíveis Urbanizadas: O Caso do Parque (Linear) e Vila Anhumas, CAMPINAS, SP. IN Anais do II Seminário sobre Áreas de Proteção Permanente Urbanas, Natal, 2012.

Pera, Caroline K. L.; BUENO, L M. M.; Sustentabilidade das políticas públicas de habitação e meio ambiente: impactos na dinâmica do mercado habitacional. IN Anais do VI Encontro Nacional e Encontro Latino – Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Vitoria, 2011.

Prefeitura De Santo André. Áreas Ambientalmente Sensíveis e Regularização Fundiária. Projeto GEPAM, 2006.

Tashner, Suzana P. 2006. Degradação ambiental em favelas de São Paulo. In TORRES. Haroldo e COSTA. Heloisa (orgs.) População e meio ambiente: debates e desafios. Editora SENAC. São Paulo

Torres, Haroldo. Indicadores da desigualdade ambiental. In ACSELRAD, Henri; MELLO, Cecília C. do A. e BEZERRA, Gustavo das N. O que é justiça ambiental. Rio de Janeiro. Editora Garamond, 2009.

Rolnik, Raquel. Copa 2014, Olimpíadas 2016 e megaprojetos - remoções em curso no Brasil. Relatório para ONU. 2014.

Inovações tecnológicas na taipa contemporânea

Rosana Soares Bertocco Parisi

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Instituto de Ciências Sociais, Departamento de Arquitetura, Poços de Caldas, MG/ Brasil / Rede PROTERRA / Rede TerraBrasil

rosanaparis84@gmail.com

Raymundo Rodrigues

Oikos Arquitetura e Ecologia do Habitat, Rezende, RJ/Brasil / Rede PROTERRA / Rede TerraBrasil

raymundo@oikos.arq.br

Glacir Teresinha Fricke

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Departamento de Arquitetura, Poços de Caldas, MG/ Brasil

glacir.fricke@gmail.com

ABSTRACT: This paper introduces possibilities of the vernacular construction technique to use nowadays: the rammed earth. This technique is being used in contemporary architecture projects, where it was being inserted innovative technologies, in order to rationalize the constructive process, and as the same time to facilitate and create a better quality in the project and also in the building final aspect. This project also presents, through various example and specifically some of them in Brazil, the environmental quality of these constructions which use the earth as the main material in the constructive process, whose use generates less waste and causes less impact on the environment which, in last analysis, collaborates with the aspects related to sustainability. It is intended to make it clear how much a technique as old as building rammed earth might be appropriate to contemporary constructive needs, fomenting the reflexion about the practices of building that continue, in a predatory way, destroying the natural resources in the planet.

Keywords: earth architecture, rammed earth, innovation

RESUMO: Este trabalho apresenta possibilidades de utilização na atualidade de uma técnica de construção vernacular, a taipa de pilão. Esta vem sendo empregada em projetos da arquitetura contemporânea, onde foram inseridas inovações tecnológicas, com a finalidade de racionalizar o processo construtivo e, ao mesmo tempo, facilitar e melhorar a qualidade do trabalho e o aspecto final das edificações. O trabalho também demonstra, através de exemplares diversos e especificamente alguns do Brasil, a qualidade ambiental dessas construções que empregam a terra como material principal do processo construtivo, cuja utilização gera poucos resíduos e provoca menores impactos ao meio ambiente o que, em última análise, colabora com aspectos relacionados à sustentabilidade. Pretende-se deixar claro o quanto uma técnica de construção tão antiga como a taipa de pilão pode estar adequada às necessidades construtivas contemporâneas, fomentando a reflexão sobre as práticas de construir que continuam, de maneira predatória, destruindo os recursos naturais do planeta.

Palavras-chave: arquitetura e construção com terra, taipa de pilão, inovações.-

1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Felizmente, o mundo contemporâneo ainda convive com muitas técnicas construtivas à base de terra, produto do saber, aprendizado e aperfeiçoamento de técnicas de construção vernaculares. Também felizmente, no século XXI tem-se produzido pesquisas e construções com o emprego da terra e outros materiais naturais, executados com técnicas para melhorar a qualidade, a racionalização dos materiais e da execução e/ou geração de resíduos, a agilidade da obra e a qualidade de vida.

Desde que os homens começaram a construir cidades, conforme Dethier (1982), a terra foi e continua a ser, através das tradições históricas e populares, um dos principais materiais de construção utilizados ao redor do planeta. Grandes personalidades do mundo, desde a antiguidade até os dias atuais, souberam apreciar as qualidades arquiteturais da terra. “A construção com terra não implica em usos restritivos a classes sociais específicas, pois essa tecnologia pode ser traduzida de maneira interessante através de uma variedade de formas e funções, e vem sendo empregada tanto nas mais simples quanto em sofisticadas edificações, expressando as especificidades culturais dos construtores”. Ao mesmo tempo, as construções com terra se adaptam aos mais diversos condicionamentos climáticos. “Portanto, esse material permite o conforto térmico, capaz de assegurar o equilíbrio entre as temperaturas exteriores e interiores”. (Dethier, 1982, p. 8).

Foram inventariados em todo o mundo cerca de vinte métodos tradicionais de construção com terra (Houben e Guillaud, 1989 e Dethier, 1982). Dentre esses, distinguem-se dois processos principais que estiveram praticamente presentes em todo o percurso de desenvolvimento das Arquiteturas de Terra, desde tempos mais remotos: de um lado a taipa, *pisé de terre*, expressão que apareceu na França, em Lyon, em 1562, de origem latina, que designa o princípio de construção de paredes espessas (em torno de 50 cm), em se compactando a terra contida em estruturas com trama de tábuas laterais, deslocadas à medida que o trabalho se desenvolve. Como a parede de taipa, ora designada de pilão, é executada entre moldes de madeira, a medida que cada trecho vai ficando pronto, depois de seca a terra, o taipal é retirado. A taipa de pilão dá origem a grandes blocos cujas medidas decorrem das medidas dos taipais. No passado, a espessura média das paredes de taipa era de 60cm, embora pudesse ter 30cm ou até 1,50m, o que acabou sofrendo alterações no decorrer dos anos. Sobre os solos, em geral, os arenosos são os mais indicados para a taipa de pilão e quando bem selecionados podem não necessitar de aglomerantes ou outros aditivos, podendo resultar em paredes bastante resistentes e duráveis (Hoffman, Minto e Heise, 2011). Isso decorre da facilidade da retirada desse tipo de solo, seja de uma jazida externa ou do próprio canteiro de obras assim como o processo de secagem, de destorroamento e peneiramento do mesmo. Mesmo que outros tipos de solo venham a ser utilizados é importante que não contenham matéria orgânica. Ainda de acordo com Hoffmann, Minto e Heise (2011, p.50), “grande parte dos estudos indica que os solos adequados para a taipa devem apresentar baixa quantidade de silte, pouca matéria orgânica, e teor em torno de 30% de argila e 70% de areia”.

Por conseguinte, percebe-se que desde tempos imemoriais até hoje, a terra tem sido utilizada há séculos para edificar uma gama extremamente variada de edificações que vão, entre outros, de residências até pirâmides e igrejas.

1.1 A Disseminação da Taipa pelo Brasil e América Latina

De acordo com Fernandes (2008), o Brasil é o país da América Latina que apresenta maior patrimônio construído em taipa. A existência e disseminação da mesma pelo Brasil, incluindo o atual Uruguai, vem da influência colonial Portuguesa durante o processo de colonização desse vasto território. Na região sudeste do Brasil, especificamente no estado de Minas Gerais, conforme apontam Rodrigues e Santos(2007), a maior parte da arquitetura dos anos oitocentos e novecentos foi erguida com o emprego de técnicas de pau a pique, adobe e taipa de pilão. Fernandes (2008) comenta ainda que para além das habitações, a taipa ou taipa de pilão foi utilizada na construção de igrejas, fortificações e edifícios públicos. No estado de São Paulo, durante o século XIX, são inúmeros os edifícios em taipa, em cidades como Campinas, Itu, Sorocaba e Itapetininga, que estão entre as mais mencionadas nos relatos dos viajantes. Os edifícios como o Colégio da Companhia de Jesus em Piratininga (antiga São Paulo) e as casas bandeiristas no meio rural são descritos como exemplares primorosos onde houve o emprego dessa técnica. Alguns exemplos são datados dos séculos XVII e XVIII e foram construídos com

paredes exteriores de taipa de pilão e interiores de pau a pique, a taipa de mão. Só para citar alguns casos do estado de São Paulo, a casa do Sítio Morrinhos (atual Jardim São Bento na zona Oeste de São Paulo), a casa do Sítio do Mandu (Cotia) e a casa de Santana de Parnaíba, entre outras. Destacam-se dois exemplares significativos de edifícios altos em taipa de pilão executados no Brasil: Igreja Matriz de Nossa Senhora do Pilar, iniciada em 1753 em Ouro Preto-MG, e a Catedral de Campinas-SP, iniciada em 1808.

Outro estado brasileiro onde a construção em taipa era predominante é o estado de Goiás, que apesar de ser um local rico em pedras, os edifícios públicos como a Casa da Câmara e Cadeia, além de inúmeras habitações na Vila Boa de Goiás, são destacados por Lyra (1993). Nos estados do Norte e Nordeste como o Pará, Ceará e Baía e do Sul do Brasil como Santa Catarina, a presença da taipa de pilão é também uma constante em edifícios históricos. Mendonça (2005) aponta que imóveis como o hospital de Belém no Pará, do século XVIII assim como o Forte do Castelo até as muralhas da cidade do Salvador-BA, hoje desaparecidas, além de habitações em São Luís no Maranhão, são exemplos de construções em taipa. Quando se observa a América Latina, a colonização Ibérica ultramarina fez-se sentir também por via da engenharia militar em muitos países. A partir do século XVIII, recorreu-se muitas vezes à taipa com adição de cal para elevação de diversificados edifícios. A *tapia* e a taipa militar estão na origem de modelos arquitetônicos e acadêmicos no noroeste argentino, além dos exemplares de edificações na Guatemala, no Chile e no México e que chegaram até meados do século XX com soluções *art déco* e ainda modernistas. O Capitólio de Caracas na Venezuela é um dos maiores exemplos conhecidos. Tal edificação, de linhas ecléticas, foi construída no início do século XX e teve suas paredes exteriores elevadas em taipa, de acordo com Viñuales (1993).

1.2 Industrialização e Racionalização

Em períodos mais recentes, a partir da evolução econômica e demográfica dos continentes, as arquiteturas de terra têm conhecido destinos diferentes. Nos países do denominado terceiro mundo, por vezes, as arquiteturas de terra continuam a ser utilizadas de maneira quase constante, exatamente onde o seu emprego esteve associado à tradição. Porém, esse não é mais o caso de países enriquecidos pela exploração do petróleo, onde a arquitetura de terra tendeu desaparecer, em favor de cópias de estereótipos arquiteturais e tecnologias importadas da América do Norte e Europa. De acordo com Dethier (1982), nos Estados Unidos, tradições indígenas e espanholas de construções de adobe, particularmente presentes no sudoeste do país, foram muito fortes até meados do século XIX, tanto no Novo México, na Califórnia, quanto em estados vizinhos, e algumas sobreviveram, às vezes de modo inesperado, a esses processos de industrialização.

Na Europa manteve-se a prática da construção com terra em algumas localidades de diferentes países, como por exemplo, em Lyon, na França, até o fim do século XIX, quando era comum construir com terra tanto junto da classe operária quanto nas construções encomendadas pela burguesia. No campo, de maneira geral, essa prática prolongou-se com certa frequência até a II Guerra Mundial.

Foi essa mesma tradição que os colonos europeus levaram para a Austrália, onde a utilização da taipa ou do adobe apareceu desde o princípio do século XIX. Dethier (1982) também comenta que na Austrália essas técnicas foram amplamente aplicadas e desenvolvidas no século XX, impulsionadas por muitas pesquisas e aperfeiçoamentos técnicos.

O processo de racionalização e de mecanização da taipa e do adobe, na Dinamarca, Alemanha e Itália a partir de meados de 1790, quanto nos Estados Unidos a partir de 1806 e na Austrália, a partir de 1823, foi impulsionado principalmente pela publicação parcial de trabalhos e textos do arquiteto francês François Cointereaux. Durante a Revolução Francesa, Cointereaux inventou aquilo que denominou por “nova taipa”, que implicava em tijolos comprimidos por uma prensa mecânica patenteada sob o nome de “*la Crécise*”, que gerava tijolos de bom acabamento e um

tamanho expressivo que acabaram conhecidos como *'pedras factícias'*. Para os estudiosos, ainda que tenha recebido a denominação de "nova taipa", o método é o primórdio daquilo que gerou o processo de fabricação com prensa dos Blocos de Terra Comprimida, os conhecidos BTCs.

O arquiteto evocou essa racionalização das tradições ancestrais e populares de sua região inteiramente a serviço da nova sociedade instaurada na França, visando responder às suas necessidades prementes. Com as técnicas de construção com terra, concebeu tanto casas urbanas quanto rurais, adaptadas a todas as classes sociais, como edificações próprias para o desenvolvimento econômico do país: das explorações agrícolas às manufaturas da era industrial. Para Cointereaux citado por Dethier (1982, p.9), *"a valiosa arte da taipa representa, para uma nação educada, um meio certo de fazer florescer seus campos, seu comércio e sua indústria"*. Assim, empreendeu esforços consideráveis para ver suas ideias conhecidas e adotadas, publicando mais de 50 obras por 22 anos em que, de modo polêmico, justificava suas escolhas tecnológicas para a nova sociedade.

2 A TAIPA DE PILÃO CONTEMPORÂNEA

De acordo com a ABCTerra (2009), pode-se dizer que a taipa de pilão nos últimos 20 anos tem obtido novas versões com tecnologia modificada e mecanizada, permitindo construções mais racionais e limpas, induzindo a uma especialização e certa redução da mão-de-obra.

Na Austrália e no sudoeste dos Estados Unidos, de acordo com Minke (2005), a taipa é muito utilizada, sendo trabalhada com maior emprego de equipamentos e melhor rendimento que as construções tradicionais. Aí se utilizam tanto formas deslizantes, confeccionadas com metal, quanto compactadores elétricos por vibração ou compactadores pneumáticos.

A compactação faz com que as paredes tenham baixa retração e quase não apresentem trincas e rachaduras. Dessa maneira, a taipa contemporânea, quando bem empregada apresenta excelente desempenho e contribui para a busca pela sustentabilidade na construção. Conforme Fernandes(2008), hoje a taipa é utilizada em locais onde historicamente não se conhecia o seu emprego, de que são exemplo a arquitetura de Rick Joy no Estados Unidos da América ou as construções de Martin Rauch na Suíça e na Áustria. De um sistema construtivo confinado a um determinado sítio e historicamente delimitado, a taipa passou a ser uma técnica construtiva contemporânea, empregando, por exemplo, um sistema otimizado de formas deslizantes desenvolvido no Forschungslabor fur Experimentelles Bauen (FEB), de Kassel, na Alemanha, coordenado pelo arquiteto Gernot Minke nos anos 2000.

Os compactadores do tipo RAM II G da empresa Atlas-Copco são apropriados para o aprisionamento das paredes de taipa, segundo Minke (2005). Porém, há na atualidade algumas empresas americanas, alemãs, francesas e australianas que produzem equipamentos eficientes para a execução da taipa de pilão contemporânea, com grande qualidade. Tanto através da tecnologia mencionada, quanto por meio de obras de arquitetura recentes, como a Igreja projetada pelos arquitetos Hodge & Wilson, construída em Margaret River ou o Hotel Kooralbyn Valley Resort, projeto dos arquitetos I. Hannaford, F. Raadschelders e D. Oliver da Austrália observam-se os exemplos interessantes das inovações tecnológicas promovidas no processo de construção da taipa de pilão.

No Brasil, pode-se dizer que Taipa foi 'redescoberta' em meados dos anos 70 e aprimorada graças aos avanços tecnológicos, conquistando respeito crescente entre arquitetos e designers preocupados em projetar construções energeticamente eficientes e saudáveis. Neves (2001) aponta que com o aumento constante e crescente da demanda de edificações, surgiram como forma preliminar de competição no setor, as tentativas de produção em escala e de inovações tecnológicas em obras de taipa. A variedade de materiais e componentes disponíveis no mercado e de processos produtivos praticados exigiram, também segundo Neves(2000),

especialmente a partir da segunda metade da década de 80, a introdução de conceitos para avaliar as inovações tecnológicas, caracterizando-se, basicamente, pela definição de critérios para avaliação de desempenho de produtos e para mensuração, ainda que rudimentar, de indicadores de produtividade. Mais recentemente, Neves (2013) comenta que durante o 2º SIACOT- Seminário Ibero Americano de Arquitetura e Construção com Terra de 2003 foi a primeira vez em que ouviu falar sobre processos de mecanização da Taipa “não como uma atividade embutida na aplicação de um conceito filosófico, mas decorrente da necessidade de se trabalhar com a terra para a recuperação de uma muralha na Espanha onde não havia mão de obra para trabalhos pesados”.

Mas sem dúvida, um dos fatores que contribuiu para a nova etapa de disseminação no Brasil e a incorporação de mecanização no processo construtivo de construções de taipa de pilão foram a parceria ocorrida entre a UNIMEP- Universidade Metodista de Piracicaba-SP e o CRATerre, organismo com sede junto a École National Supérieure d’Architecture de Grenoble na França a partir da década de 90 do século XX, quando o Arquiteto Hélio Dias da Silva, que realizara Doutorado em Grenoble, atuou como Coordenador de Projetos da Reitoria da mencionada universidade. A partir do trabalho desenvolvido pela UNIMEP, protagonizado pelos arquitetos Hélio Dias e Eduardo Salmar de Taveira que os estudantes André Faleiros Heise, Fernando Cezar Negrini Minto e Márcio Vieira Hoffmann, hoje arquitetos, iniciaram seus trabalhos com essa ‘Taipa Contemporânea’, no período de 1994 a 1998, quando cursavam Arquitetura na referida universidade.

Hoffmann e Heise (2006) afirmam que deve-se conceber a arquitetura e construção com terra de forma que seja possível a industrialização da produção. Isso implica em um processo de produção de alta tecnicidade, com participação ativa dos operários e onde seja possível implantar programas de controle de qualidade. Só assim será possível uma técnica construtiva realmente viável e competitiva, tanto em termos da velocidade de produção quanto em termos econômicos. Por uma gama de motivos, sejam técnicos, científicos ou éticos bastante discutidos atualmente, não é mais possível pensar em conceber projetos de arquitetura que utilizem materiais com elevado consumo de energia no processo de produção, nem em sistemas construtivos com demasiado custo de transporte ou produção excessiva de resíduos. Acreditam ainda que no canteiro de obras não é possível impor uma forma de trabalho em que o domínio da técnica seja utilizado como ferramenta de imposição de tarefas. Para Hoffmann e Heise (2011) é importante a investigação tecnológica como um instrumento para servir a sociedade e não apenas como objetivo econômico. Em suas obras torna-se evidente que com o emprego da taipa não pretendem restabelecer o desenho do sistema construtivo, com pesadas formas e travamentos ou qualquer das relações trabalhistas praticadas no passado. Ao propor a construção com a taipa contemporânea, pensa-se em inovação em todos os sentidos.

Atuando em conjunto nas empresas Fato Arquitetura e Taipal Construções em Terra, sediadas em Piracicaba-SP, Heise, Minto e Hoffmann até 2009 faziam painéis e pequenas obras de taipa de pilão empregando formas de madeira ou mesmo estrutura metálica, adequadas à cada obra. Naquele momento, a terra era preparada à mão, com o uso de peneiras manuais, pás e enxadas. A taipa contemporânea utilizada por essa equipe é moldada *in loco*, compactada em camadas e apresenta alta resistência à compressão e baixa resistência à tração e não pode ser armada, pois tem pouca adesão a quaisquer tipos de estrutura. Essas são as principais características do sistema construtivo que devem ser consideradas no projeto.

Reforçando as reflexões surgidas durante o processo de projeto e o canteiro para a produção de obras em taipa, Minto (2009) afirma que é no canteiro experimental que ocorrerão as constatações, ou até a necessidade de distintas soluções. Por essa razão, os arquitetos da Fato e da Taipal intensificaram as buscas por equipamentos existentes fora do Brasil quando adaptaram e desenvolveram a fôrma metálica com sistema articulado para montagem, desmontagem e elevação assim como um misturador de pás rotativas para o preparo dos solos

que tornasse o processo produtivo menos desgastante, menos oneroso e mais eficiente. Para que fosse possível a cada dia aprimorar os trabalhos realizados, pensando nas relações entre projeto e canteiro, Hoffmann (2013) comenta que o projeto em taipa deve ser pensado desde sua concepção. Segundo os arquitetos, atualmente a Taipal e a Fato são procuradas – via site – para orçar muitos projetos.

Os proprietários das duas empresas acreditam que os arquitetos brasileiros pouco pensam na relação do desenho e da concepção projetual com o sistema construtivo, reforçando a importância da apreensão das tecnologias e as necessárias inovações ou adaptações advindas da reflexão integrada entre projeto, canteiro de obras e processo construtivo.

Desde as primeiras obras, as empresas nunca tiveram problemas em ensinar um bom pedreiro a construir com taipa. Via de regra, em dois ou três dias o operário domina os equipamentos e a dosagem (prumo e nível da forma, operação do misturador, controle da compactação e da umidade da terra) para executar os serviços com a taipa de pilão. Apenas a definição do traço (análise do solo e determinação da correção e/ou adição de estabilizantes) são de difícil compreensão. Hoffmann (2013) salienta que um trabalhador estafado não controla nada. Com o uso das máquinas para a mistura da terra incorporado a partir de 2009 e da compactação das paredes monolíticas tem-se o controle dessas etapas. O mesmo autor comenta: “Uma boa fôrma, metálica ou madeira, determina as outras características das paredes. A diferença de qualidade da taipa de pilão quando executada com uma boa fôrma é visível. Entretanto, a principal distinção entre o sistema atualmente utilizado daquele que no início era empregado é a produtividade, que possibilita a diminuição do prazo da obra e, conseqüentemente, o custo”.

Mais três outros escritórios que executam obras com o emprego da taipa de pilão no Brasil foram contatados e questionados sobre a maneira que realizam seus trabalhos, respectivamente o do Designer Daniel Mantovani, da empresa Taipa+Design, que atua na região de Campinas-SP, no Sudeste do Brasil, que foi aluno do professor e arquiteto Eduardo Salmar Taveira na UNIMEP e que conheceu a técnica construtiva da taipa em 2001, os arquitetos Márcia Macul e Sérgio Prado, da ONG Curadores da Terra e Verdever, que atua na região do Litoral Norte paulista, no estado de São Paulo, também na região Sudeste do Brasil, que conheceram a “taipa contemporânea” na Universidade de São Paulo em 1995 através do contato com o Prof.Dr. Sylvio Sawaya e a arquiteta Ana Carolina Veraldo, que atua no estado do Mato Grosso do Sul, na região Centro-Oeste brasileira, que teve contato com a taipa de pilão através de oficinas de Bioconstrução por volta do ano 2000, quando ainda era estudante. Os três escritórios afirmaram ainda utilizar o sistema tradicional de trabalho, isso é, a compactação manual com o emprego de pilões de madeira. Porém a arquiteta Ana Paula utilizou a taipa mecanizada em um projeto experimental realizado na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul onde houve a participação da empresa Taipal, anteriormente mencionada. Quanto às fôrmas, ora empregam aquelas confeccionadas com madeirit plastificado, ora empregam fôrmas metálicas.

Quando consultados sobre o que ocorreu em termos de inovações tecnológicas na taipa de pilão que atualmente executam, as respostas foram, respectivamente, a utilização de betoneira para a mistura e homogeneização da argamassa, a inserção de micro-fibras na mistura do solo-cimento empregado na confecção dos painéis de taipa, a mecanização da produção em apenas um projeto e os detalhamentos construtivos para auxiliarem a confecção e a qualidade do processo produtivo da taipa. Houve ainda, por parte dos arquitetos Márcia Macul e Sérgio Prado, um trabalho com as comunidades envolvidas em cada um dos projetos que é denominado como “Bioeconomia Pragmática para comunidades”, aliando a questão da sustentabilidade econômica e ambiental à sustentabilidade social. Por esse viés, os arquitetos sensibilizam os envolvidos no processo de reaproveitamento de resíduos advindos da construção não só durante a obra, mas também depois da mesma ser concluída e passarem a utilizá-la para quaisquer finalidades.

Após a apresentação das maneiras de como a Taipa foi disseminada e modificada no decorrer da história, sob os aspectos econômicos, culturais, construtivos, ambientais e sociais, percebe-se o quanto uma técnica de construção tão antiga pôde e pode estar adequada às necessidades construtivas contemporâneas. Uma utilização adequada ao contexto, às disponibilidades de materiais e de recursos, assim como às necessidades de cada segmento social pode levar a uma reflexão mais aprofundada sobre os processos construtivos que continuam, de maneira predatória, manipulada ou excludente, destruindo os recursos naturais assim como as possibilidades de melhoramentos, de aprendizado e investigações sobre perspectivas futuras de novos usos. De acordo com Beirão (2005) “torna-se, portanto, urgente a criação de cursos dirigidos a empreiteiros e operários que possam tornar mais familiar este material, esta técnica e os processos de otimização disponíveis”.

3 ESTUDOS DE CASO

A partir dos relatos e da experiência das empresas mencionadas, apresenta-se o envolvimento da Fato e Taipal em duas obras distintas, a saber, uma residência em Joanópolis-SP, batizada como Casa BJA, com projeto de arquitetura concebido entre 2008-2009, de autoria do escritório Bernardes e Jacobsen, de São Paulo-SP e uma obra de um escritório de uma fazenda produtora de grãos localizada em Taquarivaí-SP, cujo projeto arquitetônico ficou a cargo do arquiteto Fernando Minto, colaborador da Fato e Taipal. Da empresa Taipa+ Design, apresenta-se uma obra comercial realizada em Piracicaba-SP, cujo projeto arquitetônico é do escritório Venâncio Arquitetura, do Arquiteto Maurício Venâncio, de Limeira-SP também concebido em 2009. Outros projetos como a “Casa de Terra Caiuás”, construído pela Arquiteta Ana Carolina Veraldo, em Fátima do Sul, Mato Grosso do Sul e o Centro Comunitário na Praia do Camburi, em Ubatuba-SP, dos arquitetos Márcia Macul e Sérgio Prado da ONG Curadores da Terra/ Verdever, são também exemplares interessantes apresentados posteriormente.

3.1 A Residência em Joanópolis-SP

Com área construída de 1100m², esta obra situada à beira de uma represa em Joanópolis-SP, Brasil teve sua construção iniciada em 2009. Os arquitetos André Heise e Márcio Hoffmann foram contratados para executar essa grande obra que, pela complexidade, exigia um aprimoramento do sistema de execução dos painéis de taipa. Resolveram apostar nas possibilidades de inovações do sistema construtivo em taipa e fazer um grande investimento em equipamentos – o misturador de pás rotativas mencionado anteriormente, cuja adaptação e melhoramento foi desenvolvido pela própria equipe. A estrutura metálica das fôrmas empregadas, advinda de experimentações anteriores, foi na obra empregada em grande escala e modular. Foi utilizado um compactador pneumático, adquirido nos EUA, já que no Brasil ainda não era comercializado esse tipo de equipamento. Nas Figuras 1, 2 e 3 podem ser observadas as variações e o acabamento da taipa “mecanizada” na obra da BJA em Joanópolis.



Figura 1. Processo de peneiramento e algumas paredes da Casa BJA. Figura 2. A relação entre a taipa de pilão e a paisagem natural exuberante em Joanópolis-SP e Figura 3. Detalhe de uma das paredes monolíticas e a tubulação de água independente da parede de taipa. Projeto: Escritório Bernardes & Jacobsen Arquitetura. Execução: TAIPAL Construções. Créditos: Hoffmann, Márcio Vieira. 2013

3.2 O Escritório de fazenda em Taquarivaí-SP

O escritório de Taquarivaí - SP, instalado dentro de uma fazenda produtora de grãos teve projeto arquitetônico do Arquiteto Fernando Minto. Na obra realizada em 2012, a TAIPAL executou apenas as paredes de taipa. O tempo de obra de taipa foi de aproximadamente 40 dias, trabalhados com cinco operários. Esses mesmos homens foram os que haviam construído a primeira obra em taipa de pilão para a TAIPAL em Joanópolis-SP. Nas duas obras foram utilizadas as primeiras grandes fôrmas modulares em estrutura metálica. Por causa da espessura das paredes (45 cm a 50 cm), as fôrmas foram muito exigidas e tiveram de ser completamente reformadas depois da obra de Taquarivaí. Empregou-se nessa obra aproximadamente 120 m³ de solo. O proprietário dessa fazenda possuía o mapeamento dos diversos tipos de solos da propriedade, o que proporcionou uma variedade de camadas distintas e desenhos nos painéis de taipa.

Os arquitetos da TAIPAL (2013) afirmaram que, com a grande diversidade de solos disponíveis e acessíveis, foi como analisar, avaliar e escolher os tipos de solos que desejavam a fim de que fosse possível obter efeitos estéticos e de estabilização e os tratores da fazenda retiravam as porções de cada tipo de terra e as depositavam junto do canteiro de obras para a utilização. Os ensaios com cada tipo de solo foi realizado durante o período de construção observando as recomendações de Neves, Faria et al (2005) constantes da publicação sobre Seleção de Solos disponibilizada pela Rede Iberoamericana de Arquitetura e Construção com Terra (PROTERRA). Nessa experiência da obra de Taquarivaí houve o primeiro problema de funcionamento com o misturador desenvolvido pela empresa, pois o mesmo foi muito solicitado em função das necessidades da obra. Relativo a esse equipamento, Hoffmann e Heise (2013) afirmam que estão procurando a melhor relação entre motor, redutor e estrutura. O compactador americano da Chicago Pneumatic CP0003 é próprio para a taipa de pilão, de propriedade da empresa nunca apresentou problemas. Imagens da obra concluída podem ser observadas nas Figuras 4 e 5.

Quando questionados sobre os possíveis problemas de uma obra dessa natureza, os arquitetos Taipal (2013) afirmaram que recentemente estiveram em Taquarivaí e que, depois de quase um ano de obra concluída, havia apenas três pequenos orifícios na superfície externa de uma das paredes.



Figura 4. Visão externa da obra concluída e Figura 5. O interior da sala da diretoria da empresa. Créditos: Hoffmann, Márcio Vieira (2013)

Recomendaram serem preenchidos com o mesmo solo e com o mesmo traço utilizado durante a obra para que não ocorram problemas maiores relativos ao desgaste da taipa. Afirmaram ainda que o proprietário está satisfeito e orgulhoso de seu escritório executado com terra e que o mesmo sempre comenta sobre o espanto que os visitantes da fazenda apresentam quando deparam com as extensas paredes monolíticas de terra desse escritório.

3.3 A Kraft Foods do Brasil, Piracicaba-SP

Esta obra foi realizada em 2011 pelo escritório Taipa+ Design, sob a responsabilidade de Daniel Mantovani, com projeto de arquitetura do escritório Venâncio Arquitetura, concebido em 2010.

A Kraftfoods é uma empresa multinacional de alimentos instalada em Piracicaba, em terreno estratégico. A ideia era através do projeto de arquitetura, que tem área de 60 m², proporcionar aos funcionários um espaço de leitura, descanso e lazer com características ecológicas e sustentáveis, caracterizado pela delicadeza e requinte de seus acabamentos. Foram empregados materiais como madeira plástica, bambu no forro e no piso, telhado verde sobre estrutura de eucalipto tratado e a energia gerada por placas fotovoltaicas, além das paredes de taipa de pilão. Uma parte da mão de obra já havia trabalhado anteriormente em outras obras onde ocorrera o emprego da taipa. A sustentabilidade desse projeto apresenta-se através de seus aspectos social e ambiental. A obra pode ser observada através da Figura 6.



Figura 6. Visão Geral do Espaço de Leitura da Kraftfoods e detalhe da cobertura e das paredes de taipa. Créditos: Mantovani, Daniel (2011). Taipa + Design

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se perceber que também através do emprego de materiais naturais, do conhecimento das técnicas de construção e do desenvolvimento e adaptação tecnológica das mesmas é possível a obtenção de inovações tecnológicas com resultados satisfatórios e menos impactantes. Verifica-se que, em muitos países de todo o mundo, dentre os mencionados Austrália, Estados Unidos e Alemanha, já há o domínio de métodos de inovação tecnológica que passam pela combinação de materiais como a terra e as fibras naturais com outros materiais industrializados, agregados por vezes aos princípios bioclimáticos, herdados do bom senso popular tradicional.

Porém, assim como as outras inovações tecnológicas em curso, as pesquisas e as experimentações com a taipa devem prosseguir, procurando tornar a vida, o habitat e a passagem do homem pelo planeta Terra uma experiência mais gratificante, mais prazerosa e por conseguinte, mais encantadora e menos impactante.

5 AGRADECIMENTOS

Aos Arq. Márcio Vieira Hoffmann, Arq. André Faleiros Heise e Arq. Fernando Minto- Fato Arquitetura e Taipal Arquitetura & Construções, a Daniel Mantovani, da empresa Taipa + Design, aos arquitetos Márcia Macul e Sérgio Prado, da ONG “Curadores da Terra”, à Arquiteta Ana Carolina Veraldo, à Engenheira Célia Martins Neves, do Conselho Consultivo da Rede Ibero Americana de Arquitetura e Construção com Terra, ao Prof. Eng. Normando Perazzo Barbosa, do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental e Engenharia de Materiais da UFPB, ao Arq. Eduardo Salmar de Taveira, professor da UNIMEP, Piracicaba e membro da Rede Ibero Americana PROTERRA, pelas entrevistas concedidas, informações e fornecimento de imagens.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira Dos Construtores Com Terra. ABC Terra (2009). Texto referencial. Disponível <http://www.abcterra.com.br/index2.htm>. Acesso em 27/11/2013

- Beirão, T. (2005). Taipan a Arquitetura contemporânea. In *Arquitetura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum, p.35-38.
- Dethier, J. (Org) (1982). *Arquitetura de Terra ou o futuro de uma tradição milenária*. Rio de Janeiro, Centre Georges Pompidou/Avenir Editora. 208p.
- Di Marco, A.R. *Pelos caminhos da terra* in Revista Projeto nº65, julho de 1984, p.47-52.
- Di Marco, A.R. *MASP abriga agora a terra como arquitetura* in Projeto nº 65, julho de 1984, p. 53-57 57.
- Farah, M.F.S. (1990) *apud* NEVES, C.M.M. (2001). Qualidade do Ambiente Construído: a trajetória dos valores da construção civil. TECBAHIA, Camaçari-BA, v. 16, n.2, p. 69-73.
- Fernandes, M. (2008). A Taipa no mundo. Artigo apresentado no Seminário de Construção e Recuperação de Edifícios em Taipa, Câmara Municipal de Almodôvar, cópia impressa.
- Flores, R. (2005). A construção em taipa de pilão no Brasil: as Casas Bandeiristas de São Paulo. *Arquitetura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum, p. 92-95.
- Hoffmann, M.V. & Heise, A.F. (2006). Painéis em Taipa de Pilão Contemporânea. In: REDEPROTERRA. Workshop. I Seminário de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil/ IV Seminário de Arquitetura e Construção com Terra em Portugal. Ouro Preto-MG.
- Hoffmann, M.V. & Heise, A.F. (2007). *Arquitetura e Construção com terra em Taipa de Pilão*. In: 1º. Encontro Nacional Arquitetura e Construcción em Tierra Cruda. Santiago, Chile.
- Hoffmann, M.V.; Minto, F.C.N.; Heise, A.F.(2011). Taipa de Pilão. In NEVES, C. M.M; FARIA, O. B. (Org.). *Técnicas de construção com terra*. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA. p.46-61.
- Houben, H; Guillaud, H. (1989). *Traité de Construction em Terre*. Marseille. Editions Parenthèses, p.15.
- Lyra, S.P.C. (1993). O uso da taipa de pilão em construções Luso-Brasileiras. *Terra 93, comunicações, 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura em Terra*. Lisboa: DGEMN, p. 296 -298.
- Mendonça, M. (2005). O uso da terra na construção da antiga capital da América Portuguesa: uma memória. *Arquitetura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum, p. 86-91.
- Minto, F.C.N. (2009). A experimentação prática construtiva na formação do arquiteto [online]. São Paulo : Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado em Tecnologia da Arquitetura. [acesso 2012-04-09]. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-26042010-152603/>>.
- Minke, G. (2005). *Manual de Construcción em Tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación em la arquitectura actual*. Montevideo: Editorial Fin de Siglo, p.65.
- Neves, C.M.M. (2000). Qualidade do ambiente construído: a trajetória dos valores da construção civil. In Congresso do CIB- "Conseil International du Bâtiment". São Paulo, 9p.
- Neves, C.M.M. et al. (2005). Seleção de solos e métodos de controle para construção com terra. In, CD- ROM REDEPROTERRA, Portugal.
- Rodrigues, R. & Santos, M. (2007). O resgate do uso da terra crua e seus desdobramentos na cidade de Tiradentes e região. *Terra em Seminário 2007* (V ATP e TERRABRASIL 2006). Lisboa: Argumentum, p. 285-287.
- Viñuales, G.M. (1993). A construção com terra em IberoAmerica. *Terra 93, comunicações, 7ª Conferência Internacional sobre o Estudo e Conservação da Arquitectura em Terra*. Lisboa: DGEMN, 148-152.

Estudo de Caso de 3 Paredes Verdes em Brasília – DF / Brazil: análise fitogeográfica e morfológica

Pedro Sorte

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, , Brasília, Distrito Federal, Brasil
pedrodiasbs@gmail.com

Caio Silva

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Distrito Federal, Brasil
caiofreds@gmail.com

Marta Romero

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Distrito Federal, Brasil
bustosromero@gmail.com

ABSTRACT: The vegetation have an influence on the thermal comfort at urban spaces, contributing to diminish extreme temperatures and low air humidity rates. This is possible because vegetation provides shadow areas and humidity by evapotranspiration process. This article will focus on vegetation usage on green walls. The main goal of this work is the bring on a phytogeographic and morphological analysis on 3 greens walls located in Brasília - DF - Brazil. It was verified size dimensions, fixation system, location, geographic orientation, vegetation growth habit, species and the classification of the vegetation as natural or exotic to the cerrado bioma. Results shows dimensions that goes from 30 m² to 160 m², the use of industrialized systems, interior or exterior presence, the absence of preference regarding the geographic orientation when on exterior walls and the predominant usage of exotic vegetation.

Keywords: green walls, vegetation, exotic, native.

RESUMO: A vegetação cumpre papéis relacionados ao conforto térmico ambiental dos espaços urbanos, contribuindo para a amenização dos extremos térmicos e combatendo os baixos índices de umidade. Isto é possível por meio do sombreamento e transporte de umidade pelo processo de evapotranspiração. Este artigo focará no uso da vegetação em *Paredes Verdes*. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo de caso de 3 paredes verdes presentes nas edificações em Brasília – DF levando em consideração seus aspectos fitogeográfico e morfológico. Verificou-se as dimensões físicas, o tipo de sistema, a disposição (interna ou externa), a orientação geográfica (para paredes externas), o hábito da vegetação, a espécie e sua classificação em exóticas ou próprias do bioma cerrado. Os resultados apontam para dimensões que variam de 30 m² a 160 m², uso de sistemas industrializados, disposição interna e externa, ausência de preferência em relação à disposição geográfica quando utilizada em área externa e uso dominante de vegetação herbácea exótica.

Palavras-chave: paredes verdes, vegetação, exótica, nativa.

1 INTRODUÇÃO

A vegetação cumpre papéis relacionados ao conforto térmico ambiental dos espaços urbanos, contribuindo para a amenização dos extremos térmicos e combatendo os baixos índices de umidade. Isto é possível por meio do sombreamento, que segundo Olgyay (1973), diminui a incidência solar nos ambientes e evita o acúmulo de energia, bem como o transporte de umidade pelo processo de evapotranspiração, o qual diminui a temperatura do entorno e eleva a umidade do ar circundante.

Essas características fazem com que a vegetação seja hoje, uma das ferramentas para se mitigar os efeitos das ilhas de calor e diminuir o consumo de energia das cidades (Mascaró, 2000).

A vegetação mais popular para compor o espaço urbano é aquela de hábito arbóreo, pois promove uma maior área de sombreamento e influência no ambiente, afetando escalas locais, como ruas, até escalas maiores, como bairros.

Entretanto, novos usos de vegetação começam a surgir e outros hábitos são explorados, ocupando principalmente os edifícios, como é o uso de vegetação nas paredes e coberturas.

A vegetação presente nas cidades, além de propiciar conforto térmico, impacta na biodiversidade dos ecossistemas urbanos, sendo uma ferramenta, em menor escala, para preservar ou melhorar a biodiversidade (Savard et al, 2000). É também uma forma de criar conexões entre áreas verdes maiores e distantes umas das outras (Flink, 1993) e podem representar uma percentagem significativa da cobertura vegetal de um país. Segundo Dwyer (2000), a vegetação nos municípios urbanos dos EUA representam quase 25% da cobertura vegetal total deste país.

Neste sentido, este artigo focará no uso da vegetação em paredes de edifícios, sendo denominada de *Paredes Verdes*, às quais se apresentam geralmente de duas maneiras: com a vegetação aderida diretamente à fachada ou aderidas a sistemas industriais pré fabricados. Quando a vegetação é aderida à fachada, se utiliza algum substrato, como uma tela metálica, com um espaçamento em relação a parede, e que serve para que a vegetação, de hábito trepador, plantada no solo ou em caixas suspensas, se fixe e ascenda aos andares mais altos da edificação. No caso dos sistemas industriais pré fabricados, cada indivíduo, de hábito herbáceo, é plantado em um recipiente e instalado em um módulo, o qual é provido de um sistema de irrigação. O conjunto destes módulos forma uma parede.

Para melhor aproveitamento dos benefícios da presença de vegetação nos ecossistemas urbanos, a escolha da espécie utilizada em um parque urbano ou na composição de uma parede urbana deve ser nativa ao bioma local.

Porém, tradicionalmente, áreas urbanas são caracterizadas por baixa biodiversidade, o que ocorre pelo uso de vegetação exótica, o que afeta significativamente a riqueza de espécies nativas e sua abundância (Alvey, 2006)

A vegetação típica em Brasília é a do cerrado, bioma situado entre 5° e 20° de latitude sul e de 45° a 60° de longitude oeste . É a segunda maior formação vegetal brasileira, com cerca de 204 milhões de hectares (Embrapa, 2008). A vegetação do bioma cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. A formação campestre designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, que aponta em riqueza de espécies de hábito herbáceo. A vegetação de hábito trepador ocorre praticamente em qualquer tipo de clima e comunidade vegetal onde haja árvores capazes de sustentá-las, no entanto, são mais abundantes, diversas e com maior variedade de forma e tamanhos nos trópicos, onde ocorre mais de 90% de todas as espécies de trepadeiras conhecidas no mundo (Walter, 2001). Segundo Proença (2001), são registradas para o Distrito Federal, 3.188 espécies de plantas vasculares, das quais 274 são trepadeiras.

O objetivo deste trabalho é realizar um levantamento fitogeográfico e morfológico das paredes verdes presentes nas edificações em Brasília e verificar qual o sistema de fixação utilizado, o hábito, espécies e quantidade de vegetação, o tamanho da área da parede verde, sua localização e orientação geográfica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Escritórios de Paisagismo foram contatados para um levantamento dos edifícios com *Paredes Verdes* em Brasília – DF. Infelizmente, estes escritórios não se manifestaram em auxiliar a

pesquisa e os dados coletados nessas fontes foram inexpressivos. Desta forma, foram analisados 3 edifícios comerciais, que são reconhecidos na cidade por usarem *Paredes Verdes* em sua composição, sendo eles:

- Ponto 1: Centro Internacional de Convenções do Brasil (CICB), localizado no Setor de Clubes Esportivos Sul, trecho 02, conjunto 63, lote 50, em $-15^{\circ}81'60,62''S -47^{\circ}84'40,87''W$.



Figura 1. Ponto 1: CICB

- Ponto 2: Poizé Beira Lago, localizado no Setor de Clubes Esportivos Sul (SCES), trecho 02, próximo à ponte JK, em $-15^{\circ}81' 93,13''S -47^{\circ}83'45,27''W$.



Figura 2. Ponto 2: Poizé

- Ponto 3: Hospital Pacini, localizado no Setor de Edifícios Públicos Sul (SEP), 915/715, conjunto A, em $15^{\circ}49'27.7''S 47^{\circ}55'38.6''W$.



Figura 3. Ponto 3: Hospital Pacini

Cada ponto foi visitado e se extraíram os seguintes dados das *Paredes Verdes*:

- Área em metros (com o auxílio de uma trena).
- Identificação do sistema de fixação da vegetação.

- Identificação da vegetação em espécie, hábito e origem natural (exótica ou nativa). Não houve a necessidade de coletar a vegetação e levar à um especialista por se tratarem de espécies já conhecidas no mercado.
- Quantidade de indivíduos plantados.
- Orientação geográfica.
- Localização (interna ou externa).
- localização e orientação geográfica.

3 RESULTADOS

Os dados descritos na *Tabela 1* demonstra que as paredes possuem dimensão entre 30 m² e 160 m², uso de sistemas industrializados de fixação e fixação direta a fachada, espécies de hábito trepador e herbáceas, todas exóticas. A quantidade total de indivíduos em cada parede variou entre 32 e 5000, orientadas em sul, norte e leste, tanto em paredes internas como externas.

Tabela 1. Descrição dos pontos

Ponto	Dados						
	Área	Tipo de Fixação	Hábito da Vegetação	Origem natural da Vegetação	Quantidade de Indivíduos	Orientação	Localização
1	160 m ²	Industrial	Herbáceo	Exótica	5000	Sul	Externa
2	30 m ²	Industrial	Herbáceo	Exótica	780	Norte	Externa
3	80 m ²	Aderido à fachada	Trepadeira	Exótica	32	Leste	Interna

Algumas dominâncias foram observadas, como descreve a Figura 4, sendo elas: a preferência por sistema de fixação industrializada, que por consequência apontam o uso preferência de vegetação de hábito herbáceo. A localização predominante foi a externa e não houve preferência por alguma orientação.

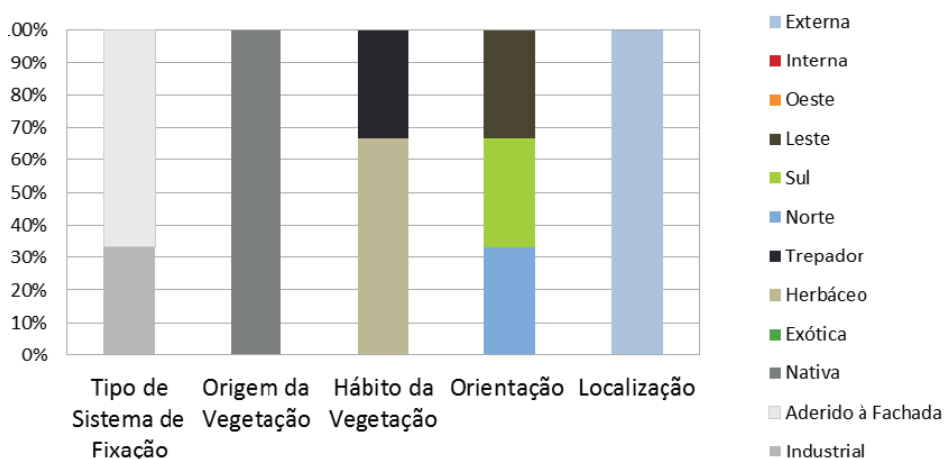


Figura 4. Caracterização das Paredes Verdes

A escolha pelo hábito da vegetação em relação à quantidade de indivíduos e a área da parede demonstrou que quando há o uso de plantas herbáceas há a necessidade de um maior número de indivíduos e espécies em comparação ao uso do hábito trepador, como descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Relação entre hábito, indivíduos, espécies e área

Ponto	Dados						
	Hábito da Vegetação	Área	Quantidade de Indivíduos	Indivíduos / Área (m ²)	Quantidade de Espécies	Espécies / Área (m ²)	Espécies / Indivíduos
1	Herbáceo	160 m ²	5000	31.25	5	0,03	0,001
2	Herbáceo	30 m ²	780	26	6	0,2	0,007
3	Trepador	80 m ²	32	2.5	1	0,01	0,03

Em relação às espécies encontradas, são todas populares e fáceis de se encontrar em viveiros e no mercado de paisagismo, como *Dinheiro em Penca*, o *Aspargo Pendente* e a *Unha de Gato*, descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Relação das espécies encontradas

	Espécies Por Ponto					
	1		2		3	
	Nome Científico	Nome Popular	Nome Científico	Nome Popular	Nome Científico	Nome Popular
	Callisia repens	Dinheiro em penca	Asparagus desiflorus sprengeri	Aspargo pendente	Uncaria tomentosa	Unha de gato
	Hemigraphis alternata	Hera roxa	Hedera helix	Hera		
	Ophiopogon japonicus	Gramma preta	Maranta leuconeura	Barriga de sapo		
	Nephrolepis exaltata	Samambaia	Nephrolepis exaltata	Samambaia americana		
	Philodendron Xanadu	Xanadu	Syngonium angustatum	Singônio		
			Peperomia obtusifolia	Peperomia		

4 CONCLUSÃO E DISCUSSÃO

Nos casos analisado nota-se o maior uso de sistemas industrializados, o que deve ocorrer pela facilidade de execução e pela possibilidade de uma manutenção por empresas especializadas. Ao contrário do uso de vegetação aderida à fachada, que não é uma técnica disponível pelas empresas especializadas, de acordo com o que foi pesquisado na fase de levantamento de dados, ficando por vezes dependentes de serviços de jardinagem, o que pode vir a ser uma vantagem no custo de instalação e manutenção.

Não há qualquer presença de vegetação nativa, o que pode ser explicado por desconhecimento das empresas do ramo e do cliente sobre as possibilidades do uso de vegetação do cerrado. Existe uma predominância, dentro do mercado de paisagismo, por espécies exóticas.

A escolha das paredes não parecem serem guiada pela orientação geográfica, e sim pelo uso do espaço ao seu redor, como e o caso da entrada de um edifício, uma área importante de circulação ou salão de um bar. Assim, recomenda-se que o uso da vegetação em paredes possa ser monitorado e avaliado, uma vez que os benefícios por ela trazidos perpassam o seu conforto gerado no interior das edificações.

É recomendado um estudo mais abrangente das edificações comerciais que possuem *Paredes Verdes* em Brasília – DF, através de um levantamento autônomo, sem a dependência da disponibilização de banco de dados de empresas e profissionais do ramo.

REFERÊNCIAS

- Alvey, A. 2006. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening*. 5: 195-201.
- Dwyer, J.F.; Nowak, D.J.; Noble, M.H.; Sisinni, S.M.; 2000. Connecting people with ecosystems in the 21st century, an assessment of our nation's urban forests. *General Technical Report*.
- Embrapa. (1º ed). 2008. *Cerrado – Ecologia e Flora*. Brasília: Embrapa.
- Flink, C.A.; Seams, R.M. (1º ed). 1993. *Greenways: A Guide to Planning, Design and Development*. Washington: Island Press.
- Mascaró, L.; Mascaró, J. L. (1º ed). 2002. *Vegetação Urbana*. Porto Alegre: + 4 Editora.
- Olgay, V. (4º ed). 1973. *Design with climate – bioclimatic approach to architectural Princeton*. New Jersey: Princeton University Press.
- Proença, C. E. B.; Munhoz, C. B. R.; Jorge, C. L.; Nóbrega, M. G. G. (1º ed). 2001. Listagem e nível de proteção das espécies de fanerógamas do Distrito Federal, Brasil. In: *Flora do Distrito Federal, Brasil*. Brasília: Embrapa.
- Savard, J. L.; Clergeau, P.; Mennechez, G. 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning*. 48: 131-142.
- Walter, B. M. T. (1º ed). 2001. A pesquisa botânica na vegetação do Distrito Federal, Brasil. In: *Flora do Distrito Federal, Brasil*. Brasília: Embrapa.

Particularidades climáticas del Ecuador y su influencia en el confort de las edificaciones. El caso de la localidad de Guayaquil

Raúl Cordero Gulá

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Ecuador.

raul.cordero@ucuenca.edu.ec

Verónica Luna Criollo

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Ecuador.

veronica.luna@ucuenca.edu.ec

José Hernán Sánchez Castillo

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Ecuador.

jose.sanchez@ucuenca.edu.ec

Ana de Guzmán Báez

giSCI - UPM, Universidad Politécnica de Madrid, Spain.

ana.deguzman@upm.es

Ana Jiménez Rivero

giSCI - UPM, Universidad Politécnica de Madrid, Spain.

ana.jimenez@upm.es

Justo García Navarro

giSCI - UPM, Universidad Politécnica de Madrid, Spain.

justo.gnavarro@upm.es

ABSTRACT: The Ecuador is defined by four geographic regions (Costa, Sierra, Oriente and the Galapagos) and five different climatic zones (Warm-Dry, Warm-Humid, Valley, Mild and Glacial). The aim of the study presented is to analyse the influence of these climatic zones in the construction systems commonly used as well as the comfort needs that these must cover. Therefore, for each of the climatic zones, representative cities have been identified and the corresponding climate data collected in order to develop climograms to analyse the particular comfort conditions of each case and define the most appropriate architectural strategies for bioclimatic design. On the other hand, a study of the "Popular" and "Colonial" architecture of each climatic zone, the procedures used for passive conditioning systems and building technologies has been conducted, taking into account that the research has focused on residential buildings. In this communication, the case study of Guayaquil (Warm-Dry climate) is presented.

Keywords: climatic zones, Ecuador, comfort conditions, bioclimatic design, Guayaquil.

RESUMEN: El Ecuador queda definido por cuatro regiones geográficas (Costa, Sierra, Oriente y Galápagos) y cinco pisos climáticos diferentes (Cálido-Seco, Cálido-Húmedo, Valles, Templado y Glacial). El objetivo del estudio que se presenta es analizar la influencia que ejercen estos pisos térmicos en los sistemas constructivos comúnmente utilizados así como las necesidades de confort que éstos deben cubrir. Para ello se han identificado ciudades representativas de cada uno de los pisos y recopilado los datos climáticos correspondientes para elaborar climogramas de bienestar higrotérmico, con el fin de analizar las condiciones de confort particulares de cada caso y definir las estrategias arquitectónicas de diseño bioclimático más adecuadas. Por otro lado, se ha realizado un estudio sobre la arquitectura Popular y Colonial de cada piso climático, sus procedimientos de acondicionamiento pasivo y sistemas y tecnologías constructivas actualmente utilizados, teniendo en cuenta que la investigación se ha centrado en el uso

residencial y sus distintas tipologías edificatorias. En esta comunicación se presenta el caso de estudio del clima Cálido-Seco, particularmente la Ciudad de Guayaquil.

Palabras-clave: pisos climáticos, Ecuador, condiciones de confort, diseño bioclimático, Guayaquil.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Las regiones y el clima del Ecuador

El Ecuador se localiza al noroeste de Sudamérica, en la franja Tropical comprendida entre los 20 grados de latitud norte y los 20 grados de la latitud sur, con una extensión de 283,561 km². Tiene cuatro regiones geográficas: Sierra, la Amazonía, la Costa, y las islas Galápagos.

- La región Costa tiene un clima tropical cálido y húmedo. Comprende toda la costa occidental y posee montañas bajas, valles, planicies, manglares, ríos, y selvas;
- La región Sierra cuenta con un clima fresco primaveral. Se ubica entre la Costa, y la Amazonía, estando formada por cordilleras, estribaciones y valles. Debido a su altitud, sus temperaturas varían durante el día;
- La región de la Amazonía es cálida y húmeda y recibe una significativa cantidad de precipitaciones durante todo el año. Se localiza al este de los Andes y contiene parte de la selva lluviosa amazónica;
- Las islas Galápagos tienen un clima subtropical y se localizan a aproximadamente 1,000 km del Ecuador continental. Estas islas son de origen volcánico.

Considerando que la presente investigación se centra en el territorio construido y su relación con las diferentes regiones del Ecuador, se considera de especial interés el estudio de los cinco principales pisos climáticos (Figura 1) brevemente descritos a continuación:

- Cálido-Seco: Se extiende desde el puerto de Manta hasta la Isla Puná y desde el perfil costanero hasta la cordillera Costanera, con una altitud entre 0 y 50 m. Sus tierras son secas y áridas y su temperatura ambiental oscila entre 23 y 26 °C, con continuas corrientes de aire procedentes del mar. A este piso corresponden ciudades como Manta, Guayaquil y Machala;
- Cálido-Húmedo: Comprende los territorios de la costa interna hasta los declives de la cordillera Occidental, con una altitud desde los 50 hasta los 1.300 m y una temperatura promedio de 25 °C. A este piso corresponden ciudades como Nueva Loja, Quevedo, Santo Domingo de los Colorados, Puyo y Macas;
- Clima de los Valles: El clima de los valles o subtropical andino va desde los 1300 hasta los 2000 m, con una temperatura de 20 °C a 25 °C. Las lluvias son escasas y la atmósfera seca. Comprende todas las tierras bajas de la Sierra hasta una altura de 1300 m. A este piso corresponden los valles de Ibarra, Los Chillos, El Chota Yunguilla y Malacatos;
- Templado: Con una temperatura promedio de 16 °C se sitúa en los lugares cuya altitud varía de los 2.000 hasta los 3.000 m. Se caracteriza por tener lluvias abundantes, granizadas frecuentes, ambiente nublado y por ser el más poblado. Aquí se asientan algunas ciudades como, Quito, Tulcán, Latacunga, Riobamba y Cuenca;
- Páramo: El piso frío o paramo comprende todos aquellos lugares que van desde los 3.000 hasta los 4.700 m de altitud. Su temperatura varía entre 1 y 10 °C. Se dan torrenciales aguaceros, neblinas espesas y lloviznas casi constantes. Este clima se destaca especialmente en los nudos y páramos, como en El Ángel, Mojanda-Cajas, Chasqui, Llanganates y Buerán, Ingapirca, Cajabamba y Pucara.

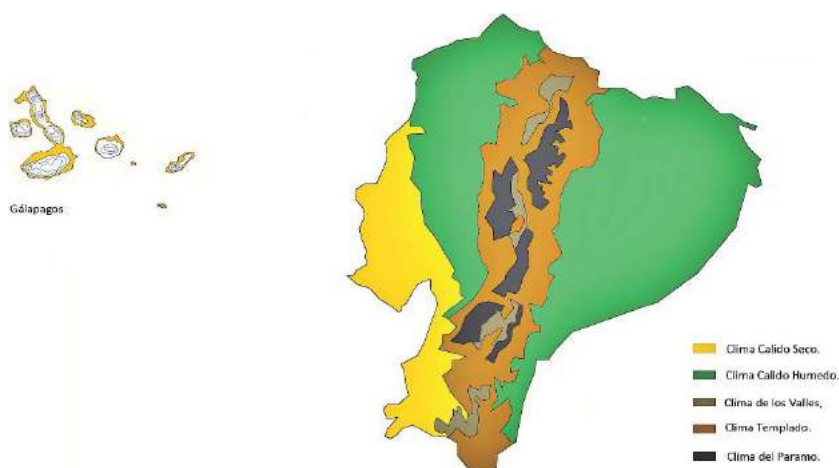


Figura 1. Mapa del Ecuador con sus pisos climáticos [Fuente: Gráfico de J. Hernán Sánchez].

2 METODOLOGÍA

Partiendo de los 5 pisos climáticos diferenciados en el Ecuador, se han seleccionado para su estudio las siguientes ciudades representativas:

- Clima Cálido-Seco (<50m): Manta y Guayaquil;
- Clima Cálido-Húmedo (50-1300m): Quevedo, Nueva Loja y Puyo;
- Clima de los Valles (1300-2000m): Yunguilla, Malacatos y Chota;
- Clima Templado (2000-3000m): Cuenca y Quito;
- Clima del Páramo (>3000m): Cajabamba e Ingapirca.

Con el objetivo de definir las estrategias arquitectónicas de diseño bioclimático más adecuadas, para cada una de las ciudades representativas seleccionadas, se ha realizado un análisis climático para el estudio de las condiciones de confort particulares en cada caso.

Por otro lado, se ha llevado a cabo un análisis de la arquitectura de tipología residencial de estas ciudades, sus procedimientos de acondicionamiento pasivo así como los sistemas y tecnologías constructivas utilizadas.

En esta comunicación se presenta el caso de estudio de la ciudad de Guayaquil (Altitud 9 m, Latitud 2° 11' S, Longitud 79° 53' O), que se corresponde con el Clima Cálido-Seco.

2.1 Análisis climático y condiciones de confort

La metodología seguida para el análisis climático y condiciones de confort de cada una de las localidades seleccionadas por pisos climáticos ha sido la siguiente:

- Búsqueda y recopilación de datos climáticos en tablas resumen. Se han tomado los datos de los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) para el periodo comprendido entre 2007-2011 y para el caso de la ciudad de Guayaquil los facilitados por la Estación Meteorológica Guayaquil – Radio Sonda;
- Cálculo de la temperatura máxima y mínima de bienestar mediante el método de Olgyay;
- Elaboración de gráficos de temperaturas horarias para el mes más frío y el mes más cálido: Se han obtenido mediante la hoja de cálculo elaborada por el profesor F. Javier Neila González;
- Elaboración del diagrama de Givoni;
- Desarrollo del cuadro que incorpora las estrategias de acondicionamiento térmico necesarias hora a hora para todos los meses del año. Se ha realizado a partir del cruce de resultados obtenidos del diagrama de Givoni y las temperaturas horarias del mes;
- Horario de sombreado y de ventilación: Se obtiene comparando las temperaturas mínima y máxima de bienestar con las temperaturas horarias mensuales.

2.2 Análisis de la arquitectura: sistemas y tecnologías constructivas utilizadas

La metodología seguida para el análisis de la arquitectura de cada una de las localidades seleccionadas por pisos climáticos ha sido la siguiente:

- Selección de ejemplos de arquitectura residencial, en los diferentes pisos climáticos, por medio de recorridos in situ y uso de bibliografía en la elección de arquitectura más representativa del piso climático Cálido-Seco.
- Elaboración de fichas de cada una de las edificaciones seleccionadas, en las que se registran datos: generales, constructivos, estrategias climáticas pasivas, de instalación, de entorno y patologías en la edificación.
- Determinación del sistema constructivo y envolvente (cubierta – paredes – piso –puertas y ventanas) más utilizado en cada piso climático, así como sus ventajas e inconvenientes en los temas: constructivo, de confort y económico.

3 CASO DE ESTUDIO: GUAYAQUIL, CLIMA CÁLIDO-SECO

Se escoge el piso climático Cálido-Seco por los numerosos ejemplos de acondicionamiento pasivo hallados en su Arquitectura Popular y Colonial.

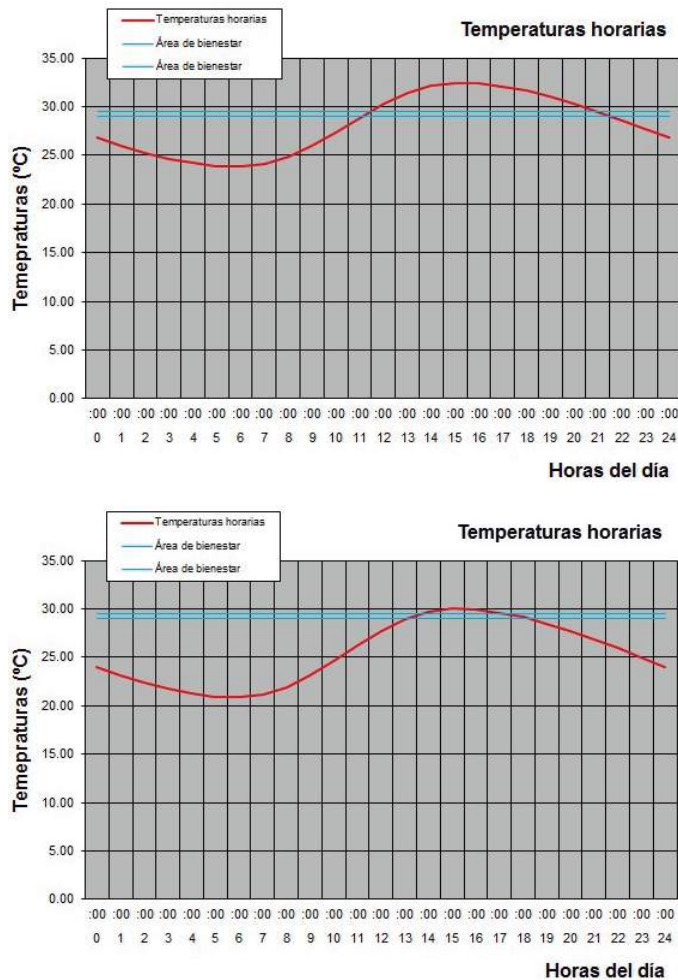


Figura 2. Temperaturas horarias para el mes más frío (agosto, izquierda) y para el mes más cálido (abril, derecha) en Guayaquil [Fuente: Modelado con la Hoja de cálculo de temperaturas horarias de F. Javier Neila González].

Tabla 1. Datos climáticos necesarios para la elaboración del diagrama bioclimático de Givoni para Guayaquil (T temperatura media mensual en °C, TM Media mensual de las temperaturas máximas diarias en °C, Tm Media mensual de las temperaturas mínimas diarias en °C, H Humedad relativa máxima en %, HM Humedad relativa media en %, Hm Humedad relativa mínima en %).

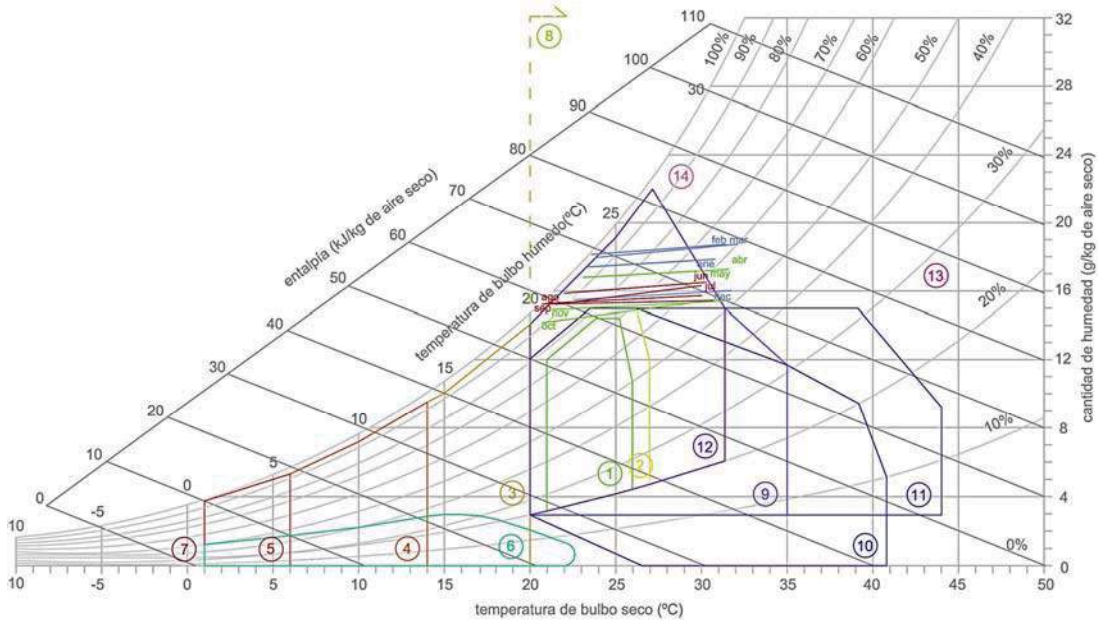
	T	TM	Tm	H	HM	Hm	Térmico de la Ropa		Máxima de Bienestar	Mínima de Bienestar	Hora TM	Hora Tm	Amanecer	Atardecer	Horario de Sombreamiento	Horario de Ventilación
							Ropa	Bienestar								
Enero	27.10	30.80	23.40	76.80	96	62	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6	18	12-21h	13-20h	
Febrero	27.50	31.40	23.60	78.60	99	63	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6	18			
Marzo	27.90	32.10	23.80	76.20	97	60	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6	18	12-22h	12-21h	
Abril	28.10	32.50	23.80	73.40	95	57	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6	18		12-22h	
Mayo	27.30	31.60	23.10	72.80	94	57	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6	18	12-21h	12-21h	
Junio	26.10	30.20	22.00	74.60	95	59	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	5.9	18.1	13-19h	13-18h	
Julio	25.80	30.00	21.50	75.00	97	59	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6	18	14-19h	14-19h	
Agosto	25.40	30.00	20.90	74.60	98	57	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6	18	13-20h	14-18h	
Septiembre	25.70	30.70	20.70	72.80	99	54	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6	18	13-20h	13-21h	
Octubre	25.50	30.30	20.70	72.20	96	55	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6	18	13-19h	14-18h	
Noviembre	26.30	31.30	21.30	69.00	93	52	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6.1	17.9	13-20h	13-20h	
Diciembre	27.20	31.70	22.60	68.20	89	53	0,5 clo	29.45	28.97	15	6	6.1	17.9	12-21h	12-21h	

En el diagrama de Givoni elaborado se observa que el único mes del año en el que se alcanzan temperaturas de confort permisible es en octubre, desde las 22h de la noche hasta las 12h del mediodía. (Figura 3).

Las estrategias bioclimáticas indicadas por el diagrama de Givoni que permitirán alcanzar el bienestar en esta localidad son listadas a continuación:

- Protección solar (estrategia 8);
- Refrigeración por ventilación natural y mecánica (estrategia 12);
- Deshumidificación convencional y aire acondicionado (estrategia 14).

Además, la figura 4 resume el empleo de estas estrategias horarias a lo largo del año.



1. Zona de confort
2. Zona de confort permisible
3. Calefacción por ganancias internas
4. Calefacción solar pasiva
5. Calefacción solar activa
6. Humidificación
7. Calefacción convencional
8. Protección solar
9. Refrigeración por alta masa térmica
10. Enfriamiento por evaporación
11. Refrigeración por alta masa térmica con ventilación nocturna
12. Refrigeración por ventilación natural y mecánica
13. Aire acondicionado
14. Deshumidificación convencional y aire acondicionado

Figura 3. Diagrama bioclimático de Givoni para la localidad de Guayaquil.

Durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre será suficiente con las estrategias 8 y 12 para alcanzar el confort térmico. A lo largo del resto del año, además de las estrategias 8 y 12, está indicada la estrategia 14 en una franja horaria que va de las 12 a las 21h con diferencias para cada uno de los meses, siendo marzo el mes que más necesita de esta estrategia y noviembre y diciembre los que menos.

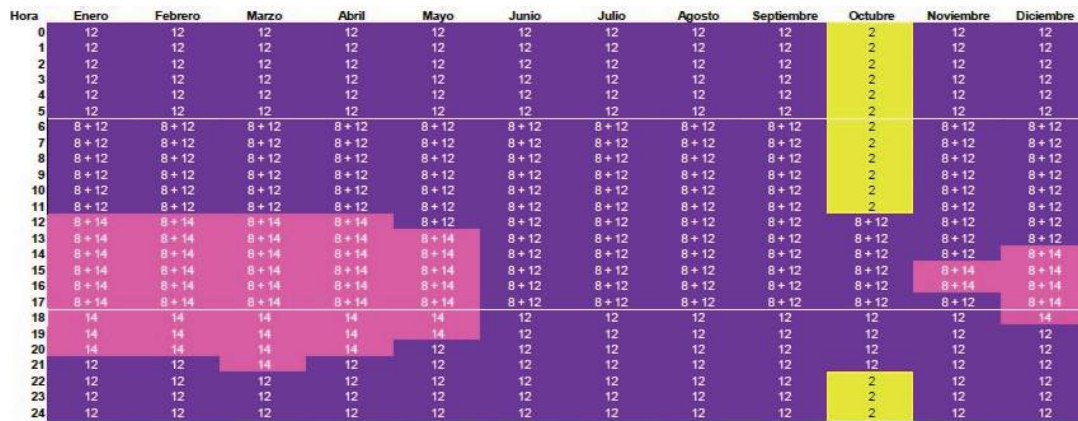


Figura 4. Resumen anual de estrategias horarias de acondicionamiento térmico para Guayaquil extraídas del diagrama bioclimático de Givoni.

3.1 Guayaquil: análisis de su arquitectura

Los materiales comúnmente empleados en la Arquitectura Moderna del Ecuador son el ladrillo y el hormigón, sin encontrar grandes diferencias en los sistemas de las distintas regiones y pisos climáticos analizados. El empleo de estos materiales de construcción no siempre responde a criterios de sostenibilidad, puesto que por ejemplo, no son materiales del lugar y no propician la refrigeración natural tan necesaria en este clima (tal y como se extraía del apartado 3.1). Es por ello que la investigación no se ha centrado en el análisis de esta Arquitectura.

Por su parte, se desprende de los recorridos in situ y de la aplicación de las fichas elaboradas, que la Arquitectura Popular sí presta atención a las diferencias entre climas, estando el uso de la caña y de la madera muy extendido en este clima Cálido-Seco. Estos sistemas garantizan ventilación y sombra por la morfología de sus elementos en fachadas y suelos (Figura 5 y 6). Por otro lado, la solución de elevar la construcción sobre el terreno mejora la ventilación de los espacios, protegiéndolos además de inundaciones eventuales (Figuras 7 y 8).



Figuras 5-6. Uso de la caña en fachada (izquierda) y *madera* (derecha) en zonas de clase pobre. [Fuente: Imágenes de R. Cordero].

Los principales materiales encontrados en la zona de Guayaquil son: caña *Guadua* (*Guadua angustifolia*, comúnmente conocida como Guadua), bambú y madera. Los sistemas anteriormente descritos se corresponden con el uso de estos materiales del lugar no industrializados, y se puede así estimar que los impactos ambientales de estas construcciones son mínimos.

En otras zonas de Guayaquil, principalmente en aquellas con un nivel socio-económico superior, se encuentran edificios de Arquitectura Colonial que no presentan la permeabilidad de fachadas y suelos antes descrita. Incorporan soluciones de madera y teja que no facilitan la ventilación y que por tanto requieren sistemas adicionales de ventilación mecánica.



Figuras 7-8. Construcción elevada del suelo de distintas construcciones en zonas de clase pobre. [Fuente: Imágenes de R. Cordero].

En algunas de las construcciones se da solución a lo anterior mediante un sistema de ventana conocido en la zona por el nombre de “chaza”. Ejemplo de este sistema son las casas del Barrio las Peñas junto al río Guayas (Figuras 9-10).



Figuras 9-10. La ventana “chaza” en las casas Barrio las Peñas en Guayaquil. [Fuente: Imágenes de R. Cordero].

Esta ventana “chaza”, de marcos y lamas de madera, permite que el aire circule y que, gracias a su inclinación, proporcione sombra en el interior del inmueble. Su inclinación variable, que puede alcanzar un máximo de 90°, proporciona protección solar a la vez que regula el nivel de ventilación natural deseado. Sin embargo, los beneficios que estas ventanas proporcionan en cuanto a ventilación se refiere son eliminados cuando, en la restauración del inmueble, se instalan vidrios frente al sistema, eliminando así la ventilación cruzada que el sistema propicia (Figura 11).



Figuras 11. Vidrio instalado frente a la ventana “chaza” en las casas Barrio las Peñas en Guayaquil. [Fuente: s de R. Cordero].

Se presenta a continuación la parte de las fichas descritas en la sección 2.2 relativas a la envolvente, en dos casos de estudio (Figura 12 y 13):

- Arquitectura Moderna o Contemporánea, con sistemas de hormigón y ladrillo, y ventanas habitualmente de aluminio.
- Arquitectura Colonial, con sistemas de madera y ventanas elevables.

Figura 12. Envoltente tipo en la Arquitectura Moderna de Guayaquil.

PISOS CALIDOS		SOSTENIBILIDAD			BIOCLIMATISMO		
ENVOLVENTE		MATERIAL DEL LUGAR	MATERIAL NO INDUSTRIALIZADO	MATERIAL SIN HUELLA DE CABONO	MATERIAL RECICLABLE	PERMITE VENTILACION Y SOMBRA	CREA CONFORT INTERIOR
PAREDES	LADRILLO O BLOQUE DE CEMENTO						
PISOS	HORMIGON Y CERAMICA						
CUBIERTAS	LOZAS DE H. ARMADO						

Figura 13. Envoltente tipo en la Arquitectura Colonial de Guayaquil.

CON VENTANAS LEVANTABLES O "CHAZAS		SOSTENIBILIDAD			BIOCLIMATISMO		
ENVOLVENTE		MATERIAL DEL LUGAR	MATERIAL NO INDUSTRIALIZADO	MATERIAL SIN HUELLA DE CABONO	MATERIAL RECICLABLE	PERMITE VENTILACION Y SOMBRA	CREA CONFORT INTERIOR
PAREDES	MADERA CON VENTAS LEVANTABLES						
PISOS	MADERA						
CUBIERTAS	TEJA						

4 CONCLUSIONES

Son cuatro las regiones geográficas del Ecuador: Sierra, la Amazonía, la Costa, y las islas Galápagos y cinco los principales pisos climáticos: Cálido-Seco, Cálido-Húmedo, Clima de los Valles, Templado y Páramo.

Se ha elegido para su estudio en esta comunicación la ciudad de Guayaquil, que se corresponde con el Clima Cálido-Seco, realizando un análisis climático según el método desarrollado por Olgyay, definiendo a partir del diagrama de Givoni las estrategias bioclimáticas que permitirán alcanzar el bienestar en esta localidad: protección solar, refrigeración por ventilación natural y mecánica y deshumidificación convencional y aire acondicionado, definidas en el resumen anual de estrategias horarias de acondicionamiento térmico presentado.

Del estudio de las construcciones en Guayaquil se hace evidente cómo el clima ha condicionado los conceptos empleados en las diferentes formas de Arquitectura Popular en la costa Ecuatoriana con pocas excepciones. La naturaleza y el entorno han proporcionado tradicionalmente los materiales más adecuados, siendo la madera, la caña Guadua y el bambú los materiales más empleados en la zona, que por su disposición en las construcciones aseguran refrigeración por ventilación natural y protección solar, estrategias bioclimáticas identificadas bajo el análisis climático llevado a cabo.

Por otro lado, en la Arquitectura Colonial, con un mayor empleo de sistemas de madera y teja que no presentan la permeabilidad de fachadas y suelos propia de la Arquitectura Popular, se han encontrado ejemplos de un sistema de protección solar y ventilación: la ventana "chaza". Este elemento puede cambiar su posición a conveniencia del usuario y adaptarse así a las condiciones climáticas en función de la hora del día y la época del año. Se trata por tanto de un

elemento de protección solar que además proporciona la ventilación natural para estos climas cálidos.

Estas estrategias observadas en la Arquitectura Popular y en la Arquitectura Colonial dan respuesta a las necesidades de bienestar, extrayendo de las mismas enseñanzas que la Arquitectura Contemporánea debe recuperar.

REFERENCIAS

García Navarro, J., González Díaz M.J., Valdivieso Rodríguez M. 2013. Costes de construcción y consumos de energía en la rehabilitación energética de un edificio de viviendas situado en Madrid (España). *Revista de la Construcción*, Vol. 12, 3, 67-75.

Hastings, I. 2008. El problema cualitativo en la producción del hábitat popular en la Ciudad de México: análisis cualitativo de la vivienda popular. *Informes de la Construcción*, Vol. 60, 511, 25-40.

Larrumbide Gómez-Rubiera, E. 2010. Tesis Doctoral. Optimización energética de la ventana en función de la sombra: el hueco en tipologías de la arquitectura vernácula mediterránea. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, [<https://serviciosgate.upm.es/tesis>; última consulta: 31/07/2014]

Mustieles F., La Roche P., Machado M.V. 1998. Cerramientos bioclimáticos para climas cálidos húmedos: la cuarta vivienda. *Informes de la Construcción*, Vol. 49, 453, 11-22.

Neila González, F. J. 2004. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*, Munilla-Lería, Madrid.

Yáñez Parareda, G. 2008. *Arquitectura solar e iluminación natural. Conceptos, métodos y ejemplos*, Munilla-Lería, Madrid.

Serra Rafael & Coch Helena, E. 2001. *Arquitectura y Climas*, Gustavo Gili, Barcelona

Análise de variáveis térmicas ambientais nos Módulos Antárticos Emergenciais

Wagner Gomes Martins

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Vitória, Espírito Santo, Brasil

wgmartins.arq@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil

cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: The Emergency Antarctic Modules (MAE) have been serving to provide continuity of the activities that are developed at the site of Comandante Ferraz Antarctic Station, after the fire in 2012. Considering the fragility of the surroundings and the safety and well-being of people in this extreme environment, the purpose of this work was to realize an analysis of thermal environment parameters in the interior of MAE, aiming the evaluation of its thermal performance. The methodology consisted of three phases: 1. review of literature and references; 2. instrumentation, collection and systematization of data; and 3. statistical and descriptive analysis of the results and further procedures. The results allowed one to understand the behaviour of the considered parameters, highlighting the difference of temperature in the rooms showing heat escaping and failures of the sealing system.

Keywords: thermal performance, Post-Occupancy Evaluation, thermal comfort, Comandante Ferraz Antarctic Station.

RESUMO: Os Módulos Antárticos Emergenciais (MAE) têm servido para viabilizar a continuidade das atividades desenvolvidas na área da Estação Antártica Comandante Ferraz, após o incêndio de 2012. Considerando a fragilidade do ambiente e a segurança e o bem-estar das pessoas neste meio extremo, o objetivo dessa pesquisa foi realizar uma análise de variáveis térmicas ambientais no interior dos MAE, visando a avaliação de seu desempenho térmico. A metodologia consistiu em três etapas: 1. embasamento teórico e referencial; 2. instrumentação, coleta e sistematização dos dados; e 3. análise estatística e descritiva dos resultados e direcionamento para futuros procedimentos. O resultado permitiu compreender o comportamento das variáveis consideradas na avaliação, destacando-se a diferença de temperatura nos ambientes internos evidenciando fugas de calor e falhas no sistema de vedação.

Palavras-chave: desempenho térmico, Avaliação Pós-Ocupação, conforto térmico, Estação Antártica Comandante Ferraz.

1 INTRODUÇÃO

A Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF é o conjunto de edificações brasileiras instaladas desde 1984 na Península Keller (Figura 1) servindo para o desenvolvimento de atividades de cunho científico no continente gelado, que é dedicado à paz e à ciência pela comunidade internacional (Souza *et al.*, 2008).

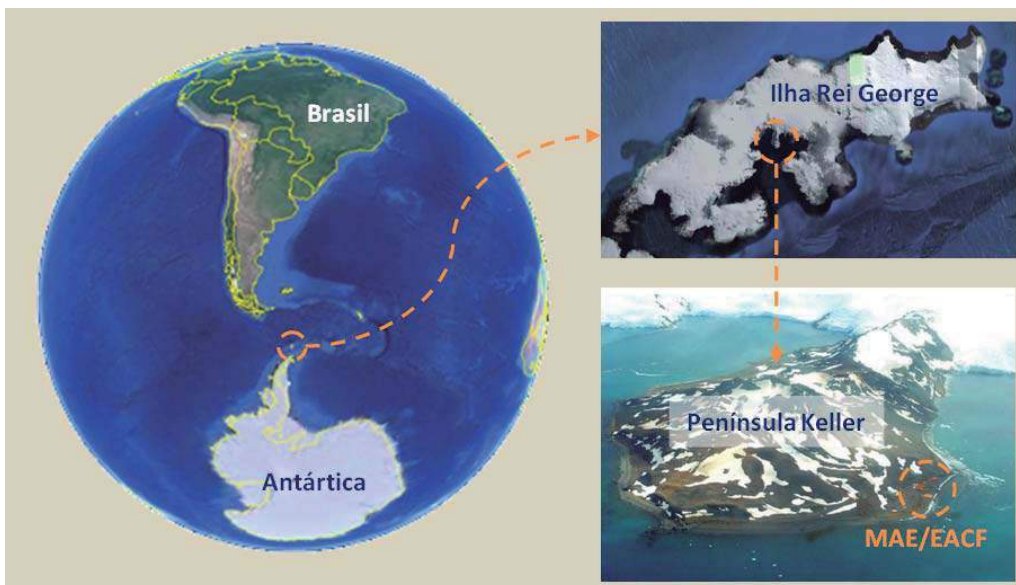


Figura 1. Localização da Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF. Fonte: Martins & Alvarez, 2013.

Em fevereiro de 2012 um incêndio destruiu o corpo principal da EACF e nas mediações foram instalados os Módulos Antárticos Emergenciais – MAE (Figura 2Figura 3), que estão em funcionamento desde o início de 2013, tendo servido para a continuidade das atividades desenvolvidas no local (Mech, 2013).



Figura 2. Imagem aérea dos Módulos Antárticos Emergenciais – MAE. Fonte: Acervo da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM.



Figura 3. Os Módulos Antárticos Emergenciais – MAE. Fonte: Acervo do Laboratório de Planejamento e Projetos – LPP da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES.

As características peculiares da Antártica e sua reconhecida fragilidade ambiental faz com que todas as atividades desenvolvidas ocorram sob a jurisdição do Tratado Antártico, com especial ênfase ao Protocolo de Proteção Ambiental, especialmente aquelas inerentes à criação de infraestrutura para a permanência segura de pesquisadores e pessoal de apoio na região (Secretariat of the Antarctic Treaty, acesso em: 01 jul. 2014).

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi realizar um ensaio de uma análise preliminar de variáveis térmicas ambientais – temperatura do ar e umidade relativa – nos Módulos Antárticos Emergenciais, como uma etapa inicial para uma pesquisa mais ampla de avaliação de seu desempenho térmico, considerado como critério fundamental de sustentabilidade em edificações.

Destaca-se que a maioria das edificações antárticas são atualmente abastecidas de energia a partir de motogeradores, cuja queima de combustível fóssil ocasiona, entre outras consequências, lançamento de gases na atmosfera e produção indesejável de ruídos. Deve-se levar em consideração, ainda, os custos – econômicos e ambientais – dos procedimentos de operação e manutenção, sendo então fundamental que seu uso seja otimizado. Os sistemas de aquecimento estão entre aqueles que mais demandam consumo de energia, justificando assim os estudos voltados para sua otimização. Considerando ainda um horizonte mais amplo, sistemas eficientes de condicionamento permitem o planejamento de edificações alicerçadas em energia obtidas a partir de fontes renováveis – como eólica e solar – visto a complexidade e dificuldade de suprimento de grandes quantidades de energia a partir desses sistemas alternativos.

2 INSTRUMENTOS E MÉTODOS

A metodologia consistiu em 3 etapas fundamentais: 1. embasamento teórico e referencial; 2. instrumentação, coleta e sistematização dos dados; e 3. análise estatística e descritiva dos resultados e direcionamento para futuros procedimentos.

O trabalho foi desenvolvido alicerçado nos procedimentos recomendados por Ornstein & Roméro (1992) relativos à metodologia da Avaliação Pós-Ocupação – APO, que já foi utilizada para avaliação de edificações na EACF mostrando-se adequada ao contexto (Alvarez *et al.*, 2004).

Destacam-se os resultados pioneiros obtidos por Fanticlele (2011), que também adotou os procedimentos recomendados por Ornstein & Roméro (1992) com adaptações, e que tem servido como importante referência para a pesquisa e especialmente para esta etapa, considerando o meticuloso relato do processo de coleta, tratamento e análise dos dados para avaliação de conforto térmico na antiga edificação principal da EACF.

Assim, repetindo os procedimentos anteriormente realizados com sucesso na EACF e considerando a etapa de instrumentação e coleta dos dados, as atividades foram divididas em duas fases: a de obtenção de dados junto aos usuários e a avaliação técnica.

2.1 Obtenção de dados a partir dos usuários

Em Alvarez & Martins (2013) foram apresentados os resultados obtidos na primeira fase da pesquisa, quando foi elaborado um questionário com perguntas gerais e específicas relacionadas ao desempenho dos MAE. Nessa fase foram identificados alguns problemas na vedação de esquadrias, falhas pontuais de estanqueidade, diferença de temperatura no interior de cômodos e dificuldade em controlar a temperatura devido ao sistema de ajuste, que ocasionam desconforto térmico e comprometem a eficiência energética das edificações.

2.2 Obtenção de dados a partir de medições *in loco*

Para a avaliação técnica das edificações foram feitas visitas exploratórias, em que foram identificados alguns problemas relacionados aos diversos aspectos avaliados, incluindo aqueles relacionados ao seu conforto térmico e eficiência energética, que coincidiram com os apontados pelos usuários, confirmando seus pareceres.

Seguindo os procedimentos recomendados pela NBR 15220, também foram instalados aparelhos de medição de temperatura do ar, temperatura radiante e umidade relativa em cômodos escolhidos para a amostragem por serem locais de maior permanência dos usuários e em que a exigência por conforto é maior, sendo eles: camarotes 2 e 3, enfermaria e refeitório (Figura 4).

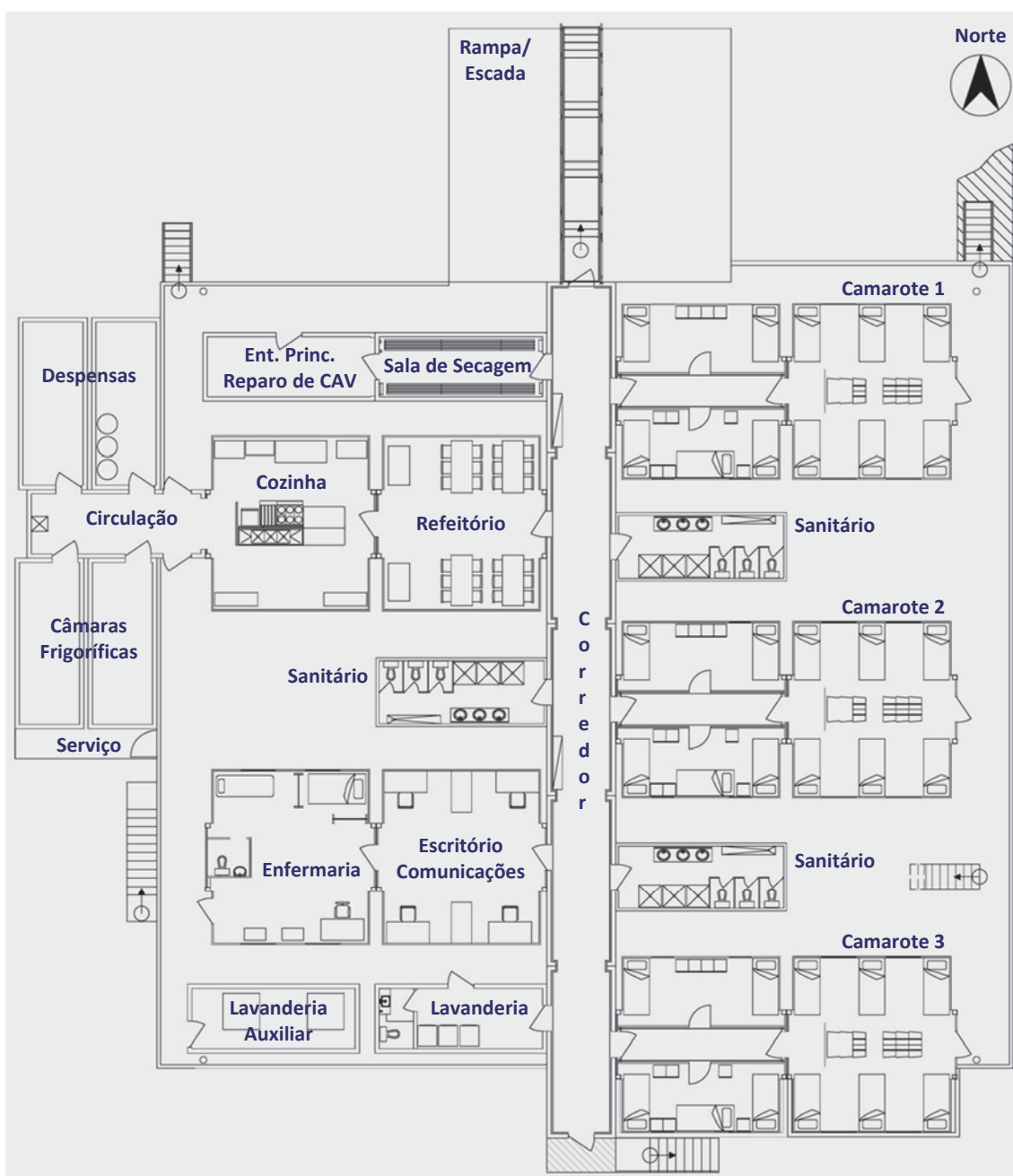


Figura 4. Planta baixa esquemática dos Módulos Antárticos Emergenciais. Fonte da imagem-base: Acervo da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM / Weatherhaven Canada Resources Ltd. – WCRL.

Os aparelhos utilizados para as medições foram o Data Logger HOBO U12-013 da Onset, que mede e registra temperatura do ar e umidade relativa; e a sonda externa TMC20-HD, também da Onset, acoplada a um globo negro e ao Data Logger para medição e registro de temperatura radiante (Figura 5).

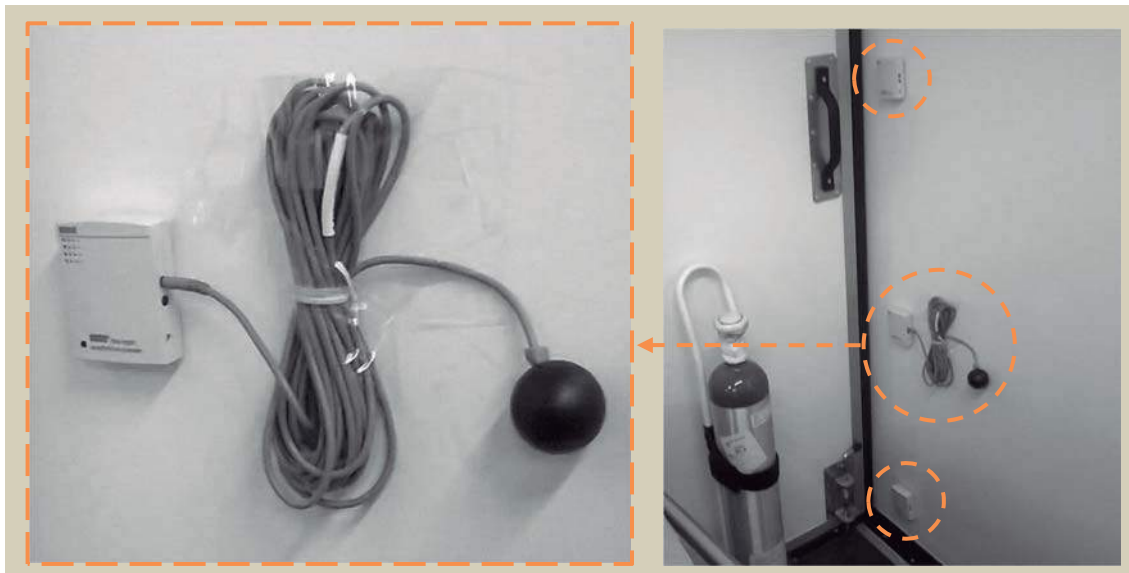


Figura 5. Aparelhos de medição instalados na enfermaria.

Foram instalados três HOBOS em cada cômodo em alturas diferentes de acordo com a ISO 7726, sendo que foi acoplada uma sonda externa com globo negro no HOBO de altura intermediária em cada cômodo. Na enfermaria e no refeitório, que são ambientes onde as pessoas ficam sentadas ou deitadas na maior parte do tempo, os aparelhos foram instalados nas alturas de 0.10, 0.60 e 1.10 metros do piso. Como nos camarotes há beliches e com isso as pessoas ficam em alturas diferentes – umas mais ao alto que as outras – os aparelhos foram instalados nas alturas de 0.10, 1.10 e 1.70 metros do piso.

Foram coletados dados de registro de hora em hora desde 20 de março de 2014 às 16 horas até 14 de julho de 2014 às 13 horas. A intenção das medições foi a obtenção de registros em sua maior quantidade, não tendo sido estipulado um horário de início ou de término dos mesmos. Na programação dos aparelhos de medição só se determinou que os registros fossem feitos automaticamente e continuamente ao passar das horas.

A partir da sistematização dos dados de registro em planilhas foram elaborados gráficos – linhas do tempo e boxplots – para sua melhor visualização, interpretação e comparação, possibilitando sua análise descritiva preliminar. Destaca-se o uso de boxplots para a análise dos dados por possibilitar a visualização da variabilidade dos dados de registro e por apresentar a mediana – segundo quartil – como medida estatística de referência, sendo que ela é menos afetada pelos valores extremos e *outliers* do que a média, ou seja, é uma medida mais estável. Entretanto, esse tipo de gráfico elimina o fator tempo, restringindo a análise para o caso em questão. Além disso, se observa que nos boxplots, só foram indicados os *outliers* mais extremos, devido à grande quantidade de registros e, conseqüentemente, de *outliers*, sendo que isso também acontece pela eliminação do fator tempo.

3 RESULTADOS

Foram elaborados gráficos a partir dos dados de registros coletados seguidos por sua análise descritiva. Observa-se que a análise foi feita a partir da comparação entre os dados de registros de ambientes com características diferentes entre si e de aparelhos de medição com alturas diferentes no mesmo ambiente ou de um ambiente para outro. Sendo assim, ao se comparar os dados de registros dos camarotes 2 e 3 com os dados de registro da enfermaria e do refeitório deve-se lembrar que nos camarotes os aparelhos de medição foram instalados em alturas diferentes daqueles instalados nos outros ambientes, resultando, ocasionalmente, no aumento das diferenças entre os valores de registros obtidos em cada recinto.

3.1 Temperatura do ar

As Figuras Figura 6 a Figura 10 apresentam os gráficos referentes à temperatura do ar.

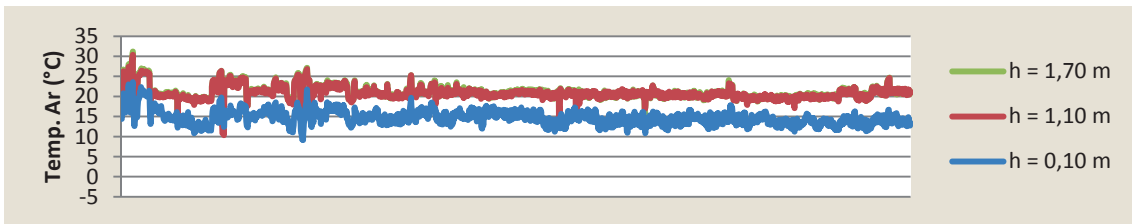


Figura 6. Linha do tempo da temperatura do ar no camarote 2.

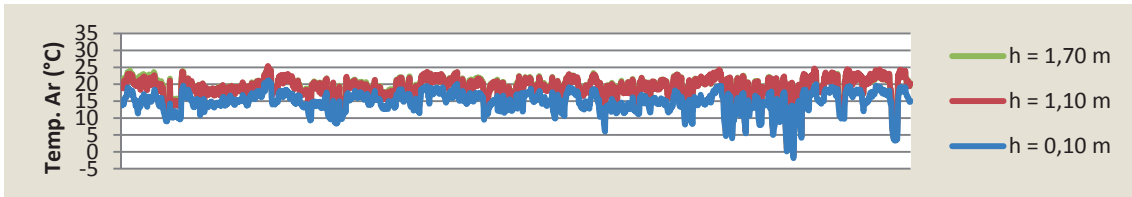


Figura 7. Linha do tempo da temperatura do ar no camarote 3.

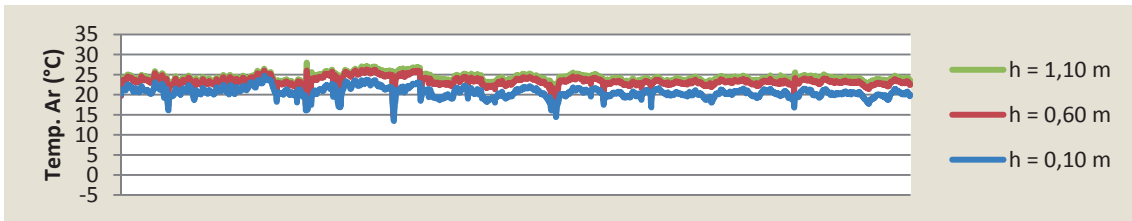


Figura 8. Linha do tempo da temperatura do ar na enfermaria.

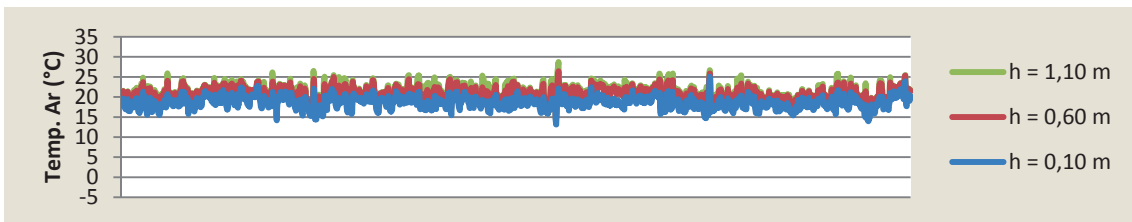


Figura 9. Linha do tempo da temperatura do ar no refeitório.

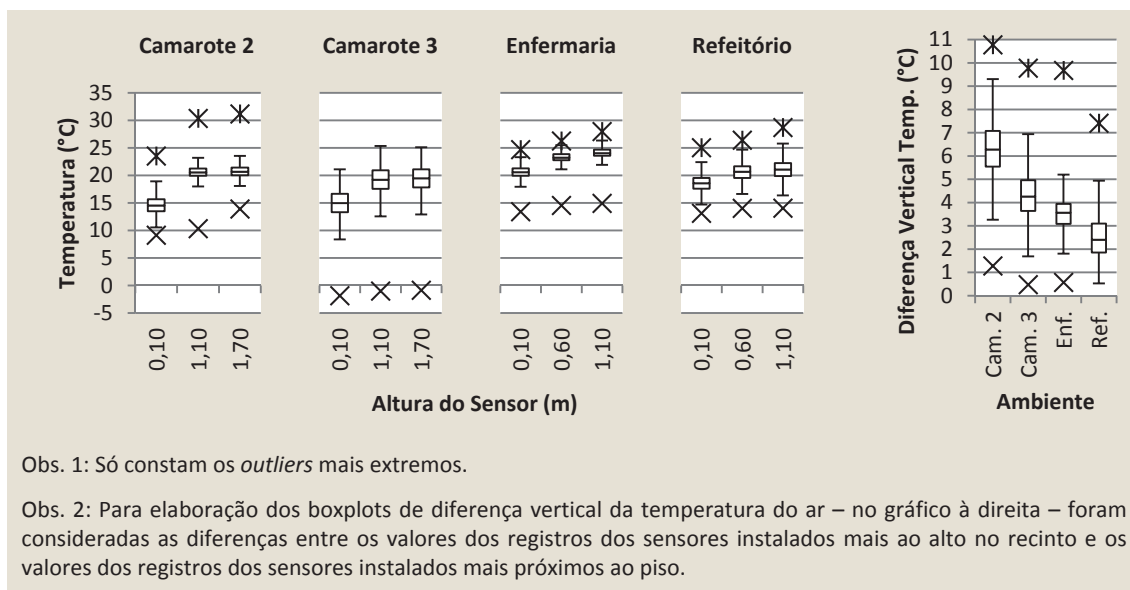


Figura 10. Boxplots da temperatura do ar e da diferença vertical da temperatura do ar.

A partir da análise dos dados com interpretação dos gráficos percebeu-se que em geral a temperatura do ar durante o período analisado foi mais alta na enfermaria, seguida pelo refeitório, sendo que os camarotes 2 e 3 foram os ambientes em que a temperatura do ar, em geral, foi mais baixa.

Observando os boxplots da esquerda, nota-se que o camarote 3 foi o cômodo onde a temperatura do ar apresentou maior variabilidade dos dados de registro nas três alturas dos sensores, seguido pelo refeitório, e depois pelo camarote 2, sendo que na enfermaria foi onde a temperatura do ar menos variou. Ressalta-se que não se trata da diferença vertical da temperatura do ar – boxplots à direita –, mas sim da variabilidade dos dados de registro.

Notou-se uma tendência para temperaturas do ar mais baixas no camarote 3 e na enfermaria, sendo que no primeiro houve registros – *outliers* – até mesmo abaixo de 0 °C. Isso pode ter acontecido por desligamento ou falha no sistema de aquecimento ou pela abertura de janelas, permitindo a perda de calor para o ambiente externo. Já no camarote 2 e no refeitório, em geral os dados de registro apresentaram maior simetria em sua distribuição.

Em geral a temperatura do ar registrada foi maior quanto maior fosse a altura do sensor, como era de se esperar, no entanto, algumas diferenças de temperatura registradas demonstram falhas no sistema de isolamento e, também, na distribuição do calor. No camarote 2 houve maior diferença vertical de temperatura do ar – por volta de 6.5 °C –, seguido pelo camarote 3 – por volta de 4 °C –, depois pela enfermaria – por volta de 3.5 °C –, sendo que o refeitório foi o ambiente que apresentou menor diferença vertical da temperatura do ar – por volta de 2.5 °C. Mesmo assim se observa uma tendência para um aumento na diferença vertical da temperatura do ar no refeitório. Nota-se ainda que houve casos – *outliers* – de diferença vertical de temperatura do ar próximas de 11 °C no camarote 2, próximas de 10 °C no camarote 3 e na enfermaria, e acima de 7 °C no refeitório. A variabilidade das diferenças verticais de temperatura do ar foi maior no camarote 2, seguido pelo camarote 3, depois pelo refeitório, sendo que na enfermaria as diferenças verticais de temperatura do ar variaram menos.

3.2 Umidade relativa do ar

As Figuras Figura 11 a Figura 15 apresentam os gráficos referentes à umidade relativa do ar.

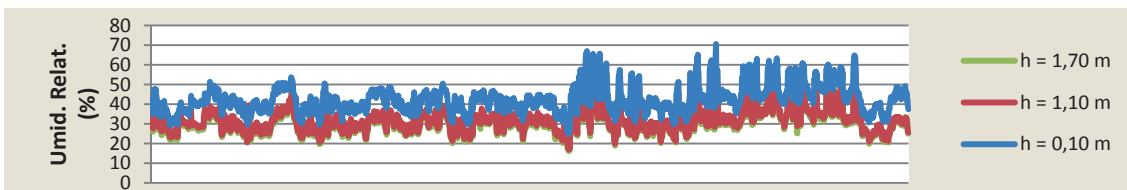


Figura 11. Linha do tempo da umidade relativa do ar no camarote 2.

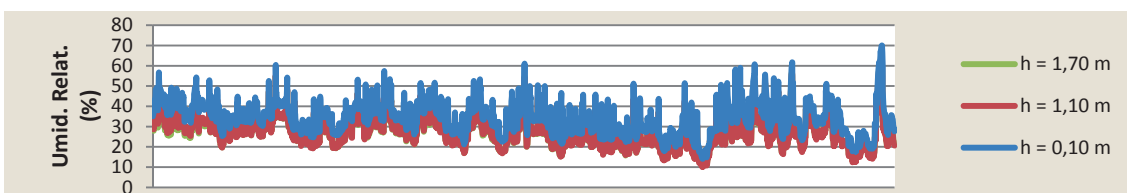


Figura 12. Linha do tempo da umidade relativa do ar no camarote 3.

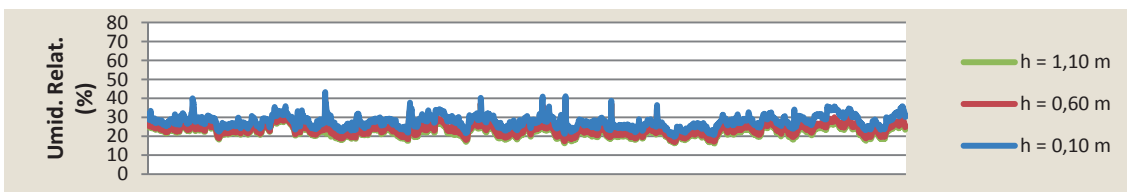


Figura 13. Linha do tempo da umidade relativa do ar na enfermaria.

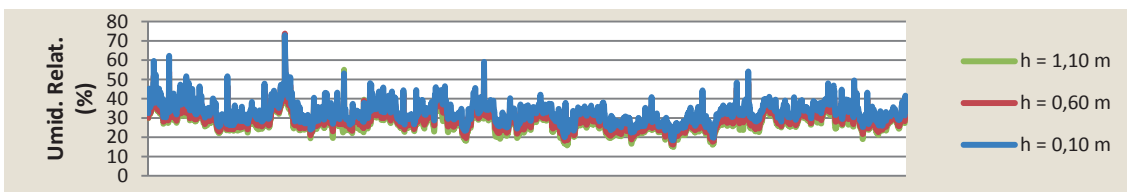
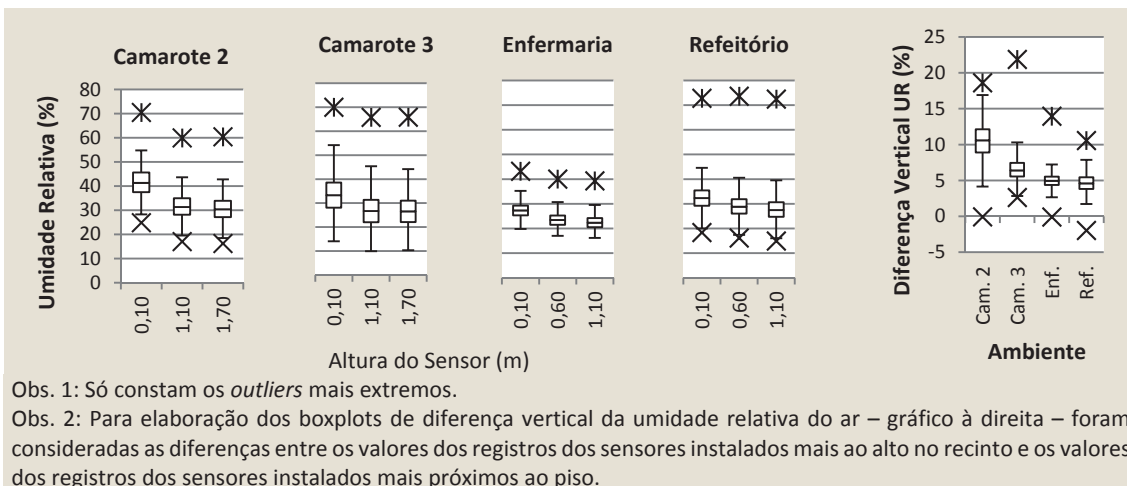


Figura 14. Linhas do tempo da umidade relativa do ar no refeitório.



Obs. 1: Só constam os outliers mais extremos.

Obs. 2: Para elaboração dos boxplots de diferença vertical da umidade relativa do ar – gráfico à direita – foram consideradas as diferenças entre os valores dos registros dos sensores instalados mais ao alto no recinto e os valores dos registros dos sensores instalados mais próximos ao piso.

Figura 15. Boxplots da umidade relativa e da variação vertical da umidade relativa do ar.

Em geral a umidade relativa do ar durante o período analisado foi mais alta no camarote 2, seguido pelo camarote 3 e o refeitório, sendo que a enfermaria foi o ambiente em que a umidade relativa do ar, em geral, foi mais baixa.

Assim como para a temperatura do ar, o camarote 3 foi o cômodo onde a umidade relativa do ar apresentou maior variabilidade dos dados de registro nas três alturas dos sensores, seguido pelo refeitório e o camarote 2, sendo que na enfermaria foi onde a umidade relativa do ar menos variou.

Notou-se uma certa tendência para umidade relativa do ar mais alta em todos os ambientes, sendo que no refeitório houve registros – *outliers* – até mesmo acima de 70% para as três alturas, e os camarotes também apresentaram valores próximos disso.

Em geral a umidade relativa do ar registrada foi maior quanto menor fosse a altura do sensor, ao contrário da temperatura do ar. Independente disso, assim como para temperatura do ar, no camarote 2 houve maior diferença vertical de umidade relativa do ar – por volta de 10.5% –, seguido pelo camarote 3 – por volta de 6.5% –, depois pela enfermaria – por volta de 5% – e o refeitório – por volta de 4.5%. Para umidade relativa do ar se observa uma tendência para uma maior diferença vertical no camarote 3, onde há registros – *outliers* – acima de 20%. Nota-se ainda que houve casos – *outliers* – de diferença vertical de umidade relativa do ar próximo de 20% no camarote 2, próximos de 15% na enfermaria, e acima de 10% no refeitório. Assim como para temperatura do ar, a variabilidade das diferenças verticais de umidade relativa do ar foi maior no camarote 2, seguido pelo camarote 3, depois pelo refeitório, sendo que na enfermaria as diferenças verticais de umidade relativa do ar variaram menos.

A Tabela 1 apresenta o resumo da análise dos gráficos.

Tabela 1. Resumo da análise dos gráficos.

Aspecto verificado / variável ambiental	Temperatura do Ar	Umidade Relativa do Ar
Valores de registro	Enf > ref > cams 2 e 3	Cam 2 > cam 3 e ref > enf
Variabilidade dos dados de registro	Cam 3 > ref > cam 2 > enf	Cam 3 > ref e cam 2 > enf
Tendência para valores mais baixos	Mais no cam 3 e pouco na enf	Pouco em todos e mais no ref
Diferença vertical	Cam 2 > cam 3 > enf > ref	Cam 2 > cam 3 > enf e ref
Tendência para maior diferença vertical	Mais no ref e pouco na enf	Mais no cam 3 e pouco na enf
Variabilidade das diferenças verticais	Cam 2 > cam 3 > ref > enf	Cam 2 > cam 3 > ref > enf

Legenda: cam = camarote; enf = enfermaria; ref = refeitório.

4 CONCLUSÕES

A partir da metodologia adotada e através da análise realizada foi possível compreender o comportamento das variáveis ambientais medidas nos ambientes estudados e comparar os resultados das avaliações com as respostas obtidas pelos usuários. Nesse sentido, observou-se que os principais aspectos negativos relatados pelos usuários e publicados em Martins & Alvarez (2013) são facilmente compreendidos visto que há uma perceptível distribuição desuniforme na temperatura interna dos ambientes, provavelmente ocasionado por fuga de calor ou por falhas oriundas do comportamento dos usuários, como por exemplo, deixar portas e janelas abertas ou mal fechadas.

Para o avanço da pesquisa, prevê-se a realização de estudos comparativos de avaliação do comportamento da temperatura interna em relação à externa (atraso térmico) e, eventualmente, ao consumo de combustível visando estabelecer a efetiva eficiência do sistema construtivo em relação ao isolamento térmico da envoltória.

Os resultados obtidos identificaram, ainda, a necessidade de aprimoramento na técnica estatística utilizada, prevendo-se a adoção da técnica de Controle Estatístico de Qualidade (CEQ)

e análise de série temporal para desenvolvimento de uma análise estatística dos dados e do sistema monitorado a partir de um modelo estabelecido e de forma integral, sem dissociação das informações.

Com a obtenção de novos dados e informações, o uso de técnicas mais sofisticadas de análise estatística e os cálculos dos índices de conforto térmico, será possível, além da obtenção de resultados mais completos em relação aos MAE, replicar a metodologia para a avaliação das novas edificações permanentes da EACF, previstas para estarem concluídas em março de 2017.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM; ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártico de Pesquisas Ambientais – INCT-APA; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES; à Weatherhaven Canada Resources Ltd. – WCRL; e ao Laboratório de Estatística – LESTAT da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES.

6 REFERÊNCIAS

Alvarez, C. E. & Casagrande, B. & Woelffel, A. B. 2004. A adoção da metodologia de Avaliação Pós-Ocupação enquanto instrumento de diagnóstico da Estação Antártica Comandante Ferraz, Brasil: resultados preliminares. In Reunião de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos – RAPAL, 15., Guaiquil - Guaias. *Anais...*: 1-5. Guaiquil - Guaias: Programa Antártico Equatoriano, 2004.

Fanticle, F. B. 2011. *Avaliação de conforto térmico na Estação Antártica Comandante Ferraz*. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória - ES, 2011.

Martins, W. G. & Alvarez, C. E. 2013. Avaliação de desempenho dos Módulos Antárticos Emergenciais (MAE) do Brasil a partir da satisfação dos usuários. In Congresso Fluminense de Engenharia, Tecnologia e Meio Ambiente – CONENGE, 1., Niterói - RJ. *Anais...*: 1113-1120. Niterói - RJ: Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense – UFF, 2013.

Mech, K. 2013. How Hard-wall Expandable Containers Helped Brazil Recover from an Antarctic Disaster. *Innovation: Journal of The Association of Professional Engineers and Geoscientists of BC (British Columbia)*, Burnaby, 17(3): 20-22.

Onset Computer Corporation. HOBOWare Lite: *software para dispositivos e registradores de dados HOBO* 2014. Versão 3.6.1. Cape Cod - MA: 1 CD-ROM.

Ornstein, S. W. & Roméro, M. 1992. *Avaliação Pós-Ocupação (APO) do ambiente construído*. São Paulo - SP: Studio Nobel.

Secretariat of the Antarctic Treaty. *The Antarctic Treaty and the Environment Protocol*. Disponível em: <http://www.ats.aq/index_e.htm>. Acesso em: 01. jul. 2014.

Souza, J. E. B. et al. 2008. *Brasil na Antártica: 25 Anos de História*. São Carlos - SP: Vento Verde Editora.

Weatherhaven Canada Resources Ltd. 2012. *Proposta para o complexo MAE*. Burnaby, 2012.

Identificação do Padrão de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, Públicas e de Serviços em Cidade Média da Zona Bioclimática 2, Brasil

Rosa Maria Locatelli Kalil

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
kalil@upf.br

Rodrigo Carlos Fritsch

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
rcfritsch@upf.br

Eduardo Grala da Cunha

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil
eduardo.grala@ufpel.edu.br

Jaqueline Peglow

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil
jaquelinepeglow@gmail.com

Dr. Adriana Gelpi

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
agelpi@upf.br

ABSTRACT: The objective of this work is to present the research initial stage in order to identify the thermal performance pattern in a small central part of commercial buildings in the Brazilian city Passo Fundo-RS. Peglow adapted methodology (2014) was used, where four stages were established for this work: surveys (general and specific), buildings energy modeling, analysis of the results and identification of the consumption in the buildings studied. The results will contribute to the proposal of new energy saving strategies applied in the architectural design, through architectural interventions and/or buildings operations, aiming at the environmental sustainability, as well as to the dissemination of regulations in the Engineers and Architects community of the region, by carrying out integration seminars and future technical publications to provide the instrumentalization of the professional community in the south region of Brazil.

Keywords: energy efficiency, thermal performance, regulations, energy saving.

RESUMO: O presente trabalho objetiva apresentar a fase inicial de pesquisa que procura identificar o padrão de desempenho térmico e eficiência energética em um pequeno extrato central de edifícios comerciais na cidade brasileira de Passo Fundo-RS. Utilizou-se a metodologia adaptada de Peglow (2014), e estabeleceram-se para este trabalho quatro etapas: levantamentos (gerais e específicos), simulações termoenergéticas da envoltória, análise dos resultados e identificação do consumo das edificações estudadas. Os resultados contribuirão para a proposta de novas estratégias de racionalização de energia aplicáveis em projeto, através de intervenção arquitetônica e/ou operação de edificações, visando à sustentabilidade ambiental, bem como para a difusão da regulamentação na comunidade de Engenheiros e Arquitetos da região por meio da realização de seminários de integração e de futuras publicações técnicas, a fim de proporcionar a instrumentalização da comunidade profissional da região sul do Brasil.

Palavras-chave: eficiência energética, desempenho térmico, regulamentação, conservação de energia, edificações comerciais, de serviço e públicas.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No ano de 2001, a população brasileira foi drasticamente obrigada a mudar seus hábitos de consumo de energia. O corte inesperado no fornecimento de energia em praticamente todo o país evidenciou a falta de planejamento e de políticas sólidas no setor energético nacional. Iniciou-se a partir de então um processo de discussão e implementação de novas regulamentações e políticas de conservação de energia. Segundo o Balanço Energético Nacional 2014, ano base 2013, a geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu 570,0 TWh em 2013, resultado 3,2% superior ao de 2012.

As centrais elétricas de serviço público, com 84,9% da geração total, permanecem como principais contribuintes. A principal fonte de geração de energia elétrica é a hidráulica, embora tal fonte tenha apresentado uma redução de 5,9% na comparação com o ano anterior.

A geração elétrica a partir de não renováveis representou 20,7% do total nacional, contra 15,5% em 2012. A geração de autoprodutores em 2013 participou com 15,1% do total produzido, considerando o agregado de todas as fontes utilizadas.

Importações líquidas de 39,9 TWh, somadas à geração nacional, asseguraram uma oferta interna de energia elétrica de 609,9 TWh, montante 2,9% superior a 2012. O consumo final foi de 516,3 TWh, um acréscimo de 3,6% em comparação com 2012. Do total do consumo de energia elétrica no Brasil em 2013 (570,0 TWh), as edificações representaram 48,5% (276,45 TWh), sendo que o setor residencial chegou a 24,2% do total nacional (137,94 TWh), o setor comercial representou 16,3% do total (92,91 TWh) e o setor público 8,0% do total (45,6 TWh).

A busca pela eficiência energética requer a obtenção de serviço de alta economia de energia, que levará em conta itens como programa, lugar, técnica utilizada, eficiência de sistemas e equipamentos utilizados. No caso das edificações, Peglow (2014) abordando a trajetória brasileira na criação de mecanismos regulatórios para a eficiência energética, menciona a crise energética de 2001 como o início de legislação e políticas nacionais, bem como do grupo de trabalho Edificações, visando o uso racional da energia elétrica (BRASIL, 2001 apud Peglow).

As primeiras instruções normativas como a norma de desempenho térmico de edificações NBR 15220 (2005), a NBR 15575 (2013) de desempenho de edifícios residenciais, a regulamentação RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) (2009) e o Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética em Edifícios Residenciais – RTQ-R (2010), desencadearam o processo de maiores exigências quanto ao desempenho termoenergético das edificações. Mais recentemente a instrução normativa MPOG/SLTI Nº 2, de 4 de junho de 2014 (BRASIL, 2014), que trata da etiquetagem de edificações da administração pública federal novas ou em processo de retrofit energético, continua alavancando o processo de transformação pelo qual o país vem passando.

No contexto de implementação do novo Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética, RTQ-C, a divulgação da mudança de paradigma em relação às novas prescrições é fundamental, bem como o mapeamento e análise dos níveis de eficiência energética e desempenho térmico das tipologias comerciais, públicas e de serviços. Busca-se com isso a consolidação de um novo modelo de eficiência energética que possa balizar a tomada de decisões no que diz respeito aos futuros projetos de edifícios. Diante disso, cresce a importância do estudo de análise e simulações termoenergéticas de edificações comerciais, visando verificar as possibilidades metodológicas e de obtenção de resultados que possam facilitar a aplicação dos princípios de eficiência energética regulamentados.

Estudos de aplicação de métodos de análise do comportamento térmico e de eficiência energética em edificações não-residenciais foram desenvolvidos por Carlo (2008) e Melo (2007) em relação à Florianópolis e outras cidades brasileiras. O trabalho de Barros (2009) estuda o comportamento térmico de paredes em Portugal, com aplicação de isolamento térmico em envoltentes opacas. Como análise e aplicação mais direta dos requisitos do RTQ-C encontramos o trabalho de Brandalise e Cunha (2013) e o de Peglow (2014) aplicado ao caso de Pelotas, RS.

2 METODOLOGIA

2.1 Etapas da pesquisa

A cidade de Passo Fundo é centro regional do Norte-Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, polarizando mais de 1.000 municípios, e concentrando atividades comerciais, financeiras e de serviços, que têm grande representatividade na economia municipal. Apresenta população de cerca de 200 mil habitantes e situa-se na zona bioclimática 2, com estações quentes e frias bem definidas. Seu centro histórico e comercial está sofrendo intenso processo de densificação e renovação, ocupando-se para estabelecimentos comerciais e de serviços de grande, médio e pequeno porte, tanto edificações antigas consolidadas quanto novos pavilhões construídos na forma de lojas de grande porte (Kalil, 2003; Ferreto, 2012).

Para identificar quais as tipologias de maior recorrência no centro da cidade de Passo Fundo e consequente definição do objeto de estudo, foi realizado um levantamento em sete quadras da região central, ver figura 1.

O método utilizado para se alcançar o objetivo desta pesquisa está dividido em quatro partes subdivididas, dentre elas: levantamentos (levantamento geral, definições dos tipos representativos da zona central da cidade de Passo Fundo, escolha das edificações a serem analisadas e simuladas e levantamento específico); simulação do nível de eficiência energética da envoltória dos exemplares de cada edificação escolhida - modelo do edifício real segundo o RTQ-C e modelos de referência segundo o RTQ-C; proposta de medidas de conservação de energia; Na Figura 2 é possível visualizar o diagrama representativo do método.



Figura 1. Quadras selecionadas no centro de Passo Fundo

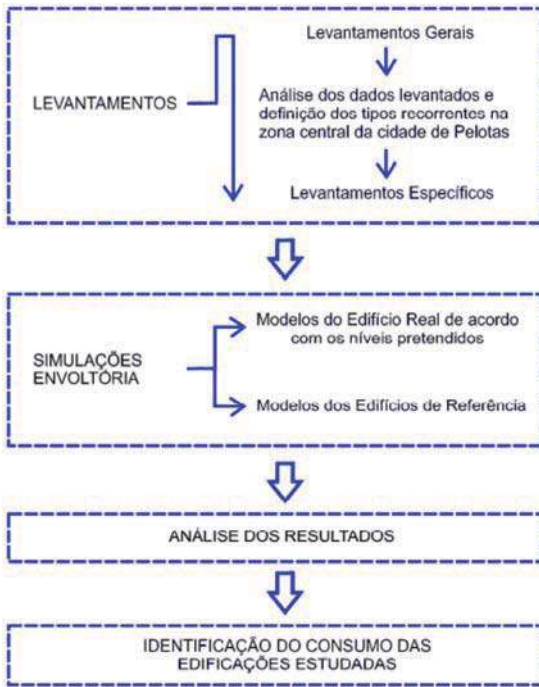


Figura 2. Esquema da estrutura da pesquisa.

A pesquisa encontra-se na fase de levantamento geral, em cujo recorte estão a ser levantados dados de 160 edificações, classificando-as quanto à função, idade, localização no lote, cores das fachadas, número de pavimentos, percentual de fechamentos opacos e transparentes. Para isso foram utilizadas fichas de catalogação (Figura 3) das edificações, levantamento fotográfico e pesquisa em arquivos da Prefeitura Municipal de Passo Fundo.

Banco de dados						
Zona Central - Passo Fundo - Quadra 3						
Código	P1					
Endereço	Rua Morom/Rua Bento Gonçalves - n° 1559					
Uso						
Comercial			Serviço e Público		Residencial	Misto
Loja	Escritório	Outros	Institucional Educacional	Institucional Outros		
		x				
(Galeria)						
Área		Temporal - ano construído			Origem	
Atual		Até 1980	1981 a 2000	2001 até hoje	Construção	Prédio novo
Cadastramento					Reforma	
					Intervenção	
Entorno						
Isolado no lote	Esquina	Entre prédios				
	x					
Forma						
Até 2 pav.	3 - 4 pav.	mais de 4 pav.				
		x				
Técnica -Característica da fachada principal						
Absortância para $\alpha \leq 0,4$		$\alpha > 0,4$				
		x				
Fechamento transparente						
até 30%	30% a 70%	Mais de 70%				
	x					



Figura 3. Exemplo das tabelas utilizadas na fase de levantamentos gerais.

3 RESULTADOS PRELIMINARES

3.1 Absortâncias das fachadas

Os primeiros dados a serem levantados foram as absortâncias das fachadas das edificações. As absortâncias solares das fachadas foram compiladas para posterior análise do desempenho levando em conta uma tabela de cores e suas respectivas absortâncias solares do Anexo V dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações RAC (INMETRO, 2013). Foram computadas as absortâncias em uma escala de 10 até absortâncias maiores que 80 conforme tabela 1.

Tabela 1. Absortâncias compiladas

Absortâncias	Quadra 1	Quadra 2	Quadra 3	Quadra 4	Quadra 5	Quadra 6	Quadra 7
10 - 20	17.9%	25%	16%	9.2%	0%	0%	13.6%
20 - 30	3.6%	0%	0%	13.6%	0%	36.3%	0%
30 - 40	35.7%	34.4%	20%	18.3%	40%	12.8%	22.6%
40 - 50	25%	7.9%	24%	31.6%	30%	19%	18%
50 - 60	0%	7.9%	4%	9.2%	0%	12.8%	13.6%
60 - 70	10.7%	6.4%	32%	4.5%	20%	19.1%	13.6%
70 - 80	7.1%	18.4%	4%	13.6%	10%	0%	9.3%
>80	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9.3%

Os resultados iniciais demonstram que para a quadra 1, as maiores absortâncias encontram-se na faixa entre 30 e 40, para a quadra 2 entre 30 e 40, para a quadra 3 entre 40 e 50, para a quadra 4 entre 40 e 50, para a quadra 5 entre 30 e 40, para a quadra 6 entre 20 e 30 e para a quadra 7 entre 30 e 40.

Pode-se dizer que as absortâncias mais representativas nas fachadas ficaram em torno de 30 e 40, ou seja, nas sete quadras analisadas o percentual de cores entre 30 e 40 representou 26,3% do total como podemos ver na tabela 2.

Tabela 2. Percentuais totais para absortâncias nas sete quadras analisadas

Absortâncias	Total
10 - 20	11.7%
20 - 30	7.6%
30 - 40	26.3%
40 - 50	22.2%
50 - 60	6.8%
60 - 70	15.2%
70 - 80	8.9%
>80	1.3%

3.2 Análise quanto à inserção urbana e recuos laterais

O posicionamento no lote interfere na quantidade de radiação solar recebida pela edificação e nas trocas térmicas com o exterior, por isso se estudou dois tipos de posicionamento na quadra, as edificações entre prédios, sem recuos laterais e as de esquina. Temos as seguintes situações com relação à orientação das fachadas: as edificações foram implantadas no eixo leste-oeste com maior exposição à orientação norte ou noroeste quando localizadas em lotes de esquina. As edificações que possuem suas fachadas principais voltadas para a Avenida Brasil serão simuladas com a orientação noroeste. As edificações que possuem suas fachadas principais voltadas para a Rua Morom serão simuladas com a orientação sudeste, sendo que para as edificações de esquina teremos sempre a simulação da fachada secundária, dependendo da forma da edificação, para a orientação sudoeste ou nordeste.

3.3 Análise quanto à capacidade térmica das paredes

Os edifícios representativos deste extrato pertencem à década de 1980 em sua maioria, quando houve uma grande explosão imobiliária na cidade em virtude do advento do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de 1984 que favoreceu a densificação do centro da cidade (Kalil, 2003). A característica dominante das paredes da envoltória dessas edificações é a utilização de alvenaria de tijolos de 6 furos com uma espessura total (reboco+ emboço+tijolo+emboço+reboco) entre 19 e 20 cm de espessura, com capacidade térmica entre 190 kJ/(m²K) a 200 kJ/(m²K) e atraso térmico médio de 4,5 horas.

4 CONCLUSÕES

A transmitância e capacidade térmica média das paredes das fachadas principais caracteriza, numa análise qualitativa inicial, uma adequada composição, devendo-se atentar ao fato de que sua absorvância pode comprometer esses limites. Quando se coloca aceitável, considera-se que uma possível elevada densidade de carga interna proveniente de sistema de iluminação e equipamentos dos ambientes interiores, conjugada com uma elevada capacidade térmica como também com uma reduzida transmitância térmica das paredes, poderia acarretar um superaquecimento da edificação, ou seja, o calor gerado internamente ficaria no ambiente.

Verificou-se que 45,6% das edificações analisadas possuem absorvâncias menores que 40, sendo o restante (54,4%) composto por edificações com absorvâncias acima de 40. Tal dado nos fornece um primeiro indicativo de que o controle dos ganhos pela envoltória através de cores mais claras, apesar de ser um parâmetro existente na regulamentação, deveria ser levado em consideração em futuras proposições para retrofit, visando ao aperfeiçoamento dos edifícios mais antigos do centro da cidade.

Outro fator importante é a necessidade de aperfeiçoamento das informações técnicas dos insumos para a construção civil, confecção e melhoria de catálogos de fabricantes visando à eficiência energética, o que ainda é incipiente no país. Não há dados disponíveis dos parâmetros térmicos destes insumos, o que dificulta ao projetista e ao próprio incorporador a avaliação energética de seus projetos.

Embora o trabalho esteja em sua fase inicial, verificou-se durante o processo uma grande falta de referências no que diz respeito ao perfil de consumo de diferentes tipologias no país. Tais referências são praticamente inexistentes. É de fundamental importância um entendimento mais aprofundado sobre estes perfis de consumo, atrelado às diferentes tipologias e a forma de como isso pode ser utilizado a favor da elaboração e do aperfeiçoamento de novas regulamentações.

O gradativo aumento de edificações certificadas e etiquetadas contribuirá para o próprio aperfeiçoamento da regulamentação, assim como conhecer aprofundadamente cada fator que influencia direta ou indiretamente no processo de certificação é fundamental para o sucesso na fase de concepção do projeto.

REFERÊNCIAS

ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2005. NBR 15220-1: desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro.

ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2005. NBR 15220-2: desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro.

ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2005. NBR 15220-3: desempenho térmico de edificações - Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro.

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2008. NBR 15575-1: Desempenho de edifícios de até cinco pavimentos: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro.

Barros, H.D.A. Estudo e avaliação das componentes térmicas na utilização de energia em edifícios (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia CiEPEvil, Universidade da Madeira, 2009.

Brandalise, M. .; Cunha, E. G. Análise da sensibilidade do Regulamento Brasileiro de Eficiência Energética – RQC-C quanto à variação de densidade de carga interna de equipamentos na avaliação do desempenho energético da envoltória de edifícios de escritórios. XV Encontro de Pós-Graduação UFPel - XVENPOS, Pelotas, 2013.

Brasil. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. Instrução normativa MPOG/SLTI Nº 2, de 4 de junho de 2014: Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais. Diário Oficial da União. Nº 106, quinta-feira, 5 de junho de 2014.

Brasil. 2001a. Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Lex: Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>>. Acesso em: 25 de maio de 2011.

Brasil. 2001b. Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Lex: Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html>>. Acesso em: 25 de maio de 2011

Carlo, J. C. 2008. Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais. Florianópolis, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 162

Carlo, J. C.; Lamberts, R. 2006. Elaboração de protótipos para simulação do desempenho termo-energético de edificações. In: XI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais Florianópolis: ENTAC.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). 2014. Balanço Energético Nacional 2014: ano base 2013. Rio de Janeiro. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/relatorio_Final_BEN_2012_pdf. Acesso em: mar. de 2015.

Ferreto, D. 2012. Passo Fundo, estruturação urbana de cidade média gaúcha. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo.

INMETRO-Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. 2012. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R. INMETRO.

INMETRO-Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. 2013. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. INMETRO.

Kalil, R. M. L. 2003. Habitação social em Passo Fundo: evolução histórica e situação atual. In: VII Encontro de Teoria e História da Arquitetura do Rio Grande do Sul, 2003, Passo Fundo. Anais do VII Encontro de Teoria e História da Arquitetura do Rio Grande do Sul. Passo Fundo : EDUPF. v. 1CD.

Lamberts, R. & Dutra, L. & Pereira, F. O. R. 2014. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: Procel, 3. ed., 2014.

Melo, A. P. 2007. Análise da influência da transmitância térmica no consumo de energia de edificações comerciais. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.

Melo, A. P. 2012. Desenvolvimento de um método para estimar o consumo de energia de edificações comerciais através da aplicação de redes neurais. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Peglow, J. S. 2014. Eficiência Energética em Lojas da Zona Central de Pelotas, RS: Análise de Envoltórias e Proposição de Medidas de Conservação de Energia. Dissertação de mestrado. Universidade de Pelotas, Pelotas-RS.

Investigação da relação do consumo de materiais, energia incorporada e emissões de CO₂ com a compacidade de projetos de empreendimentos de habitação de interesse social

Renata Postay

Imed, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo, RS, Brasil

renata.postay@imed.edu.br

Andrea Parisi Kern

UNISINOS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, Brasil

apkern@unisinios.br

Mauricio Mancio

UNISINOS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, Brasil

mancio@unisinios.br

Eduardo Reuter Schneck

Feevale, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Novo Hamburgo, RS, Brasil

eduardoschneck@feevale.br

ABSTRACT: In construction, design stands out as an inducer, of rationalization quality and sustainability, since materials choice and architecture decisions have a direct impact on materials consumption, among other factors. This work aims to investigate the relationship between the compactness of buildings with the amount of embodied energy (EE) and CO₂ emissions of building materials. It was carried out through case study of four social housing design. The results show approximately 20% difference in weight of material, regarding design more and less compact. This difference can reach up to 30 % comparing system with ceramic block and concrete. The results of EE and CO₂ were significantly higher in the system that employs ceramic blocks with an approximate difference of 60 % when comparing the highest and lowest value obtained.

Keywords: design compactness, social housing, embodied energy, CO₂ emissions.

RESUMO: Na construção civil o projeto destaca-se como indutor da racionalização da construção, qualidade e sustentabilidade do produto, pois a escolha dos materiais e decisões quanto à arquitetura têm impacto direto no consumo de materiais. O artigo tem por objetivo investigar a relação entre a compacidade de prédios com o consumo de materiais, montante de energia incorporada (EI) e emissões de CO₂ dos materiais de construção. Foi realizado através de estudo de caso de quatro projetos de empreendimentos de habitação de interesse social (EHIS). Quanto ao consumo de materiais, os resultados mostram diferença aproximada de 16% de massa de matéria entre os projetos mais e menos compactos, podendo chegar a 26% se comparar sistema com blocos cerâmicos e de concreto. Os resultados de EI e emissões de CO₂ se mostraram significativamente maiores no sistema que emprega blocos cerâmicos, com diferença aproximada de 60% ao comparar o maior e menor valor obtido.

Palavras-chave: compacidade de projetos, habitação de interesse social, energia incorporada, emissões de CO₂.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil e o ambiente construído, ou seja, as obras resultantes dessa indústria, são considerados duas áreas-chave para o desenvolvimento sustentável na sociedade e apresentam papel essencial para o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e de uma

produção otimizada e eficiente (Halliday, 1997 *apud* Lobo et al., 2010). No Brasil, na lista das 10 atividades econômicas consideradas maiores consumidoras de energia estão seis da construção civil (Lobo, Santos, Tavares; 2010). Entre elas, destaca-se a importância do setor residencial em termos energéticos, por consumir o equivalente aos setores comercial e público juntos, em todas as fontes de energia (Brasil, 2005). Mesmo com a matriz energética predominantemente de fonte renovável e limpa, é recorrente a preocupação em reduzir o consumo de energia do país (Paulsen; Sposto, 2013).

Esse maciço consumo energético da construção civil cria oportunidades para se pensar em gestão voltada à avaliação ambiental, envolvendo desde a energia para a produção de materiais e componentes até a energia utilizada na fase de uso do ambiente construído. Investir em construir mais usando menos materiais tornou-se o grande desafio atual, pois reduz a pressão sobre a natureza e o volume de material nos aterros de resíduos, além de outros impactos ambientais (Weinstock, 2000; Agopyan; John, 2011).

O projeto é um dos elementos fundamentais ao processo de produção, consiste no elemento indutor da racionalização da construção, qualidade e sustentabilidade do produto final. Justificando-se por ser na fase de projeto que o produto é concebido e os materiais e as técnicas construtivas são especificados (Carvalho; Sposto, 2012).

O segmento de empreendimentos de habitação de interesse social (EHIS) tem recebido grandes investimentos do Governo Federal nos últimos anos, tendo em vista o objetivo de redução do alto déficit habitacional que o Brasil enfrenta há décadas. Segundo dados da Caixa Econômica Federal (CEF, 2011), entre os anos de 2003 até dezembro de 2010, foi realizada a contratação de um milhão e cinco mil unidades habitacionais no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida, com estimativa de chegar até o final de 2014 a 2 milhões de casas e apartamentos construídos.

Brandão (2006) aponta a necessidade de mais pesquisas focadas na fase de projeto de EHIS, considerando que parte dos projetos considerados típicos nesse segmento não configuram arranjos com os melhores índices de conforto, além de apresentarem baixo nível de construtibilidade e qualidade ao usuário. Heineck e Fernandes (2004) salientam que a análise de projetos pode ser direcionada a diversos aspectos de ordem qualitativa: a estética, a geometria funcional, a geometria morfológica, a construtibilidade e a racionalidade. Esses aspectos, perante as decisões tomadas na fase de projeto, podem ser correlacionados a impactos ambientais, como: o consumo de materiais, energia incorporada, emissões de CO₂ (SCHNECK, 2013) e geração de resíduos (DIAS, 2013). Assim emerge uma demanda por traçar um paralelo entre decisões de projeto com aspectos ambientais envolvidos em EHIS, tendo em vista a grande escala deste segmento, que movimenta significativo volume de investimento, recursos humanos e materiais.

O objetivo deste artigo é investigar a relação entre a compactidade de prédios de EHIS com o montante de energia incorporada (EI) e emissões de CO₂ dos materiais de construção, considerando alvenaria estrutural, tanto com blocos cerâmicos como de concreto, sistema construtivo largamente utilizado no segmento. Por EI entende-se o montante energético utilizado para a produção de determinado produto, desde a extração, distribuição no mercado até sua destinação final (Gauzin-Müller, 2002) e o CO₂ um dos principais gases colaboradores ao efeito estufa.

Este artigo apresenta resultados parciais de uma Dissertação de Mestrado que está em desenvolvimento no âmbito de um projeto de pesquisa realizado com fomento do MCTI/CNPq/MCidades, Chamada 11/2012, e tem como título: “Projetos de Empreendimentos de Habitação de Interesse Social: conjunto de indicadores para avaliação do desempenho urbano, ambiental e quesitos de habitabilidade”.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os empreendimentos de interesse social, além do requisito fundamental de fornecer habitação, visam dois grandes objetivos: inclusão social e desenvolvimento econômico. Dados da pesquisa realizada pelo Ministério das Cidades publicada em 2011 mostram que o déficit habitacional do País, em valores absolutos, atinge um total de 5.546.310 unidades, das quais 4.629.832 em áreas urbanas, sendo mais de um quarto em regiões metropolitanas. Quanto à distribuição percentual do déficit habitacional por faixas de renda média familiar mensal, a pesquisa indica uma grande maioria para famílias com renda de até 3 salários mínimos (mais de 80%) (Ministério Das Cidades, 2011).

Como medida para diminuir o grande déficit habitacional, destaca-se o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), criado em 2009 pelo governo federal. O PMCMV tem sua estruturação para provimento de habitação prioritária para famílias com renda bruta de até 3 salários mínimos, com subsídio para habitações de interesse social adquirida de empreendimentos “na planta”. Porém, também inclui famílias com renda de até 10 salários mínimos, priorizando a faixa acima de 3 a 6 salários mínimos, a partir de financiamento às empresas do mercado imobiliário para produção de habitação de interesse social (Ministério Das Cidades, 2009).

Na habitação de interesse social, o custo de construção consiste num importante requisito. Onde, muitas vezes é estabelecida uma relação direta deste com a área, resultando em empreendimentos com unidades habitacionais de áreas extremamente reduzidas. Porém, diferentes estudos realizados investigando custos e decisões de projetos, como o estudo de Mascaró (2010), mostram que outros fatores também devem ser contabilizados. Segundo Mayer (2012), mantendo-se constante o tipo e qualidade do material empregado, uma das formas de parametrizar o custo da construção está diretamente relacionado com a compacidade dos prédios: quanto mais compacta a construção, menor o seu custo, tendo em vista que a diminuição do custo se dá pela menor necessidade de materiais.

A compacidade do prédio pode ser representada pelo índice de compacidade definido na década de 70, pelo *Building Performance Research Unit* da Universidade escocesa de Strathclyde, onde, Rosso (1978) estabelece que é a relação percentual que se estabelece entre o perímetro de um círculo de igual área do projeto e o perímetro de paredes exteriores do projeto, conforme Equação 1.

$$IC = \frac{2\sqrt{Ap \cdot \pi}}{Pp} \times 100 \quad (1)$$

onde IC = índice de compacidade; Ap = superfície do projeto; e Pp = perímetro das paredes exteriores do projeto.

A partir de uma revisão feita por Mascaró (2010), o índice teve incorporado o número de arestas e perímetros curvos de fachadas, em função do maior custo de execução destes, passando à denominação atual de Índice Econômico de Compacidade (IeC), conforme Equação 2.

$$IeC = \frac{2\sqrt{Ap \cdot \pi}}{Pep} \times 100 \quad (2)$$

onde IeC = índice econômico de compacidade; Ap = superfície do projeto; e Pep = perímetro econômico do projeto.

O valor do Pep da Equação 2 é calculado separadamente pela fórmula da Equação 3, sendo que é este valor que difere o IeC do IC, devido a ponderar arestas e curvas no perímetro.

$$Pep = Ppr + 1,5 Ppc + \frac{nA}{2} \quad (3)$$

onde Pep = perímetro econômico do projeto; Ppr = perímetro das paredes exteriores retas; e Ppc = perímetro das paredes exteriores.

Embora esse índice tenha sido amplamente utilizado para a relação entre forma arquitetônica e custo, também pode ser utilizado para outras análises, dentre as quais impactos ambientais. Dias (2013) investigou a relação entre o índice econômico de compactidade e a geração de resíduos e conclui que quanto mais compacto o prédio existe uma tendência de geração de menos quantidade de resíduos, uma vez que o consumo de materiais de construção é diminuído. Na mesma lógica, Schneck (2013) pesquisa a relação entre a compactidade e emissões de dióxido de carbono e energia incorporada, estudo que é continuado neste trabalho.

De acordo com Gauzin-Müller (2002), a energia incorporada (EI) é o montante energético utilizado para a produção de determinado produto. No cômputo, incluem-se desde as etapas de extração, produção/processamento do material, sua distribuição no mercado até sua destinação final.

Abeyundara *et al.* (2009 *apud* Bissoli-Dalvi, 2013, p. 103) salientam que a energia incorporada pode ser considerada como um parâmetro para “comparar materiais em termos ambientais, quantificando-se a energia consumida durante o ciclo de vida, incluindo também a necessária para o transporte”. Desta forma as fontes renováveis têm papel importante na redução dos impactos causados frente às fontes de energia tradicionais.

Paulsen e Sposto (2013) propõem analisar a utilização de energia incorporada como um importante indicador de impacto ambiental, onde pelo menos 30% da energia do ciclo de vida pode ser encontrado como energia incorporada. Além disso, a produção de energia gera a maior parte de emissões.

De acordo com Tavares (2006) o estudo de mudanças climáticas mundiais aponta como uma das principais causas de mudanças o acúmulo de gases do efeito estufa. O autor reforça que a geração de CO_2 pelas atividades relacionadas à construção civil é um parâmetro de sustentabilidade particularmente relevante no Brasil. Lobo, Santos e Tavares (2010) indicam que o paradigma da sustentabilidade ganha força quando se trata dos possíveis mercados relacionados a crédito de emissão carbono (CO_2), com potencial para negociação, para comercialização e criação de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

A partir disso, utiliza-se o conceito de carbono embutido, que é definido como a geração equivalente de CO_2 em uma determinada atividade. Na construção civil, o CO_2 embutido tem papel de parâmetro de sustentabilidade nas edificações (TAVARES, 2006), e deveria embasar a discussão sobre a escolha dos materiais de construção, pois estes são responsáveis diretos do consumo de combustíveis que liberam os gases do efeito estufa, um importante parâmetro para a escolha de alternativas mais sustentáveis e adequadas a cada localidade (Lobo; Santos; Tavares, 2010).

3 MÉTODO DE PESQUISA

A questão central de pesquisa que norteia este trabalho consiste em investigar a relação entre projeto arquitetônico com consumo de materiais e impactos ambientais relacionados à energia incorporada e emissões de CO_2 , na produção e utilização de materiais de construção, considerando o sistema construtivo de alvenaria estrutural, com blocos cerâmicos e de concreto.

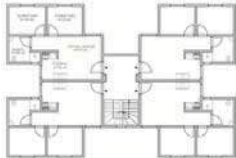


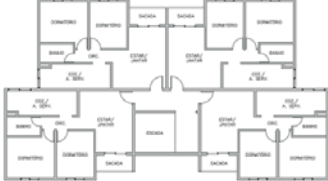
Como método de pesquisa foi utilizado o estudo de caso, com análise de quatro projetos de empreendimentos de habitação de interesse social, um construído na cidade de São Leopoldo,

denominado P1 e os outros construídos na cidade do Rio de Janeiro, denominados P2, P3 e P4, por motivos de facilidade e acesso a informações aos projetos e outros documentos, pois são as cidades das universidades participantes do projeto de pesquisa ao qual esse trabalho está vinculado.

Além da disponibilidade e acesso a documentos, dois critérios nortearam a escolha dos projetos: similaridade em termos de programa da unidade habitacional, áreas (prédio e pavimento) e sistema construtivo; diferença na forma do prédio, medida através do índice de compacidade.

Os quatro empreendimentos possuem 4 apartamentos por pavimento, tanto no térreo como nos 4 pavimentos-tipo, compostos por 2 dormitórios, banheiro, cozinha e área de serviço e sala de estar e jantar integradas. As plantas baixas dos pavimentos, áreas e índices econômico de compacidade calculados a partir das equações 2 e 3 (IeC) são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Síntese dos Projetos

Planta baixa do pavimento tipo (sem escala)	Área edifício (m ²)	Área pavimento tipo (m ²)	IeC
	1.020,00	204,00	49,40
	1.058,32	209,40	54,44
	1.028,28	204,57	62,71
	1.049,37	209,78	64,21

A primeira atividade realizada consistiu na estimativa do quantitativo dos materiais dos projetos, a partir dos projetos arquitetônicos dos empreendimentos disponibilizados pela Caixa Econômica Federal modelados no *software* Revit Autodesk, programa com a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*). Também foi utilizado o orçamento do P1, disponibilizado pela empresa construtora.

A partir dos dados do programa, foi gerada uma lista de materiais e seus respectivos quantitativos em diferentes unidades (massa, área, volume, comprimento). Em seguida, os materiais a serem analisados em termos de energia incorporada e emissões de CO₂ foram selecionados, optando-se por não considerar materiais referentes a esquadrias, por serem diferentes em cada projeto, assim como os materiais de instalações elétricas e hidráulicas, pelo não acesso aos projetos específicos. A última etapa desta atividade consistiu em quantificar todos os materiais em massa (kg), utilizando, quando necessário, dados de densidades encontrados em bibliografia.

A atividade seguinte consistiu em quantificar a energia incorporada e emissões de CO₂ dos projetos com auxílio do *software* CES Selector, com a ferramenta Eco Audit Tool. Para os

materiais que não constavam na base de dados do programa, foi utilizado o módulo *Constructor*, que permite a personalização da base de dados, utilizando-se valores de EI e emissão de CO₂ dos materiais de construção das pesquisas de Tavares (2006) e Lobo (2010): areia, telha de fibrocimento e tintas. Os blocos de concreto, por não estarem na base de dados do programa, foram considerados em termos de materiais (cimento, areia e pedra britada), calculados a partir do traço de blocos de concreto proposto em Andolfato (2002).

Após a obtenção dos dados de consumo de EI e emissões de CO₂ foram elaborados gráficos para comparar os resultados, relacionando o consumo de materiais em massa (kg), EI e emissões de CO₂ com a forma do prédio, representada pelo seu índice econômico de compactidade, considerando o sistema construtivo de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e blocos de concreto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Tabelas 2 e 3 mostram os quantitativos de materiais (em massa) para os quatro projetos, considerando o sistema construtivo de alvenaria estrutural com bloco cerâmico e de concreto. Em detalhe são apresentados os valores dos materiais blocos cerâmicos, areia, pedra britada e cimento, por possuírem valores diferentes na consideração de blocos cerâmicos e blocos de concreto. Para os demais materiais é apresentado a soma de valores de massa. Como demais materiais foram considerados: aço, madeiras, cal, cerâmicas, telhas, impermeabilizantes e tintas.

Tabela 2. Quantitativo de materiais (kg) dos projetos com sistema de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos

Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos	P1 (49,4) Total (kg)	P2 (54,44) Total (kg)	P3 (62,71) Total (kg)	P4 (64,21) Total (kg)
Blocos cerâmicos	338.660,00	329.266,00	312.606,00	287.151,17
Areia média lavada	54.402,21	52.629,37	49.966,46	45.897,80
Cimento Portland CP II-E32	8.049,68	7.829,08	7.432,95	6.827,70
Cal hidratada CH III	11.124,04	10.678,83	10.138,51	9.312,95
Demais materiais	598.305,41	506.371,48	495.921,05	499.173,80
Total	1.010.541,34	906.774,76	876.064,97	848.363,42

Tabela 3. Quantitativo de materiais (kg) dos projetos com sistema de alvenaria estrutural com blocos de concreto

Alvenaria estrutural com blocos de concreto	P1 (49,4) Total (kg)	P2 (54,44) Total (kg)	P3 (62,71) Total (kg)	P4 (64,21) Total (kg)
Areia média lavada	322.062,99	312.865,57	297.035,39	272.848,44
Cimento Portland CP II-E32	50.264,94	48.870,65	46.397,92	42.619,84
Cal hidratada CH III	11.124,04	10.678,83	10.138,51	9.312,95
Pedra britada 1	165.874,29	161.273,14	153.113,14	140.645,47
Demais materiais	598.305,40	577.508,76	563.458,97	499.173,80
Total	1.147.631,66	1.111.196,95	1.070.143,93	964.600,50

Observando os resultados das Tabelas 2 e 3, observa-se que os valores totais diminuem à medida que o índice econômico de compactidade aumenta: quanto mais compacto o projeto, menor o consumo de materiais. Também, os resultados acima indicam que o sistema que emprega blocos cerâmicos utiliza menos massa de material.

A Figura 1 mostra o gráfico que relaciona os resultados de consumo de materiais (kg), índice econômico de compactidade (IeC) no sistema construtivo de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e de concreto.

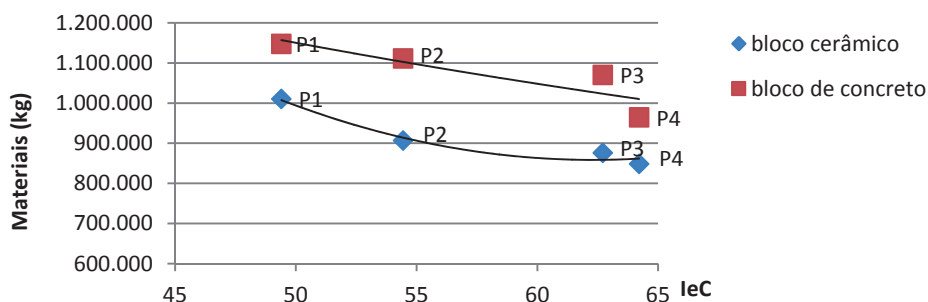


Figura 1. Relação entre o consumo de materiais e capacidade do projeto

A partir do gráfico da Figura 1 é possível ver a tendência de redução do consumo de materiais a medida de aumento da capacidade do projeto arquitetônico (leC). Também é possível visualizar a diferença de consumo de materiais considerando blocos cerâmicos e blocos de concreto.

Comparando os dados do mesmo sistema construtivo e mesmo tipo de bloco, a diferença entre o P1 e P4 (menor e maior capacidade) resulta em reduções aproximadas de 160.000kg e 180.000kg de materiais (blocos cerâmicos e de concreto, respectivamente), ambas aproximadamente 16%.

Ao comparar o resultado de maior consumo, P1 (bloco de concreto), com o de menor consumo P4 (bloco cerâmico), a redução em massa de materiais equivale aproximadamente a 300.000kg de materiais, cerca de 26%.

A Tabela 4 mostra os valores totais de energia incorporada (EI) e emissões de CO₂ dos quatro projetos calculados para os quantitativos dos materiais apresentados nas Tabelas 2 e 3, considerando blocos cerâmicos e de concreto. A Tabela 5 apresenta valores de EI e emissões de CO₂ em relação às áreas construídas dos prédios (Tab. 1).

Tabela 4. Quantitativo de energia incorporada (EI) total e emissões de CO₂ totais dos projetos com sistema construtivo de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e de concreto

Projetos (leC)	Blocos cerâmicos		Blocos de concreto	
	EI (MJ)	CO ₂ (kg)	EI (MJ)	CO ₂ (kg)
P1 (49,40)	12.400.000	1.580.000	3.330.000	305.000
P2 (54,44)	11.700.000	1.510.000	2.960.000	272.000
P3 (62,71)	11.200.000	1.440.000	2.880.000	265.000
P4 (64,21)	10.500.000	1.340.000	2.850.000	260.000

Tabela 5. Quantitativo de energia incorporada (EI) e emissões de CO₂ por metro quadrado dos projetos com sistema construtivo de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e de concreto

Projetos (leC)	Blocos cerâmicos		Blocos de concreto	
	EI (MJ/m ²)	CO ₂ (kg/m ²)	EI (MJ/m ²)	CO ₂ (kg/m ²)
P1 (49,40)	12.157	1.549	3.265	299
P2 (54,44)	11.055	1.427	2.902	267
P3 (62,71)	10.892	1.400	2.824	260
P4 (64,21)	10.006	1.277	2.794	255

A Figura 2 mostra respectivamente: (a) os gráficos que relacionam a capacidade (leC) dos projetos com energia incorporada (MJ/m²) e (b) emissões de CO₂ (kg/m²), considerando blocos cerâmicos e de concreto.

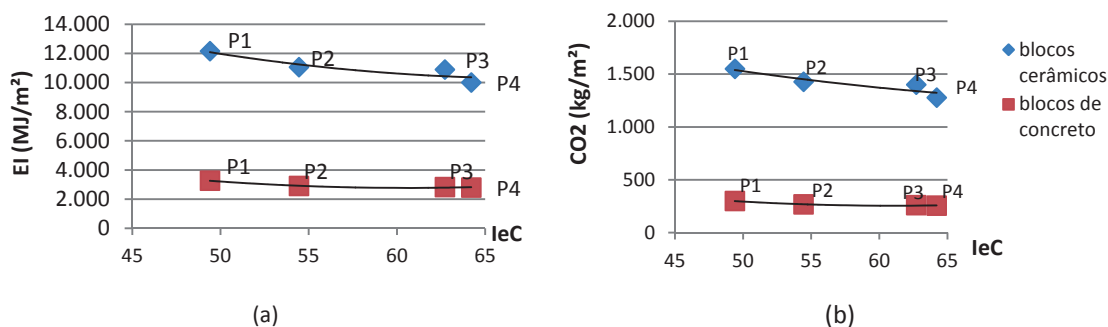


Figura 2. (a) Relação entre Energia Incorporada e compacidade do projeto; (b) Relação entre emissões de CO₂ e compacidade do projeto

A partir dos gráficos da Figuras 2 observa-se o mesmo comportamento de diminuição dos aspectos analisados (energia incorporada e emissões de CO₂) com o aumento de compacidade dos projetos. No entanto, os projetos com blocos cerâmicos apresentaram valores de EI e CO₂ significativamente maiores do que os com blocos de concreto, embora apresentem menores quantitativos de massa de material (Fig. 1).

Esses resultados são explicados pela maior quantidade de energia incorporada dos blocos cerâmicos em comparação a blocos de cimento, de acordo com a base de dados do programa de análise ambiental utilizado e por Tavares (2006).

As Tabelas 6 e 7 mostram os resultados, em porcentagem, de energia incorporada e emissões de CO₂ dos quatro projetos referentes a blocos cerâmicos, areia, brita e cimento para a junta (considerado no sistema que utiliza blocos cerâmicos) e areia, brita e cimento, materiais considerados para os blocos e junta, no sistema que utiliza blocos de concreto.

Tabela 6. Energia Incorporada (% do total do projeto) dos materiais referentes à execução das alvenarias de blocos

Energia incorporada	Blocos cerâmicos				Blocos de concreto			
	P1 (%)	P2 (%)	P3 (%)	P4 (%)	P1 (%)	P2 (%)	P3 (%)	P4 (%)
Blocos cerâmicos	76,3	78,2	77,7	76,1	-	-	-	-
Areia média lavada	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5
Cimento Portland CP II-E32	0,4	0,4	0,4	0,4	8,6	9,4	9,2	8,5
Cal hidratada CH III	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,8	0,8	0,7
Pedra britada 1	-	-	-	-	4,5	5,0	4,8	4,5
Percentual total alvenarias	76,9	78,8	78,3	76,7	14,3	15,7	15,3	14,2

Tabela 7. Emissões de CO₂ (% do total do projeto) dos materiais referentes à execução das alvenarias de blocos

Emissões de CO ₂	Blocos cerâmicos				Blocos de concreto			
	P1 (%)	P2 (%)	P3 (%)	P4 (%)	P1 (%)	P2 (%)	P3 (%)	P4 (%)
Blocos cerâmicos	83,9	85,2	84,8	83,8	-	-	-	-
Areia média lavada	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,5	0,4	0,4
Cimento Portland CP II-E32	0,5	0,5	0,5	0,5	15,7	17,1	16,7	15,6
Cal hidratada CH III	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,8	0,7	0,7
Pedra britada 1	-	-	-	-	3,1	3,4	3,3	3,1
Percentual total alvenarias	84,5	85,8	85,4	84,4	19,9	21,8	21,1	19,8

Quanto aos dados das Tabelas 6 e 7, à EI total dos projetos, quanto ao item alvenaria representa de 76,7% a 78,8% tratando-se de alvenaria estrutural de bloco cerâmico, de 14,2% a 15,7% na alvenaria estrutural de bloco de concreto. Já quanto a emissões de CO₂ nos sistemas de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e alvenaria estrutural de blocos de concreto, os percentuais que representam no total são respectivamente de 84,4 a 85,8% e 19,8 a 21,8%.

Os valores de EI (MJ) e CO₂ (kg) referente aos blocos cerâmicos mostram-se significativamente superiores aos valores de areia brita e cimento da alvenaria de blocos de concreto, conforme demonstrado nos gráficos das Figuras 2 e 3.

A redução de energia incorporada e CO₂, considerando a compacidade do projeto é em torno de 18% (P1 e P4) para projetos com alvenaria de blocos cerâmicos e aproximadamente 14% (P1 e P4) para alvenaria de blocos de concreto. No entanto, a comparação entre os resultados de menor Energia Incorporada e emissão de CO₂ (P4 blocos de concreto), com os resultados de maior Energia Incorporada e emissão de CO₂ (P1 bloco cerâmico), resulta em uma diferença de cerca de 80%.

5 CONCLUSÃO

O trabalho realizado comparou o consumo de materiais de construção de quatro projetos de EHIS, similares em área e programa de unidades habitacionais, em prédios de diferentes formas arquitetônicas, especialmente analisadas em termos de compacidade, tendo como parâmetro o índice econômico de compacidade. Também foi considerada a utilização de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e alvenaria estrutural de blocos de concreto. O objetivo principal consistiu em investigar a relação entre a compacidade do projeto com energia incorporada e emissões de CO₂ referente à produção dos materiais, na fase pré-operacional das edificações.

Como já comprovado por bibliografia anterior, os resultados mostram que projetos mais compactos resultam em redução da necessidade de materiais. O sistema que emprega alvenaria estrutural de blocos cerâmicos demonstrou que utiliza menor massa de material dentre os dois analisados. As diferenças encontradas nas comparações entre os projetos estudados são de aproximadamente de 16% em massa entre os projetos com menor e maior índice econômico de compacidade, podendo chegar a 26% na comparação entre os sistemas construtivos analisados.

Porém, a utilização de blocos cerâmicos confere maiores resultados de energia incorporada e emissão de CO₂, com diferença significativa ao sistema que emprega blocos de concreto. Os resultados mostram a influência do sistema construtivo empregado e a compacidade do projeto no consumo de materiais, energia incorporada e emissões de CO₂. Onde, na análise da energia incorporada e emissão de CO₂, os resultados mostram diferença entre 14% a 18% quando são analisados projetos de um mesmo sistema construtivo, e cerca de 80% quando comparado o projeto de menor compacidade e sistema construtivo com maior EI e emissões de CO₂ com o projeto de maior compacidade no sistema construtivo de menor EI e emissões de CO₂.

Salienta-se, que decisões de projeto com relação a forma do tipo arquitetônico, relacionadas à compacidade do projeto e escolha do sistema construtivo causam reflexos diretamente relacionados a impactos ambientais, tanto quanto à energia incorporada quanto às emissões de CO₂ dos materiais empregados no projeto.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação, – MCTI, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e ao Ministério das Cidades – MCIDADES pelo fomento à pesquisa. À Caixa Econômica Federal e à empresa construtora participante, pela disponibilização dos projetos e orçamentos.

REFERÊNCIAS

Agopyan, V.; John, V. M. O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil. [S.l.]: [s.n.], 2011. v. 5.).

Andolfato, R. P. Desenvolvimento das técnicas de produção de blocos de concreto para alvenaria estrutural na escala (1:4). 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Ilha Soteira. 2002.

Brandão, D. Q. Avaliação da qualidade de arranjos espaciais de apartamentos baseada em aspectos morfo-topológicos e variáveis geométricas que influenciam na racionalização construtiva. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 53-67, 2006.

Caixa Econômica Federal (CEF). Cartilha Minha Casa Minha Vida. Brasília. Disponível em: <http://www.adh.pi.gov.br/minha_casa_minha_vida.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2013.

Brasil. Eficiência energética em habitações de interesse social. Caderno 9. Brasília: Ministério das Cidades/Ministério de Minas e Energia, 2005.

_____. Balanço Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme>>. Acesso em: 11 março de 2014.

Carvalho, M. T. M.; Sposto, R. M. Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 207-225, 2012.

Dias, M. F. Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais. 2013. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo. 2013

Gauzin-Müller, D. *Arquitetura ecológica*. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

Heineck, L. F. M.; Fernandez, J. A. C. G. Modelo para avaliação qualitativa de projetos arquitetônicos, sob a ótica do usuário. Florianópolis, nov. 2004. Disponível em: <<http://www.sindusconfpolis.org.br/artigosCientificos>>.

Lobo, F. H. R. Inventário de emissão equivalente de dióxido de carbono e energia embutida na composição de serviços em obras públicas: Estudo de caso no Estado do Paraná. 2010. 212 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010.

Lobo, F. H. R.; Santos, A. P. L.; Tavares, S. F. *Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial*, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 26-43, 2010.

Mascaró, J. L. *O Custo das Decisões Arquitetônicas*. 5. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010.

Mayer, R. A gramática da habitação mínima : análise do projeto arquitetônico da habitação de interesse social em Porto Alegre e Região Metropolitana. 2012. 205 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

Ministério Das Cidades. Déficit Habitacional no Brasil 2008. Brasília, 2011. Disponível em <http://www.habitatbrasil.org.br/media/5547/d_ficit_habitacional_no_brasil_2008.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2013.

Ministério Das Cidades. Plano Nacional de Habitação. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/Publicacoes/Publicacao_PlanHab_Capa.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2013.

Paulsen, J. S.; Sposto, R. M. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “My House My Life”. *Energy and Buildings*, n. 57, p. 95-102, 2013.

Rosso, T. Aspectos geométricos do custo das edificações. Simpósio sobre barateamento da construção habitacional. Trabalho nº 83. Salvador, mar., 1978.

Schneck, E. R. Tipo arquitetônico em empreendimentos habitacionais de interesse social: impactos ambientais, diferenças no custo e em quesitos de habitabilidade. 2013. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo. 2013

Tavares, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. 2006. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis. 2006.

Weinstock, G. *Agenda 21 para a Construção Sustentável*. Relatório CIB – Publicação 237, Novembro 2000.

Avaliação Térmica de Casa Popular Eficiente no Período de Verão

Joaquim César Pizzutti dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

joaquimpizzutti@hotmail.com

Marcos Alberto Oss Vaghetti

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

marcos.vaghetti@ufsm.br

Roberta Mulazzani Doleys Soares

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) - Campus Santo Ângelo, Santa Ângelo, Rio Grande do Sul, Brasil

roberta.doleys@gmail.com

Andressa Roana Costa Schley

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Rio Grande do Sul, Brasil

andressaroana@hotmail.com

Liége Garlet

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

liegeg9@gmail.com

Rayner Maurício e Silva Machado

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

machyner@hotmail.com

ABSTRACT: This study aimed to analyse, during the summer, the thermal behavior of a popular house prototype, in the Federal University of Santa Maria (UFSM), and if its thermal performance is adequate to the demands of the Brazilian standard NBR 15575. Data from internal and external temperature of the prototype have been evaluated, obtained using Hobo Data Logger in a period of 90 days, being 45 days with closed ventilation and 45 days open. Strong influence was observed of solar orientation of closures on the thermal behavior of environments. The closed system of ventilation resulted in a biggest thermal damping of the building, proving the need for ventilation control, with opening in hours with the milder temperatures. The analysis of thermal performance of the building by simplified method indicates that it is conform NBR 15575 specifications, while through the measurement method obtains an intermediate level of performance.

Keywords: Thermal Behavior, Thermal performance, Measurements on prototype, low-cost home.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo fazer a análise, no período de verão, do comportamento térmico do protótipo de Casa Popular, construído no campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), avaliando também se seu desempenho térmico está adequado às exigências da norma brasileira NBR 15575. Foram avaliados os dados de temperatura interna e externa do protótipo, obtidos através do uso de medidores de temperatura Hobo Data Logger em um período de 90 dias, sendo 45 dias com sistema de ventilação fechado e 45 dias aberto. Foi observada forte influência da orientação solar dos fechamentos no comportamento térmico dos ambientes. O sistema de ventilação fechado resultou em um maior amortecimento térmico

da edificação, comprovando a necessidade de controle da ventilação. A análise de desempenho térmico da edificação pelo método simplificado atendeu às especificações da NBR 15575, enquanto que através do método de medição obteve um nível intermediário de desempenho.

Palavras-chave: Comportamento térmico, Desempenho térmico, Medições em protótipo, Casa de baixo custo.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao recente processo de urbanização e crescimento populacional, típico de países em desenvolvimento, é perceptível a grande demanda brasileira por unidades habitacionais. Entretanto, resolver esse problema não é tão simples como parece, uma vez que a construção civil produz grandes impactos ambientais.

Com o intuito de construir residências de baixo custo, atualmente opta-se por materiais de construção mais baratos, entretanto, estes materiais, em alguns casos, além de serem mais impactantes ao meio ambiente, não possuem um comportamento térmico adequado ao clima em que estão inseridos, levando os moradores a terem um elevado gasto de energia em busca do conforto térmico. Para Castro (2006, p.2), “O edifício atua como mecanismo de controle das variáveis do clima, através de sua envoltória (paredes, piso, cobertura e aberturas) e dos elementos do entorno, e deve ser projetado de modo a proporcionar conforto e eficiência energética”. No entanto, Oliveira (2011) cita que a construção mais econômica tem como consequência a existência de perdas térmicas muito elevadas, e assim um consumo maior de energia.

A construção de um protótipo de Casa Popular Eficiente no campus da Universidade Federal da cidade de Santa Maria-RS, localizada na zona bioclimática 2 brasileira, tem como objetivo geral proporcionar para a região central do Rio Grande do Sul uma opção de moradia de baixo custo adaptado a realidade regional e que considere itens importantes de sustentabilidade, fornecendo um subsídio de projeto aos meios públicos para futuras implantações em conjuntos habitacionais de interesse social no município. A pesquisa visa também à conscientização da comunidade acadêmica e profissional para a importância de conceber e projetar edificações com as premissas da sustentabilidade, envolvendo a natureza e o ambiente como formas de proporcionar conforto aos moradores, propiciando harmonia entre o contexto material e o humano.

Por ser uma construção de baixo custo, executada com materiais alternativos de baixo impacto ambiental, se torna ainda mais importante a avaliação dos diversos itens de desempenho dessa habitação. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo central avaliar o seu comportamento térmico no período de verão, analisando o amortecimento térmico da edificação e o cumprimento das especificações da norma brasileira de desempenho a NBR 15575. Essa análise considerou duas situações, um período com o sistema de ventilação fechado e outro com o sistema de ventilação aberto, para que fosse avaliado também a importância desse item de condicionamento natural.

2 METODOLOGIA

O protótipo da Casa Popular Eficiente foi construído com uma área de 55,4 m² e se configura em dois dormitórios, um banheiro, uma sala de estar e uma cozinha com área de serviço integrada. Nas figuras 1, 2 e 3, pode-se ver em detalhe a planta baixa e as fotos que mostram as fachadas principais da moradia.



Figura 1 – Fachada Norte e Oeste. (Fonte: Vaghetti et al.,2013). Figura 2 - Fachada Norte e Leste. (Fonte: Vaghetti et al.,2013).

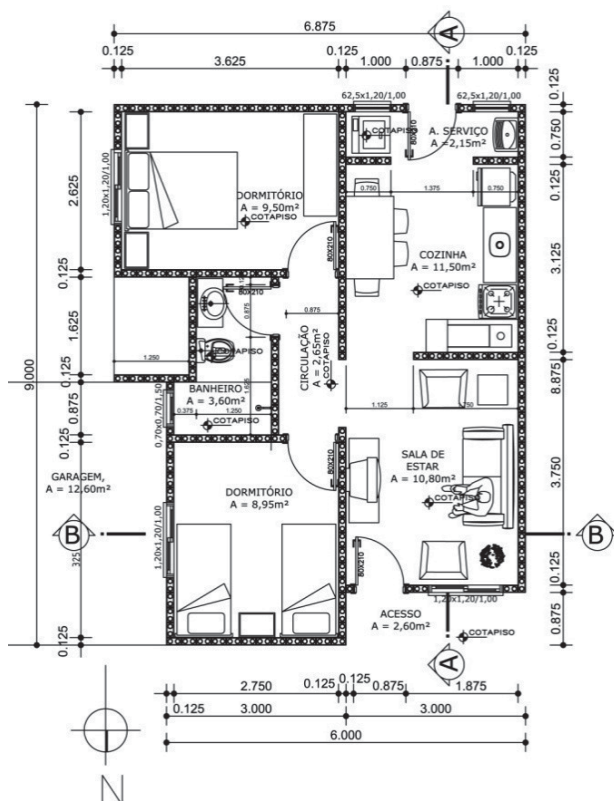


Figura 3 – Planta baixa da habitação Fonte: Vaghetti et al.,2013).

Para a construção do protótipo foram escolhidos materiais de menor impacto ao meio ambiente, adaptáveis à região sul do Brasil e que relacionem um bom custo/benefício. A alvenaria é composta por blocos de solo-cimento vazado (Figura 4a) o qual permite a passagem de eletrodutos, tubulação e preenchimento com ferragem e graute, se necessário, sem a necessidade de quebrar a parede. Além disso, na fabricação do bloco de solo-cimento não é empregado o processo de queima, como nos tijolos comuns. O bom acabamento desses blocos dispensa o uso de revestimento com argamassa. No entanto, para a melhoria da resistência térmica, foi executado um revestimento em argamassa de 1,5 cm na superfície interna das vedações ficando a face externa com o tijolo à vista.

As tintas utilizadas são de terra, um resultado da mistura de terras com diferentes cores. O impermeabilizante ecológico é um produto desenvolvido com alta resistência, o seu filme forma uma película brilhante e lisa, evitando a formação de limo, a penetração de umidade e o acúmulo de sujeira (Vaghetti et al.,2013).

O forro e a estrutura do telhado são compostos por painéis e vigas OSB (Oriented Strand Board) (Figura 4b), que se constituem de um aglomerado de partículas de madeiras longas e orientadas.

As telhas são produtos da reciclagem do polietileno/alumínio das embalagens longa-vida da *Tetra Park* (Figura 4c). Sua composição baseia-se em 75% de plástico, 23% de alumínio e 2% de fibras vegetais, prensados em alta temperatura e sem o uso de resinas (Vaghetti et al., 2013).



Figura 4 - a) Bloco de solo-cimento vazado b) Painél OSB c) Telha reciclada de Tetra Park (Fonte: VAGHETTI et al., 2013)

Segundo Mazon et al. (2006), a ventilação natural regula o clima interno de uma edificação por meio de uma troca de ar controlada pelas aberturas, proporcionando condições mais favoráveis de conforto térmico aos ocupantes. Assim, foi projetado para o protótipo uma abertura de passagem de ar, com seu ponto de captação pelas janelas externas da face leste e sul da casa. As saídas de ar dos ambientes estão localizadas no forro, o que aumenta a diferença de altura entre a entrada e a saída do ar, fazendo com que o ar circule pelo interior da casa, resfriando-a. Aberturas no lanternim do telhado permitem então a saída do ar para o ambiente externo. Durante os meses de inverno a ventilação natural será interrompida pelo fechamento das grelhas localizadas no forro e no telhado, não permitindo a passagem do ar (Vaghetti et al., 2013). A Figura 5 ilustra o sistema de ventilação utilizado no protótipo.

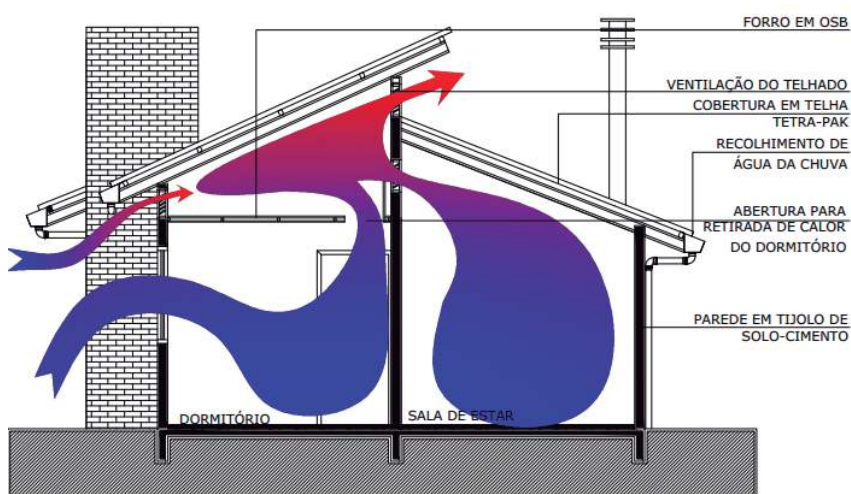


Figura 5 - Sistema de ventilação natural empregado (Fonte: Vaghetti et al., 2013).

A radiação solar também é uma variável de extrema importância no conforto térmico de uma edificação. O estudo da melhor orientação das fachadas em função do clima dispensa, na maioria dos casos, o uso de dispositivos artificiais para iluminação e condicionamento. Portanto, buscou-se o melhor posicionamento para o protótipo, com fachada principal na orientação norte, dormitórios com aberturas para Norte e Leste e fachada Oeste sem aberturas e com previsão de proteção solar do fechamento opaco nessa orientação, a partir do uso de vegetação com folhas que caem no inverno.

2.1 Medições

Para o monitoramento das temperaturas internas e externas do protótipo foram usados aparelho de medição de temperatura Hobo Data Logger, fabricados pela empresa ONSET Computer Corporation. São no total dez aparelhos, dois por ambiente interno (sala, cozinha e dois quartos) e um cabo ligado a outros dois aparelhos para o ambiente externo. Eles foram

programados para coletarem a temperatura do ar durante 90 dias, com a edificação desocupada, com um intervalo de medição de 30 minutos, entre 21 de Dezembro de 2013 e 21 de Março de 2014. Nos primeiros 45 dias as medições foram feitas com as aberturas totalmente fechadas, já nos 45 dias subsequentes, as portas, vidros e basculantes, exceto as da cozinha, foram abertas durante todo o dia, a fim de analisar a influência do sistema de ventilação sobre as variáveis térmicas do protótipo.

Os registradores internos foram instalados a 1,2 metros do piso. Os sensores externos foram postos abaixo do beiral, protegidos da radiação solar direta. A Figura 8 apresenta a planta baixa com a localização da colocação dos medidores.

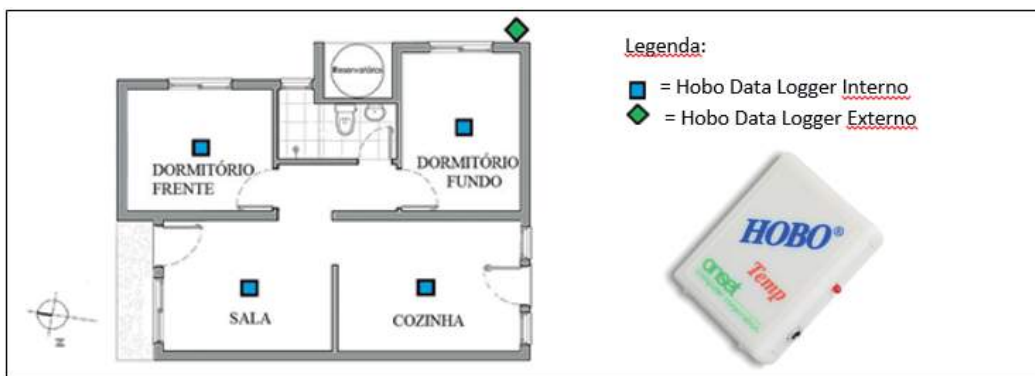


Figura 8- Planta Baixa com a localização dos medidores (Fonte: Vaghetti et al.,2013).

Para a análise térmica da construção foram destacados, tanto no período com ventilação fechada como aberta, três dias consecutivos com temperaturas mais elevadas, sendo realizadas as análises a partir dos dados coletados no terceiro dia de cada período. Assim, no período em que as aberturas de ventilação estavam fechadas foram considerados os dias 22, 23 e 24 de janeiro de 2014, sendo analisados o comportamento e o desempenho térmico no dia 24. Quando o sistema de ventilação esteve aberto foi considerado o período de 5, 6 e 7 de fevereiro de 2014, sendo analisado apenas o comportamento térmico considerando o dia 7.

2.2 Avaliação do Comportamento Térmico

A análise do comportamento térmico foi feita a partir da comparação entre valores de temperaturas externas e internas e do amortecimento térmico da edificação, calculado através da Eq. (1), que relaciona a diferença entre a amplitude de variação de temperatura interna com a amplitude observada externamente, o que é um indicativo importante da resposta do conjunto dos componentes construtivos da edificação frente às ações térmicas atuantes.

$$\mu = 1 - \frac{\Delta T_i}{\Delta T_e} \quad (1)$$

2.3 Avaliação do Desempenho Térmico

O desempenho térmico foi avaliado segundo os critérios da norma NBR 15575, que estipula níveis mínimos de desempenho, sendo utilizado o método simplificado da norma e o método por medições. No simplificado, a norma lista, considerando a Zona Bioclimática 2, valores admissíveis de transmitância térmica para vedações verticais e coberturas, valores mínimos de capacidade térmica para vedações verticais e área de abertura mínima para ventilação, os quais são comparados com os valores obtidos para o protótipo. Os cálculos de transmitância térmica e capacidade térmica foram efetuados segundo a norma NBR 15220-2 (2005), considerando as características físicas dos fechamentos verticais e da cobertura da edificação que estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características térmicas dos materiais componentes dos fechamentos

Características dos materiais	Tijolo Solo-Cimento	Argamassa	Telha Ecológica Tetrapak 6 mm	Forro mm	OSB15
Condutividade Térmica (W/(m.K))	0,65	1,15	0,20		0,14
Calor Específico (J/Kg.K)	0,80	1,0	1,04		2,30
Densidade (Kg/m ³)	1655	2000	950		650
Emissividade (%)	0,80	0,80	0,80		0,80

As áreas das aberturas foram calculadas e comparadas com os limites mínimos de aberturas para ventilação, listados pela NBR 15575.No método por medições as temperaturas máximas internas são comparadas com as máximas externas, atribuindo-se níveis de desempenho conforme a diferença obtida, sendo conferido nível mínimo quando a diferença entre a temperatura externa em relação à interna é maior que 0°C, intermediário quando a diferença é maior que 2°C e superior quando a diferença é maior que 4°C.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Figura 9 apresenta os dados medidos de temperaturas externas e internas nos diversos ambientes monitorados, para o período de três dias mais críticos em que a edificação esteve fechada. A Figura 10 consta de gráficos com temperaturas medidas no período em que o sistema de ventilação foi aberto.

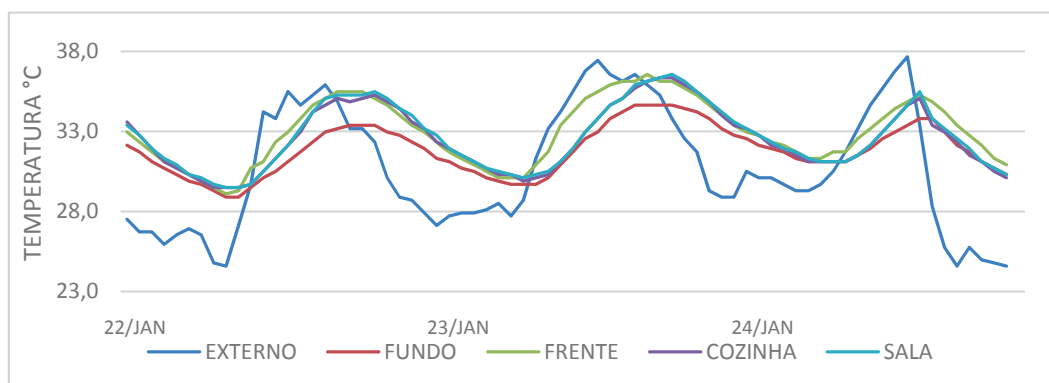


Figura 9 – Temperaturas internas e externa com sistema de ventilação fechado.

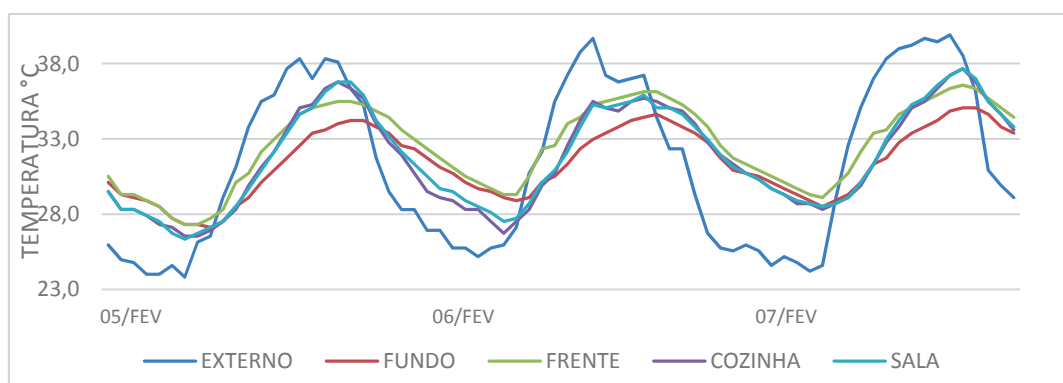


Figura 10 – Temperaturas internas e externa com sistema de ventilação aberto.

Observa-se uma maior amplitude térmica das temperaturas externas no segundo período, o que se refletiu na maior amplitude das temperaturas internas, fenômeno que foi acentuado pela abertura de ventilação ser permanente nesses dias, resultando em um menor amortecimento das variações externas.

No final do primeiro período observa-se uma entrada de frente fria, fenômeno típico da região em que o estudo foi conduzido, o que influenciou em um pequeno decréscimo na temperatura interna dos ambientes no último dia considerado desse período.

Nos dois períodos a influência da incidência da radiação solar é marcante, com maiores temperaturas e amplitudes térmicas nos ambientes com maior incidência solar, o que indica que o controle desse ganho térmico é determinante para um maior conforto no período quente, devendo-se atentar para proteções que permitam abertura na estação fria do ano, característica do clima dessa região. O uso de vegetação, quando previsto em projeto, deve ser implementado durante a execução das edificações, pois faz parte importante da solução com relação a comportamento térmico das mesmas.

3.1 Análise de Comportamento Térmico

A partir dos dados das Figuras 9 e 10, foram estruturadas as Tabelas 2 e 3 com o resumo dos principais dados necessário a essa análise, sendo detalhado, tanto para o período com ventilação fechada como o período com ventilação aberta, o dia crítico, ou seja, o dia mais quente do período de medição. Para o primeiro período de casa fechada o dia adotado é 24 de janeiro que apresentou temperatura máxima de 37,66 °C e mínima de 24,21 °C. Para o período com ventilação aberta é adotado o dia 07 de fevereiro, com temperatura máxima de 39,90°C e mínima de 24,02 °C. Nos dois períodos o dia crítico é precedido por dois dias com temperaturas semelhantes.

Tabela 2 – Temperaturas e amortecimento nos diferentes ambientes (Ventilação Fechada)

1º Período - Casa Fechada					
Ambiente	Data	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Amplitude (°C)	Amortecimento
Externo	24/jan	37,660	24,210	13,450	
Quarto Frente	24/jan	33,800	30,105	3,695	72,53%
Quarto Fundos	24/jan	35,275	30,715	4,560	66,10%
Cozinha	24/jan	35,060	29,900	5,160	61,64%
Sala	24/jan	35,485	30,105	5,380	60,00%
Média Geral	24/jan	-	-	-	65,07%

Tabela 3 – Temperaturas e amortecimento nos diferentes ambientes (Ventilação Aberta)

2º Período - Casa Aberta					
Ambiente	Data	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Amplitude (°C)	Amortecimento
Externo	07/fev	39,900	24,015	15,885	
Quarto Frente	07/fev	35,060	28,310	6,750	57,51%
Quarto Fundos	07/fev	36,565	29,100	7,465	53,01%
Cozinha	07/fev	37,660	28,310	9,350	41,14%
Sala	07/fev	37,660	28,505	9,155	42,37%
Média Geral	07/fev	-	-	-	48,50%

As Figuras 11e 12 mostram os gráficos de variação das temperaturas máximas externamente e para os diversos ambientes da edificação no dia crítico dos diferentes períodos de medição, enquanto a Figura 13 apresenta os valores de amortecimento nos diversos ambientes.

Nos dois períodos analisados, foi possível observar que a sala e a cozinha foram os ambientes com menor amortecimento e maior temperatura interna medida, devido principalmente à maior influência da radiação solar, por estarem posicionados com suas paredes externas voltadas ao norte e oeste. Já o dormitório do fundo é o ambiente com a menor temperatura máxima interna medida e o maior amortecimento, pois a posição geográfica desse quarto com suas paredes externas voltadas ao sul e leste influencia positivamente no período quente.

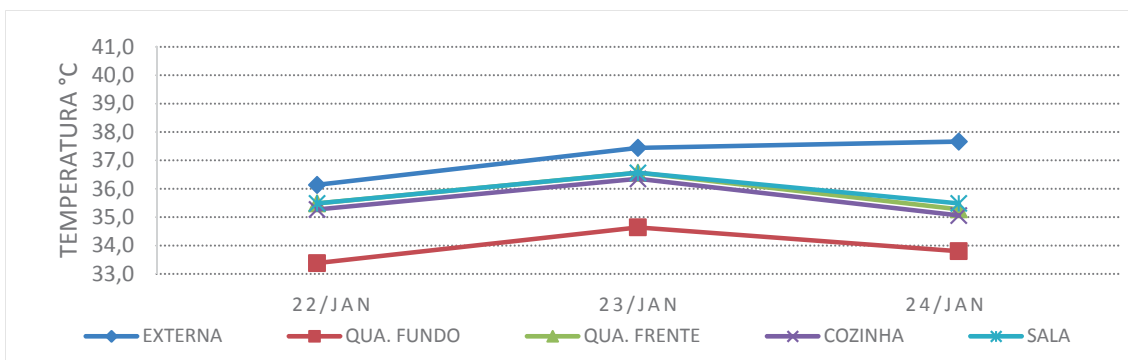


Figura 11 – Temperaturas máximas externa e internas com sistema de ventilação fechada.

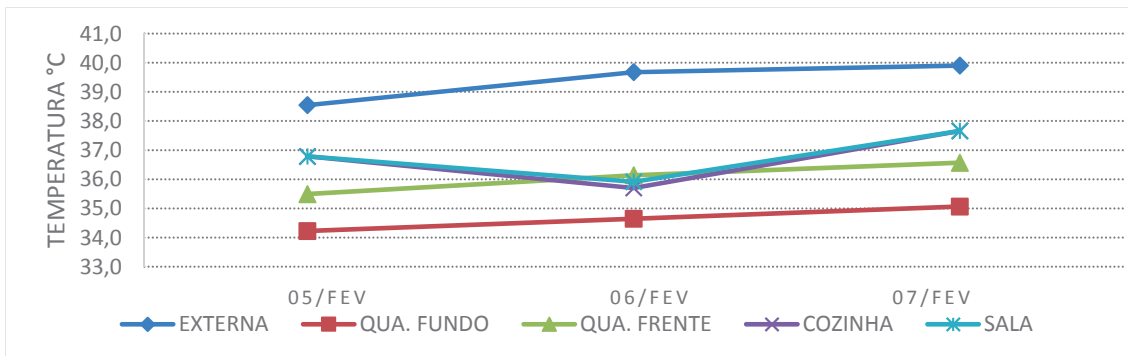


Figura 12 – Temperaturas máximas externa e internas com sistema de ventilação aberta.

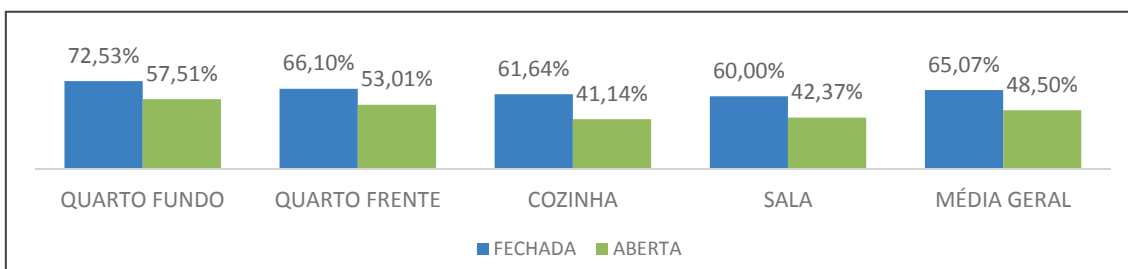


Figura 13 - Amortecimento da temperatura interna dos ambientes

Proteções solares nos fechamentos opacos orientados a Oeste podem trazer melhoras importantes no comportamento térmico no período de verão. Nesse caso está previsto o plantio de vegetação com folhas caducifólias na fachada oeste.

Em todos os ambientes a amplitude térmica é maior, com menor amortecimento, quando a ventilação está aberta durante todo o dia. Esse fato indica a necessidade de controle da ventilação, com abertura apenas nos horários com temperaturas externas mais frescas do dia, caso contrário os ganhos térmicos por ventilação durante os horários mais quentes prejudicam o bom comportamento térmico da edificação.

O amortecimento térmico médio do protótipo no período quente analisado é de 65.07 %, com ventilação fechada, o que indica um amortecimento alto das variações de temperaturas externas para uma edificação de interesse social. Com ventilação aberta todo o dia esse valor baixa para 48,50 %.

3.2 Análise do desempenho térmico pelo método simplificado

Para a avaliação pelo método simplificado da NBR 15575, os valores calculados de transmitância térmica e capacidade térmica dos fechamentos opacos do protótipo estão listados na Tabela 4, juntamente com os valores limites estabelecidos pela norma.

Tabela 4 – Transmitância Térmica e Capacidade Térmica dos fechamentos opacos da edificação. Fonte: Santos (2013)

Características dos Materiais			Componente	
			Parede	Cobertura
Transmitância [W/(m ² K)]	Térmica NBR 15575 Valores Calculados		≤ 2,5	≤ 2,3
			2,44	1,78
Capacidade [kJ/(m ² K)]	Térmica NBR 15575 Valor Calculado		≥ 130	-
			161,7	-
Avaliação			Atende	Atende

É possível observar na Tabela 4, que o valor de transmitância térmica da parede está próximo ao máximo requerido pela norma, mas atende a norma, enquanto os demais valores também estão de acordo com os limites estabelecidos.

No que se refere à ventilação, a NBR 15575 exige uma porcentagem mínima de aberturas para a ventilação de 7,00% da área do piso. A partir dos cálculos realizados obtiveram-se valores percentuais de ventilação de 8,34% para os dormitórios e de 8,83% para o ambiente composto por sala, cozinha e lavanderia, valores superiores aos recomendados pela norma. Dessa maneira a edificação analisada cumpre os requisitos do método simplificado da NBR 15575 com relação ao desempenho térmico.

3.3 Análise do desempenho térmico pelo método das medições

Conforme o procedimento estipulado pela norma e parâmetros mencionados anteriormente, para a obtenção do nível de desempenho térmico através do método de medições, foram obtidas as diferenças entre as temperaturas máximas externa e interna, considerando os dados do terceiro dia do intervalo considerado, para o período de medições com o sistema de ventilação fechado. A Tabela 5 apresenta esses valores .

Tabela 5 - Diferenças entre temperaturas externas e internas nos diversos ambientes (24/02/14)

Ambiente	Dormitório da Frente	Dormitório do Fundo	Cozinha	Sala
Te, máx - Ti, máx	2,39°C	3,86°C	2,60°C	2,17°C

Observando-se os dados da Tabela 5, verifica-se que a sala foi o ambiente mais desfavorável, com maior temperatura máxima e então menor diferença de temperatura em relação à temperatura externa, sendo então o ambiente considerado para a avaliação de desempenho, conforme estabelecido pela norma. Dessa forma a edificação atinge desempenho de nível intermediário.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos dois períodos analisados, o comportamento térmico dos ambientes tem relação direta com a intensidade da radiação solar incidente nos fechamentos dos mesmos, independente da existência de fechamentos transparentes nas fachadas, sendo importante a previsão nos projeto e na execução de conjuntos residenciais, de proteções vegetais, que tem baixo custo e grande eficiência.

No período analisado foi medido um amortecimento térmico médio da edificação de 65,07%, com ventilação fechada, um valor significativo para uma edificação construída focada no baixo custo e com materiais de baixo impacto ambiental, o que limita as opções a serem consideradas na especificação dos materiais construtivos.

A abertura do sistema de ventilação durante todo o dia acarretou um aumento na amplitude térmica interna, com menor amortecimento térmico da edificação, com média de 48,50%. Isso fortalece a ideia de necessidade uma ventilação seletiva, aberta apenas nos horários com temperaturas mais amenas do dia.

Com base nas análises de desempenho térmico pelo método simplificado observa-se que a edificação atende às especificações regidas pela NBR 15575, tanto com relação à transmitância térmica quanto com relação à capacidade térmica e às aberturas de ventilação.

Analisando o desempenho térmico da construção pelo método de medição, observou-se que a residência obteve um nível intermediário de desempenho térmico, nível também obtido por todos os ambientes analisados.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15220-2: 2005 – Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas -NBR 15575-1: 2013 – Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas -NBR 15575-4: 2013 – Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas.Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas -NBR 15575-5: 2013 – Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas.Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

Castro, A.P.A.S. Desempenho térmico de vidros utilizados na construção civil. 2006. 223p. Tese (Doutorado) - UNICAMP. Campinas: 2006.

Mazon, A. A. O.; Silva, R. G. O..S.; Souza, H. A. Ventilação natural em galpões: o uso de lanternins nas coberturas. Volume 59 n°.2. Ouro Preto: Revista Escola de Minas, 2006.

Oliveira, N. M. D. de. Estudo do comportamento térmico de um edifício utilizando o programa RCCTE-STE. Dissertação de mestrado (Engenharia Mecânica) – Universidade Nova de Lisboa, Portugal. 2011. 89p.

PLENTZ, D. ; BEVILACQUA, D. (coord). Universidade Federal de Santa Maria, Carta solar de Santa Maria. Santa Maria. Não publicado, 1998. Relatório de projeto de pesquisa.

Santos, G. T. dos. Avaliação Da Eficiência Energética De Habitação Unifamiliar De Interesse Social Na Região Central Do Rio Grande Do Sul. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil, 2013. 71 p.

Vagheti, M.A.O. et al. *Casa Popular Eficiente: um benefício ambiental aliado a um custo mínimo*. Santa Maria: UFSM, 2013. Projeto de Pesquisa (Protocolo GAP/CT nº 28582).

A correlação entre variáveis climáticas em diferentes configurações urbanas

Fabiana Trindade da Silva

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
fabianatrindade.silva@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: The understanding of urban issues increasingly involves the concept of urban sustainable based on environmental issues, which includes microclimates. The microclimates formation highlights the importance of climatic variables association and the built environment characteristics. Thus, the survey objective was to test the association between climatic variables in different urban settings in order to measure the impact of these settings in the formation of microclimates. To test the association between variables, was defined an area of climate sampling in Vitória (ES, Brazil). The greater association between variables was found between temperature and humidity. It has been observed that the correlation between climatic variables, especially in the urban environment, depends on several interfering in results factors, making analysis complex. However, it is possible to affirm a relationship of interdependence between variables, although this relationship is not present in a linear way.

Keywords: Microclimate, Urban settings, Urban sustainable

RESUMO: A compreensão das questões urbanas envolve, cada vez mais, o conceito de sustentabilidade urbana alicerçado nas questões ambientais, o que inclui os microclimas. Na formação dos microclimas destaca-se a importância da associação das variáveis climáticas e das características do ambiente construído. Dessa forma, o objetivo da pesquisa foi testar a associação entre variáveis climáticas em diferentes configurações urbanas com o intuito de mensurar o impacto dessas configurações na formação dos microclimas. Para testar a associação entre as variáveis, definiu-se uma área de amostragem climática em Vitória (ES, Brasil). A maior associação entre as variáveis foi encontrada entre a temperatura e a umidade relativa. Observa-se que a correlação entre as variáveis climáticas, especialmente no ambiente urbano, depende de diversos fatores que interferem nos resultados, tornando complexa sua análise. No entanto, é possível afirmar que ocorre uma relação de interdependência entre as variáveis, apesar dessa relação não se apresentar de forma linear.

Palavras-chave: Microclima, Configurações urbanas, Sustentabilidade urbana

1 INTRODUÇÃO

O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um determinado espaço terrestre e sua urbanização (Monteiro & Mendonça 2003), ou seja, é o conjunto formado pelas variáveis climáticas e as características do ambiente construído. As características do ambiente construído referem-se à tipologia urbana, à altura, à volumetria, aos afastamentos, e à taxa de ocupação e as variáveis climáticas que mais recebem influência do ambiente construído referem-se à temperatura, a umidade e aos ventos.

A expansão da malha urbana associada à verticalização e adensamento das estruturas citadinas condicionam o clima urbano e, conseqüentemente, impactam nas condições de conforto térmico da população e assim na qualidade de vida. Os cenários decorrentes dos processos de

densificação das cidades e do aumento da impermeabilização do solo contribuem para a ampliação da formação dos microclimas e aumento de temperaturas no nível do transeunte. Na busca pela construção de um urbanismo sustentável, que preze pela qualidade de vida da população, é fundamental o estudo das questões que impactam na produção dos microclimas urbanos.

A compreensão das questões urbanas envolve, cada vez mais, o conceito de sustentabilidade urbana alicerçado nas questões ambientais. Ressalta-se que a qualidade do espaço urbano está diretamente relacionada à qualidade de vida na cidade, da qual é parte integrante os conceitos de conforto térmico e microclimas urbanos. Sendo assim, o clima urbano deve ser considerado como componente de qualidade do ambiente e, portanto, de contribuição para a qualidade de vida no meio urbano (Andrade 2005).

As modificações das configurações urbanas interferem nas variáveis climáticas alterando suas grandezas, formando um mosaico de microclimas, do qual o clima urbano é composto. O clima urbano e seus microclimas só podem ser compreendidos pela intermediação da arquitetura, que forma os recintos urbanos, e cujo sentido está em seu entorno (Mascaró 2004).

Para a análise do microclima urbano é necessário entender o espaço em sua tridimensionalidade, considerando seus elementos constituintes visando o estabelecimento efetivo dos fatores de interferência.

Os estudos climáticos no meio urbano têm sido realizados por pesquisadores em várias localidades do mundo, tendo em vista que as cidades formam aglomerados urbanos crescentes e esses tem exercido grande influência na mudança de temperatura e na ventilação natural (Alcoforado et al. 2006).

Para a equação de balanço térmico essas variáveis climáticas exercem influência, assim, para a identificação do papel que cada variável exerce no conforto térmico urbano torna-se necessário o entendimento da relação entre o comportamento individual de cada uma. Ressalta-se que apesar do conforto térmico não constituir o objeto de estudo da presente pesquisa, a influência das configurações urbanas nas variáveis climáticas afeta diretamente o conforto térmico, que é um dos indicadores do índice de qualidade de vida que integra o conceito de sustentabilidade urbana.

Dessa forma, o objetivo da pesquisa foi testar a associação entre as variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e radiação (através da temperatura média radiante) em diferentes configurações urbanas com o intuito de mensurar o impacto das dessas configurações na formação dos microclimas. De uma forma mais ampla contribuir para o estudo do impacto dos microclimas na qualidade de vida das cidades e assim na construção de cenários urbanos mais sustentáveis.

2 MICROCLIMA URBANO

Nos estudos acerca do clima urbano, um dos aspectos que tem sido abordado com mais frequência é a relação da forma urbana com a formação dos microclimas. De acordo com Oliveira (1998), as configurações urbanas formam condicionantes do clima urbano através de características como, rugosidade e porosidade, densidade construída e ocupação do solo, horizontalidade e verticalidade, presenças de massas d'água e vegetação, dentre outras.

Os estudos científicos sobre o clima urbano tiveram início no século XIX na Europa com o trabalho de Luke Howard. Em 1818, Howard realiza o primeiro estudo sobre clima urbano, constatando que a temperatura do centro de Londres era maior do que as registradas nos arredores rurais da cidade (Assis 2005). Os resultados deste estudo apontam para a ocorrência das Ilhas de Calor Urbano (Urban Heat Island) apesar de não receber esta nomenclatura na época.

O fenômeno das ilhas de calor urbano pode ser explicado como o resultado das modificações dos parâmetros da superfície e da atmosfera pela urbanização (Gartland 2010). Na segunda metade do século XXI na França e na Alemanha, estudos acerca da temática multiplicaram-se em função da expansão das redes de observação meteorológica (ASSIS, 2005).

Como desdobramento desses estudos entendeu-se a necessidade do conhecimento das variáveis climáticas e a sua dinâmica de atuação nas configurações urbanas para minorar o desconforto climático (Oke et al. 1999; Gomes & Lamberts 2009). A análise do clima das cidades em função de sua urbanização mostra-se de suma relevância, especialmente no século XXI onde a maioria da população mundial se encontra nos centros urbanos.

2.1 Variáveis climáticas

Nos espaços abertos há uma maior oscilação das variáveis climáticas quando comparado com os ambientes internos, tornando mais complexa sua avaliação. Destaca-se que no ambiente urbano as variáveis climáticas que recebem maior influência das configurações urbanas são a temperatura do ar, a umidade do ar, a velocidade do ar e a radiação.

Tendo em vista que o conforto térmico urbano depende das interações entre as variáveis climáticas e as características urbanas, é de fundamental interesse o entendimento da interação entre as variáveis climáticas em diferentes ambiências urbanas.

De acordo com a ISO 7726 (1998), a temperatura do ar representa a temperatura da massa de ar existente no entorno do corpo humano e influencia na sensação de conforto térmico à medida que quanto menor essa for em relação à temperatura da pele, maior será a remoção de calor por convecção (RUAS, 1999).

A umidade do ar é descrita pela quantidade de vapor d'água contido na atmosfera, sendo a umidade relativa do ar inversamente proporcional à temperatura (INTERNATIONAL..., 2005). Para as medições microclimáticas utilizam-se os valores de umidade relativa.

A radiação é expressa nas medições microclimáticas por meio da temperatura radiante e a ISO 7726 (1998) a define como a temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a transferência de calor por radiação do corpo humano é igual à transferência de calor em um ambiente real não uniforme. Isso pressupõe que os efeitos do ambiente real no homem, que geralmente é heterogêneo, e o ambiente virtual que é definido como homogêneo, são idênticos (International... 1998).

O conceito de temperatura radiante média permite o estudo das trocas radiativas entre o homem e o seu meio. Em cada ambiente ocorre uma troca contínua de energia radiante que é refletida, absorvida e/ou transmitida. O conforto térmico recebe influência tanto das radiações de ondas curtas – solares – quanto das radiações de ondas longas – terrestres. De acordo com Kenny et al. (2008), a radiação solar é percebida na forma de luz visível e de radiações infravermelhas, e a radiação terrestre é emitida em função da temperatura e emissividade dos objetos.

3 MATERIAIS E MÉTODO

De forma a testar a associação entre as variáveis climáticas temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação em diferentes configurações urbanas, foram definidos os procedimentos metodológicos a seguir (Fig. 1).

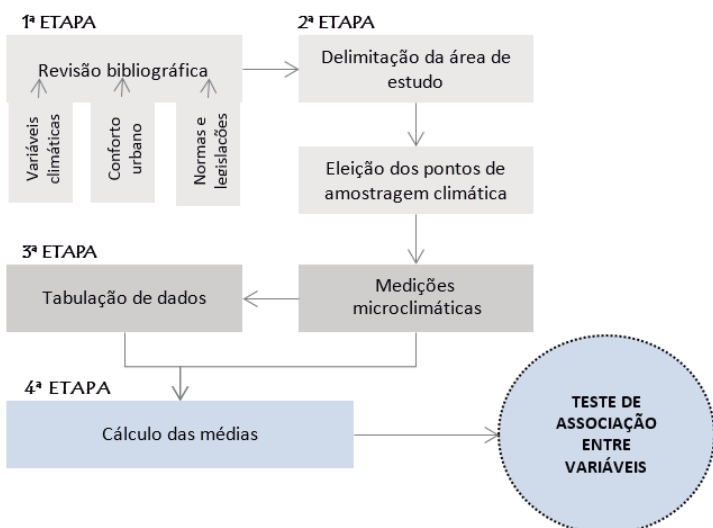


Figura 1. Fluxograma dos procedimentos metodológicos.

Para a aplicação do método definiu-se uma amostragem territorial, na cidade de Vitória (ES/BR), que apresentasse diferentes configurações urbanas (Fig. 2).

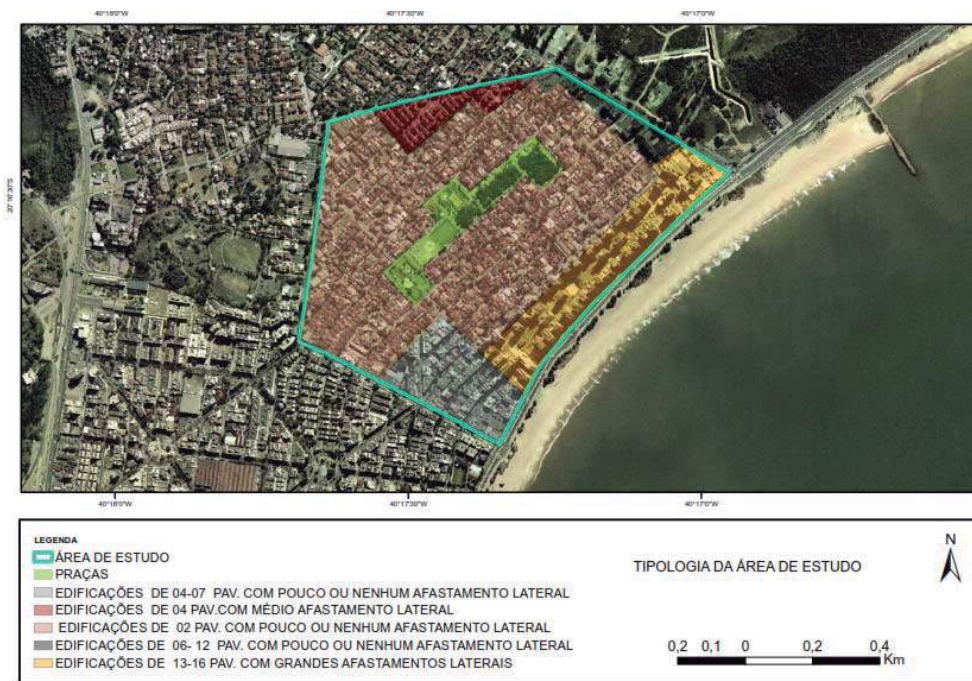


Figura 2 – Caracterização tipológica da área de estudo. Fonte: elaborado no *software* ArcGIS, versão 10.2 (2013)

Adotou-se como método de análise a amostragem climática de 11 pontos dispostos ao longo de duas retas perpendiculares à orla marítima (Fig. 3), objetivando abranger diferentes configurações urbanas.



Figura 3 – Demarcação da área de estudo e definição dos pontos de amostragem. Fonte: elaborado no *software* ArcGIS, versão 10.2 (2013)

Para a realização das medições microclimáticas foram distribuídas quatro miniestações portáteis pelos onze pontos, posicionadas a 110 cm do solo (altura do abdômen), de acordo com a ISO 7726 (2005), que dispõe sobre as normas para as medições de variáveis físicas.

Os instrumentos que compõem cada miniestação são 01 termo-higro-anemômetro digital portátil, 01 datalogger, 01 termômetro de globo, 01 biruta, 01 tripé e 01 abrigo meteorológico (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos instrumentos utilizados nas medições microclimáticas

Item	Descrição	Quantidade
01	Termo-higro-anemômetro, modelo ITAN 7000, marca: Instrutemp	04
02	Hobo Data logger, modelo:U13, marca: Onset	04
03	Têrmometro de globo cinza, confeccionado com bola de pingue-pongue oficial pintada na cor cinza burguês ($\epsilon^1=0,9$), e sensor térmico modelo TMC20-HD, marca: onset	04
04	Biruta confeccionada com tecido TNT	04
05	Tripé ajustável, modelo: W7370, marca: V7	04
06	Abrigo meteorológico: confeccionado em pvc e papel paraná	04

Nota: ¹ e - emissividade

As especificações dos equipamentos obedecem às recomendações da ISO 7726 (2005), conforme descrito na Tabela 2.

A amostragem climática dos onze pontos pré-definidos subdividiu-se em dois dias subsequentes por campanha. Cada campanha foi realizada em uma estação do ano, de acordo com as características climáticas do município de Vitória, ou seja, no inverno (estação mais fresca), na primavera (estação intermediária) e no verão (estação mais quente), totalizando assim três campanhas de amostragem e seis dias de medições. Os dias de medições foram estruturados por trecho, sendo em um dia registrados os pontos contidos no Trecho A e no dia subsequente, os pontos pertencentes ao Trecho B.

Tabela 2 – Características requeridas e desejáveis dos instrumentos. Fonte: Adaptado de ISO 7726 (2005).

Variáveis	Faixa para conforto	Precisão para conforto	Faixa para estresse	Precisão para estresse
Temperatura do ar (tar)	10-40°C	Requerida $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ Desejada $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$	-40-120°C	Requerida $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (0-50°C) Desejada $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$ (0-50°C)
Temperatura radiante (tm)	10-40°C	Requerida $\pm 2^{\circ}\text{C}$ Desejada $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$	-40-150°C	Requerida $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (0-50°C) Desejada $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (0-50°C)
Velocidade do ar (Var)	0,05-1m/s	Requerida $\pm (0,05 + 0,05\text{V})$ Desejada $\pm (0,02 + 0,07\text{V})$	0,2-20m/s	Requerida $\pm (0,1 + 0,05\text{V})$ Desejada $\pm (0,05 + 0,05\text{V})$
Umidade absoluta (par)	0,5-3,0kPa	$\pm 0,15\text{kPa}$ (tar-tm<10°C)	0,5-6,0kPa	$\pm 0,15\text{kPa}$ (tar-tm<20°C)

A amostragem climática ocorreu às 12h no período de inverno e às 11h nos períodos de primavera e verão, em função do horário de verão adotado no Brasil de forma a garantir a similaridade temporal. O horário selecionado é o período de maior altura solar, evitando-se assim que as edificações formassem sombras e interferissem nas similaridades do fator visível de céu dos pontos, visto que as edificações possuem alturas diferentes. As miniestações portáteis permaneceram em cada ponto por uma média de 2 horas por dia de medição.

Para a obtenção de dados climáticos as miniestações foram posicionadas nos pontos fixos e móveis pré-definidos. Para o trecho A, as miniestações foram posicionadas nos pontos fixos A1, A3 e A5 e a miniestação dos pontos móveis se alternou do ponto A2 para o ponto A4. Para o Trecho B, as miniestações foram posicionadas nos pontos fixos B1, B3 e B5 e a miniestação dos pontos móveis foi alternada em sequência do ponto A2 para o A4 e depois para o A6.

Dessa forma a amostragem climática ocorreu em seis dias para os anos de 2013 e 2014 nos períodos descritos na Figura 4.

Tabela 3 – Períodos de amostragem climática

Campanha	Estação	Amostragem climática			
		Dias de medição	Horário	Trecho A	Trecho B
01	Inverno	02	12h	19/08/2013	20/08/2013
02	Primavera	02	11h ¹	25/10/2013	26/10/2013
03	Verão	02	11h ¹	25/01/2014	26/01/2014

Nota: ¹ Horário corrigido em função do horário de verão

Os registros de dados climáticos foram realizados por meio de fichas de dados climáticos, onde para cada ponto foram anotados os dias; horários; velocidades média e máxima do vento marítimo e do vento nordeste (direção predominante em Vitória); direção do vento mais forte (maior velocidade e maior frequência); temperatura mínima, média e máxima; taxa de umidade relativa mínima, média e máxima; temperatura de globo cinza (registrada automaticamente pelos *dataloggers*). Os valores da estação do aeroporto (CPTEC) foram usados como valores base das condições climáticas nos dias de medições.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para análise dos resultados, os dados foram organizados em resumos numéricos (estatística descritiva) de cada estação de amostragem, que sintetizam as médias obtidas de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura média radiante em cada um dos onze pontos.

Optou-se pela utilização de testes paramétricos (comparação entre médias) uma vez que em uma análise preliminar dos dados, as médias se mostraram mais representativas das condições climáticas de cada ponto. Especialmente no que diz respeito à velocidade do ar, por ser um parâmetro climático que sofre flutuações, as máximas e mínimas mascaram as condições mais frequentes e, portanto, as médias são mais representativas.

Para analisar o comportamento das variáveis climáticas é preciso ressaltar que existe uma relação de interdependência entre elas. Os resultados apontaram que na campanha de inverno, onde ocorre menor incidência de radiação solar, a velocidade do vento e a umidade relativa receberam maior influência das configurações urbanas (Tabela 4).

Foram registradas menores temperaturas nos pontos com maiores velocidades do ar, com exceção dos pontos B5 e B4, observando-se que o primeiro foi devido a menor incidência solar; e o segundo, por apresentar maiores valores de umidade relativa.

No trecho A, a umidade relativa foi inversamente proporcional a temperatura, com algumas exceções apresentando uma correlação maior com a ventilação no período de inverno. O mesmo aconteceu no trecho B onde, quanto maior a velocidade, maior umidade relativa, com exceção do ponto B4, localizado defronte a uma praça com densa vegetação.

Tabela 4 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas: inverno

Inverno									
Trecho A	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)	Trecho B	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)
CPTEC	22,6	66,5	6,1	–	CPTEC	22,8	68,5	5,9	–
A1	22,9	72,0	3,2	33,2	B1	25,4	69,7	3,6	33,1
A2	23	71,0	2,4	34,7	B2	25,9	65,5	3,2	32,7
A3	23,7	67,9	1,8	27,8	B3	27,3	64,3	2,2	34,6
A4	24,1	70,5	1,6	28,6	B4	26,9	65,3	1,6	32,0
A5	24,6	64,6	1,2	29,1	B5	26,3	62,5	2,1	32,3
–	–	–	–	–	B6	28,0	62,3	1,7	33,5

Legenda: Ta: temperatura do ar; RH: umidade relativa; v: velocidade do ar; Tmrt: temperatura média radiante

Na campanha da primavera foram registradas maiores velocidades de vento. O ponto B2 onde há a presença de vegetação de grande porte apresentou a menor temperatura e maior umidade relativa (Tabela 5). Nessa campanha a umidade relativa variou em função da temperatura, do vento e da presença de vegetação em fenômeno parecido com o ocorrido no verão.

Quanto à temperatura média radiante, no ponto B1 apesar da falta de sombreamento no horário de medição, dos materiais refletivos das pastilhas do prédio assim como de sua área de fachada e da proximidade com o asfalto, as maiores velocidades do vento registradas no trecho influenciaram significativamente nos valores dessa variável, principalmente nas estações de primavera e de verão.

Tabela 5 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas: primavera

PRIMAVERA									
Trecho A	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)	Trecho B	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)
CPTEC	30	54,5	3,1	–	CPTEC	29	60	3,6	–
A1	31,8	59,4	2,9	55,6	B1	29,0	60,8	3,0	51,0
A2	30,7	59,7	1,8	58,4	B2	30	60,2	2,8	47,9
A3	31,6	57,0	1,4	40,3	B3	32,2	53,2	2,3	52,7
A4	32	57,4	1,3	48,6	B4	31,6	55,0	1,3	50,9
A5	32,6	56,8	1,0	48,6	B5	32,7	54,6	1,9	50,3
–	–	–	–	–	B6	33,1	52,1	1,6	52,0

Legenda: Ta: temperatura do ar; RH: umidade relativa; v: velocidade do ar; Tmrt: temperatura média radiante

Na campanha de verão onde foram registradas menores velocidades de vento do que nas campanhas de inverno e primavera, o ponto A1 apresentou a maior temperatura, visto que houve ocorrência de maior incidência solar e menor umidade relativa (Tabela 6).

Para o Trecho B houve o registro de menor temperatura em B2, que possui maior umidade relativa, menor incidência solar que os outros pontos, com exceção de B5. Devido a maior

incidência solar, típica da estação de verão, foram registradas maiores temperaturas em B1 em relação aos demais, do que nas outras campanhas. Os valores de temperatura de B5 entre as campanhas variou principalmente em relação as velocidades de vento.

Em relação a temperatura média radiante o trecho B apresentou uniformidade na relação entre os pontos, apresentando maiores valores no ponto B3, que possui maior incidência solar, seguido pelo B6 que apresentou maiores temperaturas e menores velocidades nas 3 estações.

Tabela 6 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas: verão

VERÃO									
Trecho A	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)	Trecho B	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)
CPTEC	31		3,1	–	CPTEC	32		3,6	–
A1	35,9	51,0	1,8	55,6	B1	35,2	46,5	2,8	54,6
A2	35,3	54,4	1,3	60,7	B2	34,0	47,8	2,6	49,1
A3	32,9	61,1	1,0	46,3	B3	37,0	44,7	1,8	55,4
A4	35,2	52,3	1,0	50,7	B4	34,6	47,0	1,1	53,2
A5	35,6	50,1	0,9	51,5	B5	36,4	46,3	1,4	52,9
–	–	–	–	–	B6	37,2	41,0	1,3	55,0

Legenda: Ta: temperatura do ar; RH: umidade relativa; v: velocidade do ar; Tmrt: temperatura média radiante

Com o intuito de entender a relação entre a velocidade do ar, temperatura, umidade relativa e radiação (através da temperatura média radiante) foi testada a associação entre as variáveis climáticas mencionadas sem, no entanto, testar a interferência entre elas.

Para testar a associação entre as variáveis climáticas utilizou-se diagramas de dispersão para verificar a relação entre as variáveis climáticas. Os dados das variáveis para a confecção do gráfico de dispersão foram as médias de todos os pontos em todas as campanhas, apresentadas nas Tabelas 3, 4 e 5.

Para melhor visualização da correlação entre as variáveis foi confeccionada uma matriz de correlações com os gráficos de dispersão (Fig. 4). Cada linha do gráfico corresponde a uma variável climática que se relacionam entre elas nas colunas. Assim, por exemplo, as células coloridas representam a relação entre as variáveis temperatura e velocidade.

A correlação entre as variáveis climáticas, especialmente no ambiente urbano, depende de diversos fatores que irão interferir nessa relação, como os aspectos do ambiente construído – altura das edificações, afastamentos, dentre outros –, tornando complexa sua análise. Foram encontradas grandes correlações entre as variáveis temperatura e umidade relativa (R^2 0,9), assim como entre a temperatura e a temperatura média radiante (R^2 0,8). Ao encontro à literatura sobre o assunto, a maior associação entre as variáveis foi encontrada entre a temperatura e a umidade relativa, que apresentaram uma correlação negativa, ou seja, à medida que aumenta a temperatura, a umidade relativa diminui.

Apesar da complexidade de análise, foi possível observar uma relação de interdependência entre as variáveis, embora a relação entre elas não se apresente de forma linear. Essas considerações foram também evidenciadas nas pesquisas de Oke et al. (1999) para a Cidade do México, bem como de Gomes & Lamberts (2009) para Minas Gerais, que concluíram que as variáveis do balanço energético se relacionavam de forma complexa. O fato é que o vento, que apresentou menores correlação com as demais variáveis (R^2 0,1 e 0,2), apesar de não ser suficiente para explicar sozinho as variações de temperatura, umidade relativa e temperatura média radiante, possui um importante papel na equação do balanço das variáveis e em especial em relação ao conforto térmico.

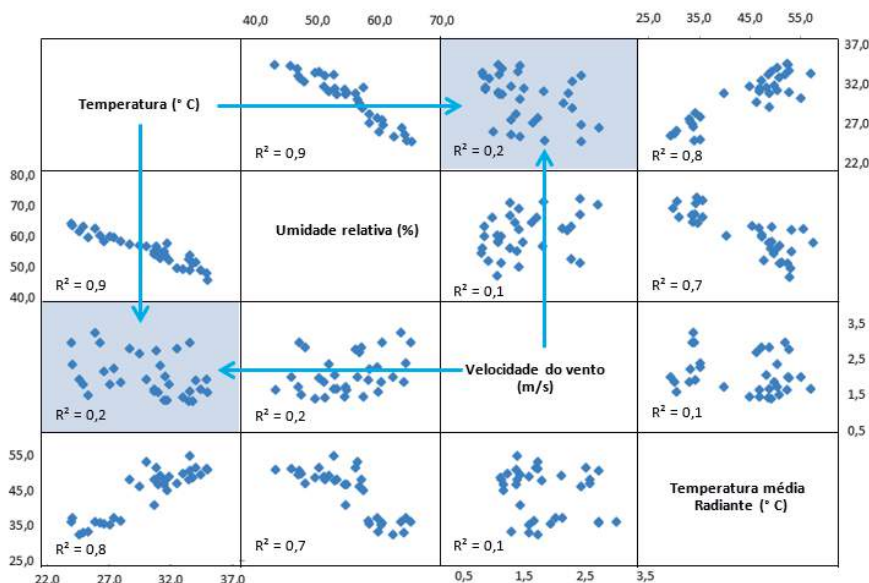


Figura 4 – Matriz de dispersão de variáveis

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados através da correlação entre as variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação (através da temperatura média radiante) em diferentes configurações urbanas apontam a importância da inter-relação entre as variáveis climáticas e construídas para a compreensão das ambiências térmicas urbanas.

Observa-se que a correlação entre as variáveis climáticas, especialmente no ambiente urbano, depende de diversos fatores interferirão nessas variáveis nos resultados, tornando complexa sua análise. No entanto, foi possível afirmar que ocorreu uma relação de interdependência entre as variáveis, apesar da relação entre elas não se apresentar de forma linear.

Necessário se faz destacar que para o entendimento do comportamento climático de dada localidade é necessária a associação entre as variáveis, e especialmente no ambiente urbano as características construídas tem importante papel na compreensão do fenômeno.

Reforça-se assim a importância do aprofundamento do tema através da realização de estudos climáticos que visam entender a dinâmica do ambiente físico urbano e os fatores que afetam o conforto ambiental urbano na busca por melhores condições de qualidade de vida nas cidades. Para que assim, a partir das considerações decorrentes do estudo da temática se possam criar meios de controle para as alterações das estruturas físicas e funcionais da cidade e se possa construir cenários urbanos mais sustentáveis.

6 AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pela CAPES – Coordenação de Pessoal de Aperfeiçoamento de Nível Superior, e insere-se no contexto dos trabalhos da rede URBENERE apoiado pelo CYTED Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo.

REFERÊNCIAS

Alcoforado, Maria J.; Lopes, Antônio; Andrade, Henrique; Vasconcelos, Lopes 2006. Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa. Lisboa: *Universidade de Lisboa*.

Andrade, Henrique 2005. O clima urbano – natureza, escalas de análise e aplicabilidade. *FINISTERRA XL(80)*: 67-91.

Assis, Eleonora A. 2005. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. In: *8º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*, Maceió.

- Gartland, Lisa 2010. *Ilhas de calor*: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos.
- Gomes, Patrícia S.; Lamberts, Roberto 2009. O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso Monte Carlos, MG. *Ambiente construído*, Porto Alegre.
- International, Organization For Standardization 1998. *ISO 7726 - Ergonomics of the thermal environment: Instruments for measuring physical quantities*.
- International, Organization For Standardization 2005. *ISO 7730 - Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*.
- Kenny, Natasha A.; Warland, Jon S.; BROWN, Robert D., GILLESPIE, Terry G.2008. Estimating the radiation absorbed by a human. *International Journal of Biometeorology*, v. 52.
- Mascaró, Lúcia 2004. *Ambiência Urbana*. 2ª edição Porto Alegre: + 4 Editora.
- Monteiro, Carlos A. F.; Mendonça, Francisco 2003. *Clima Urbano*. São Paulo: Editora Contexto, 2003.
- Nikolopoulou, Marialena 2004. *Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach*. Grecia: CRES.
- Oke, Timothy R.; Spronken-Smith, Rachel., JAUREGUI, Ernesto; GRIMMOND, Christine S.B. 1999. The Energy balance of Central Mexico City During the Dry Season. *Atmospheric Environment*, v. 33.
- Oliveira, Paulo M. P. 1988. Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Dissertação de Mestrado – *Instituto de Arquitetura e Urbanismo*, Universidade de Brasília: Brasília.
- Ruas, Álvaro C. 1999. *Conforto térmico nos ambientes de trabalhos*. Fundacentro.

O impacto da distribuição de vegetação no microclima de ambientes urbanos

Brenda Alves Silva

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

brendaasilva@hotmail.com

Tatiana Camello Xavier

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil

Instituto Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia de Produção, Cariacica, Espírito Santo, Brasil

tatianax@ifes.edu.br

Fabiana Trindade da Silva

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil

fabianatrindade.silva@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil

cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: The vegetation in urban areas substantially interferes in microclimate, contributing to relative humidity increase, temperature decrease and, consequently, thermal comfort improvement in tropical climates. The research aimed to evaluate the impact of different types of vegetation arrangement in the formation of urban microclimates. For this purpose, a typologically similar urban stretch in Vitória (ES, Brazil) covering a municipal park and vicinity was selected as the studied area. Some simultaneous measurement of temperature, humidity and speed and direction of wind were made in strategic points. In data analysis, the results showed that in the points next to the park the humidity increasing is more significant and the temperature attenuation occurs in the immediate surroundings, checking that the distributed vegetation causes greater interference in the climate than the vegetation that is concentrated in the Park, concluding that the impact of vegetation on urban microclimates is also associated to its arrangement in space.

Keywords: urban vegetation, urban climate, thermal comfort, vegetation arrangement.

RESUMO: A vegetação em áreas urbanas interfere sensivelmente no microclima, contribuindo no aumento da umidade relativa do ar, na diminuição da temperatura e, conseqüentemente, na melhoria do conforto térmico em climas tropicais. A pesquisa objetivou avaliar o impacto de diferentes tipos de distribuição de vegetação na formação dos microclimas urbanos. Para tanto, selecionou-se como área de estudo um trecho urbano tipologicamente similar em Vitória (ES, Brasil), abrangendo um Parque Municipal e imediações. Foram realizadas medições climáticas simultâneas de pontos pré-definidos das variáveis temperatura, umidade, velocidade e direção do vento. Na análise dos dados, os resultados demonstraram que, nos pontos próximos ao Parque o aumento da umidade é mais significativo e a atenuação da temperatura acontece no entorno imediato, verificando que a vegetação distribuída causa maior interferência no clima do que a concentrada no Parque, concluindo-se que o impacto da vegetação nos microclimas urbanos se relaciona também à sua forma de disposição.

Palavras –chave: vegetação urbana, clima urbano, conforto térmico, disposição da vegetação.

1 INTRODUÇÃO

Nos estudos acerca do clima urbano, um dos aspectos que tem sido abordado com mais frequência é a relação das configurações urbanas com a formação dos microclimas. O território brasileiro apresenta uma variação climática que, em muitos casos, a configuração urbana contribui para elevar o desconforto térmico, sendo objeto de estudo de pesquisadores do clima urbano no Brasil.

As cidades se tornam modificadoras do clima pelas intensas atividades antrópicas e devido à intensificação do uso e ocupação do solo. Segundo Abreu (2008) a falta de vegetação, entre outros aspectos, é um dos fatores responsáveis pelas alterações do clima urbano.

Devido à intensa urbanização e o crescimento populacional as áreas de vegetação se tornam elementos responsáveis pela amenização das “ilhas de calor” nos centros urbanos. Nos últimos anos tem aumentado o interesse em analisar o conforto térmico em espaços abertos visando à melhoria térmica de espaços existentes e o planejamento de novos espaços (Nikolopoulou et al. 2006). A formação de “ilhas de calor” nos centros urbanos está relacionada com o aumento significativo da temperatura, queda da umidade relativa do ar, variações na velocidade do vento e variabilidades das precipitações pluviométricas (Minaki & Amorim 2012).

A presença de vegetação nas cidades tem sido apontada como essencial na estrutura e dinâmica da paisagem urbana, especialmente por sua característica termorreguladora, que pode auxiliar na atenuação térmica em climas tropicais, proporcionando sensações térmicas agradáveis no ambiente urbano (Lima Neto 2011). Assim, para o clima quente e úmido da cidade de Vitória, capital do Espírito Santo (BR), a presença de vegetação no meio urbano tem uma incontestável importância, seja para a atenuação das altas temperaturas e redução no nível de desconforto, seja por criar uma ambiência agradável através do sombreamento pela redução no ofuscamento causado pela radiação solar direta.

Diante do exposto, o objetivo da pesquisa foi avaliar o impacto de diferentes tipos de distribuição de vegetação para a formação dos microclimas urbanos.

2 A INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NOS MICROCLIMAS URBANOS

A vegetação no meio urbano desenvolve um importante papel para auxiliar no conforto térmico, pois influencia na radiação solar direta, temperatura, umidade e velocidade e direção do vento (Abreu 2008). Essa influência acontece devido à vegetação possuir menor capacidade calorífica e condutibilidade térmica, possibilitar que a radiação solar seja absorvida parcialmente pelas folhas, não refletir muito a radiação solar, aumentar a taxa de evaporação, diminuir a poluição do ar através da filtragem pelas folhas e reduzir a velocidade do vento (Romero 2007).

A partir da emissão de vapor de água por meio da superfície das folhas, a chamada regulação higratérmica, a vegetação auxilia na conservação da umidade do microclima (Abreu 2008).

Pesquisas como a realizada por Rocha et al. (2011) apontam que a presença de vegetação e permeabilidade do solo, associadas às características de uso e ocupação do solo exerce influência significativa na diminuição da temperatura do ar noturna e, conseqüentemente, na minimização das ilhas de calor. Embora Romero (2007) afirme que as árvores, como não são rígidas, permitem que o vento permeie por elas sem causar tanto impacto às suas características como as áreas construídas, Labaki et al. (2011) alertam que em relação ao conforto térmico deve-se observar o formato das árvores, que podem dificultar a circulação do vento sob elas reduzindo assim os níveis de conforto.

O impacto da vegetação no fluxo de ar é mais intenso próximo ao solo e depende do arranjo de plantio e das espécies utilizadas (Givoni 1998). De acordo com Mascaró (2004), podem ser apontados quatro efeitos básicos da vegetação no fluxo de ventilação natural: deflexão (desvio

do fluxo de ar), condução (direcionamento do fluxo), filtragem (redução da velocidade do vento) e obstrução (bloqueio do fluxo de ar).

A influência que a vegetação exerce no microclima urbano se estende ao conforto térmico das edificações localizadas ao seu redor, colaborando para a redução do gasto de energia geralmente investido no condicionamento de ar (Abreu 2008).

3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos adotados para a pesquisa foram divididos em 6 etapas: 1 - revisão bibliográfica (que gerou subsídios para as demais etapas); 2 - delimitação da área de estudo; 3 - eleição dos pontos de amostragem climática; 4 - preparação dos equipamentos; 5 - coleta de dados e 6 - análise dos resultados (Fig. 1).

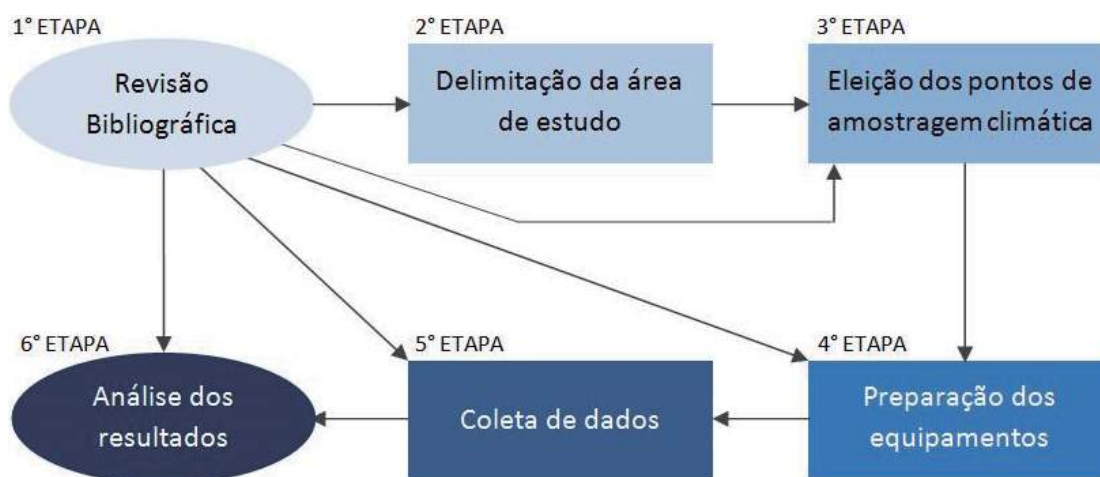


Figura 1. Fluxograma dos procedimentos metodológicos

3.1 Etapa 1: Revisão bibliográfica

Essa etapa consistiu no levantamento de referências bibliográficas relacionadas às questões climáticas, de clima urbano, parques urbanos, vegetação urbana, conforto térmico, ilhas de calor, medições microclimáticas e outras inerentes ao tema principal. Também foram realizadas pesquisas específicas relacionadas às metodologias adotadas em pesquisas semelhantes, características dos equipamentos, procedimentos para tratamento dos dados, levantamento de dados, mapas e imagens aéreas de Vitória, entre outras.

A revisão bibliográfica, além de ser a etapa inicial da pesquisa, foi utilizada em todas as etapas fornecendo o necessário embasamento para as mesmas.

3.2 Etapa 2: Delimitação da área de estudo

A área de estudo foi selecionada em função da presença de um parque urbano e da similaridade das características tipológicas de seu entorno, sendo assim definido um trecho urbano em Vitória (ES, Brasil) que abrange o Parque Pedra da Cebola e áreas adjacentes.

O município de Vitória está localizado na LAT 20° 19' 20" S e LONG 40° 20' 17" W (IBGE – Cidades 2014) e de acordo com a escala de Koppen o clima de Vitória é classificado como tropical úmido (Aw).

O Parque Pedra da Cebola é um monumento natural importante para o contexto sócio-cultural da cidade, tendo sido inaugurado no ano de 1997. O Parque possui uma área superior a 100 mil metros quadrados abrigando vegetação de Mata de Restinga e de Mata Atlântica juntamente com vegetação rupestre nativa do local que abrigam pequenos répteis e aves. O Parque se

tornou o primeiro monumento natural de recuperação de área degradada por atividade econômica de extração de rochas no município (Secretaria de meio ambiente de Vitória 2014).

A intenção na delimitação da área de estudo era possibilitar que fossem comparados tipos diferentes de distribuição de vegetação de grande porte. A região escolhida possui a área do parque com concentração de vegetação e outras áreas com vegetações distribuídas pontualmente e sequencialmente.

3.3 Etapa 3: Eleição dos pontos de amostragem

O método empírico de amostragem climática consistiu em medições simultâneas em quatro pontos pré-definidos das variáveis temperatura, umidade, velocidade e direção do vento. Os pontos de amostragem climática foram posicionados em uma reta, sendo o primeiro localizado no Parque Pedra da Cebola e os três outros em suas imediações no bairro Jardim da Penha e Mata da Praia (Fig. 2).

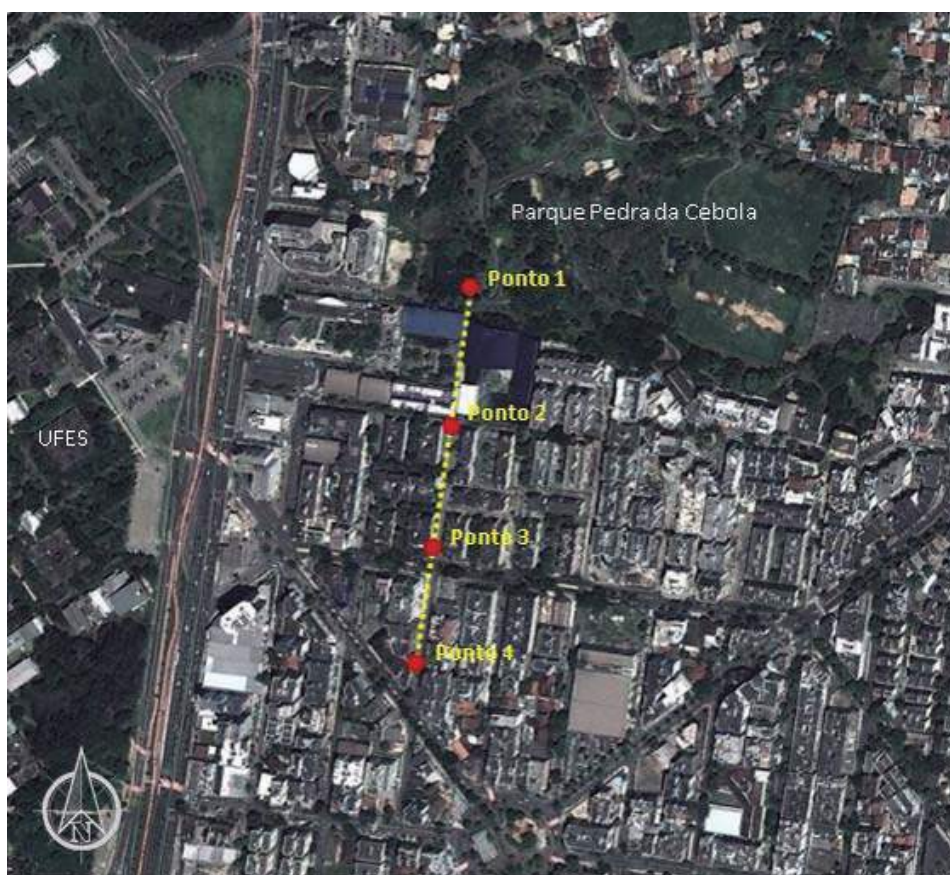


Figura 2. Área de estudo. Modificado a partir de Google Earth (2014).

A disposição dos pontos na área de estudo segue dois critérios: a similaridade tipológica do entorno e a diferença de distribuição de vegetação de grande porte, como pode ser observado na Figura 3. A localização de cada ponto foi demarcada com o uso do aparelho de GPS (GPSMAP 60 CSx GARMIN).

Para a locação dos pontos e levantamento do entorno foram utilizadas a planta geral do município de Vitória, imagens aéreas e georreferenciadas (ortofoto do município de Vitória) e imagens do Google Earth, sobrepostas e conferidas in loco para que fossem feitas as devidas atualizações.



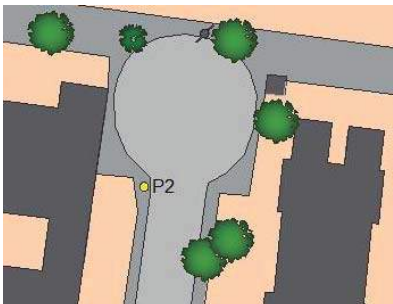

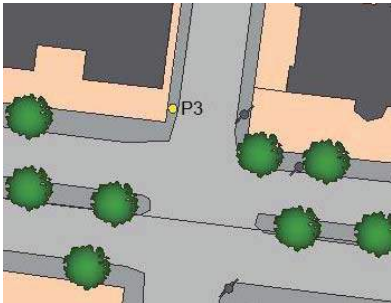

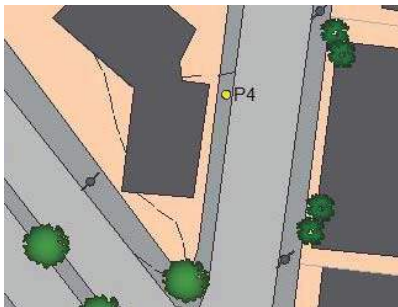

Caracterização dos pontos de medição		
Ponto	Croqui	Foto
P1		
	<p>Caracterização do entorno: no interior do Parque, com massa adensada de vegetação de grande porte no seu entorno. Localização: Parque Municipal Pedra da Cebola/ Mata da Praia Coordenadas: LAT. 20°16'37.18"S - LONG.: 40°17'55.88" W - Altitude: +/- 3 m</p>	
P2		
	<p>Caracterização do entorno: vegetação de grande porte distribuída em pequenas áreas. Região cercada por edificações. Localização: Rua: Artacerce Broto/ Mata da Praia Coordenadas: LAT. 20°16'42.25"S - LONG.: 40°17'56.68" W - Altitude: +/- 3 m</p>	
P3		
	<p>Caracterização do entorno: próximo à avenida Alzira Zarur que possui concentração de vegetação de grande porte no canteiro central. Localização: Rua: Artacerce Broto/ Mata da Praia Coordenadas: LAT. 20°16'46.11"S - LONG.: 40°17'57.41" W - Altitude: +/- 3 m</p>	
P4		
	<p>Caracterização do entorno: próximo à avenida Anísio Fernandes Coelho que possui concentração de vegetação de grande porte no canteiro central. Localização: Rua Tupinambás/ Jardim da Penha Coordenadas: LAT. 20°16'49.52"S - LONG.: 40°17'58.33" W - Altitude: +/- 3 m</p>	

Figura 3. Esquema da caracterização dos pontos de monitoramento.

3.4 Etapa 4: Preparação dos equipamentos

Os dados de temperatura, velocidade do vento e umidade foram registrados por meio de equipamentos fixados em abrigos dispostos em cada ponto de amostragem. Os equipamentos utilizados foram quatro Termo-Higro-Anemômetros, modelo INSTRUTEMP (ITAN 700) e quatro Data loggers, modelo ONSET HOBO (Temp/RH/ 2 extchannels), posicionados a 110 cm do solo (altura do abdômen), de acordo com as normas da ISO 7726 (1998).

Para cada ponto foi montada uma miniestação composta de um termo-higro-anemômetro, um data logger, um tripé e um abrigo. Os aparelhos foram colocados sobre um tripé e protegidos da radiação solar direta por meio de um abrigo meteorológico confeccionado com pratos de poliestireno expandido (Fig. 4).



Figura 4. Equipamento completo para monitoramento climático, com destaque para o abrigo confeccionado com pratos de poliestireno expandido.

3.5 Etapa 5: Coleta de dados

As medições ocorreram no dia 25 de junho de 2014 no período entre 12h e 15h, considerando o horário de maior incidência solar, o que ofereceria a situação mais crítica termicamente proporcionando a análise pretendida na pesquisa.

No início das medições a condição do céu era parcialmente encoberto, e ao final das medições o céu já se apresentava claro (Fig 5).



Figura 5. À esquerda, Céu no dia das medições a partir da Rua Artacerse Broto (ponto 3), às 13h10 e à direita, no mesmo local às 14h25.

Os dados de velocidade do vento, temperatura e umidade foram levantados durante o período, sendo registrados os valores de máxima, mínima e média dos dados microclimáticos de cada ponto de amostragem.

Para os dados de velocidade do vento foram utilizados Termo- Higro-Anenômetros. Os dados de velocidade do vento foram registrados em um intervalo de 10 em 10 minutos, registrando-se os valores de máxima, mínima e média dos dados para cada ponto. Os dados de temperatura e umidade foram registrados no intervalo de 1 em 1 minuto nos Data Loggers e posteriormente extraídos no computador.

3.6 Etapa 6: Análise dos resultados

Para análise dos resultados, os dados passaram por testes paramétricos (comparação entre médias), uma vez que as médias se mostraram representativas das condições microclimáticas de cada ponto. Dessa forma para cada uma das variáveis climáticas analisadas foram confeccionados gráficos com as médias de cada ponto, visando facilitar a comparação das informações obtidas.

4 RESULTADOS

No ponto 1, nas proximidades de onde há grande concentração de vegetação no Parque, foram registradas os menores valores de temperatura e os maiores de umidade (Figs 7 e 8). Sendo assim, nota-se que a concentração de vegetação propicia um ambiente climático mais ameno comparado aos demais pontos. A média da velocidade do vento, no ponto 1 foi a segunda mais alta, observando-se que, apesar de possuir vegetação concentrada, é uma área aberta, possuindo espaçamento entre as vegetações (Fig. 9).

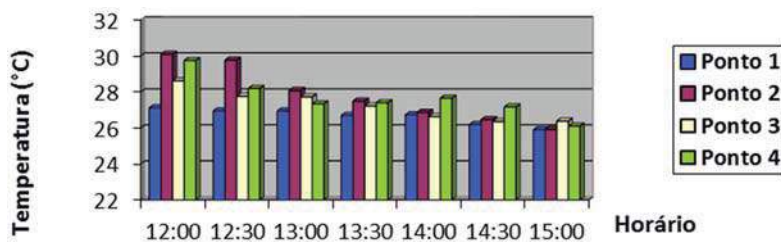


Figura 7. Temperatura nos pontos de medição de 30 em 30 minutos.

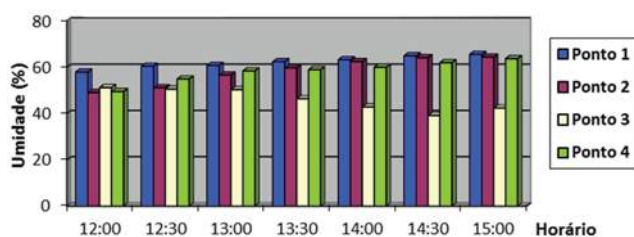


Figura 8. Umidade nos pontos de medição de 30 em 30 minutos

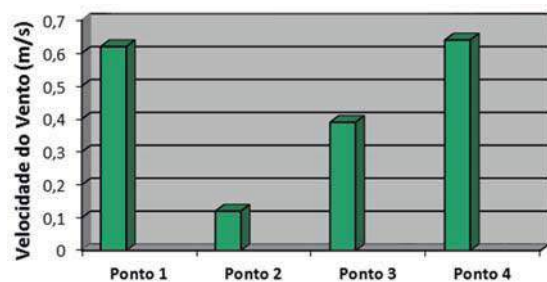


Figura 9. Média da velocidade do vento de 12h00 a15h00.

O ponto 2 é o local com menor número de árvores em suas imediações, apenas com alguns indivíduos pontuais. No entanto, em função da sua proximidade com o Parque, foram registrados valores altos de umidade (Fig. 8), apesar de não se refletir na temperatura, que foi a maior em relação aos demais pontos medidos (Fig. 7). Percebe-se assim que a grande área de vegetação concentrada influencia significativamente na umidade das áreas mais próximas, mas não exerce igual influência na temperatura.

Este ponto também está localizado em uma área circundada por edificações, no final de uma rua sem saída e com pouca vegetação e, por isso, foi registrada a menor média de velocidade do vento e a maior média da temperatura (Figs 9 e 10). Esses resultados apontam a influência da tipologia edificada adensada atuando como bloqueador para a passagem do vento, e da ausência de vegetação no aumento da temperatura.

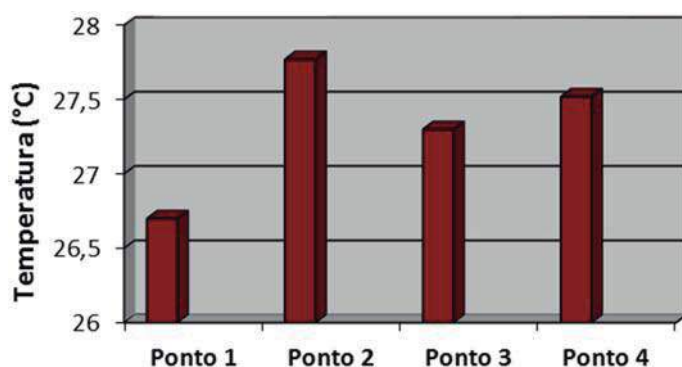


Figura 10. Média da temperatura no intervalo de 12h00 a 15h00.

Os pontos 3 e 4 encontram-se próximos às vias que possuem canteiros centrais com vegetação de grande porte distribuída ao longo da mesma. Porém no ponto 3 existe o maior número de vegetação de grande porte no entorno quando comparado com o ponto 4, e nesse foram registrados menores valores de temperatura, conforme anteriormente demonstrado na Figura 5.

No ponto 4 onde foram registradas as maiores velocidades de vento, também foram registrados os maiores percentuais de umidade, indicando a capacidade do vento de transportar a umidade (Figs 10 e 11).

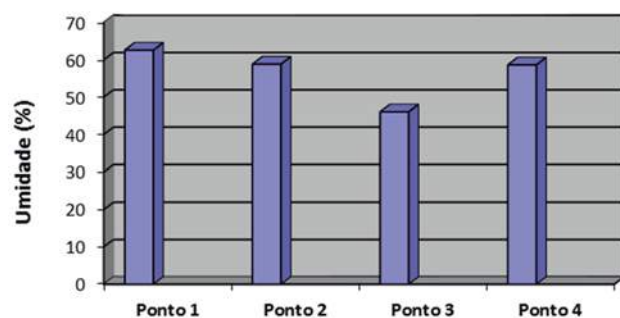


Figura 11. Média de umidade no intervalo de 12h00 a 15h00.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados foi possível identificar o impacto que diferentes formas de disposição de vegetação exercem no microclima urbano, especialmente quanto à umidade e à temperatura. Em áreas onde há a maior concentração de vegetação de grande porte, registraram-se os maiores valores de umidade e esse efeito se estende para as áreas adjacentes. No entanto ressalva-se que esse efeito perde a força à medida que se distancia da massa vegetativa.

Quanto à variável temperatura, a vegetação concentrada tem grande influência no seu entorno imediato, reduzindo em pelo menos 0,6°C a média da temperatura em relação aos outros pontos. Porém a vegetação distribuída contribui de forma mais igualitária em um bairro para sua amenização, como foi possível perceber nos pontos 3 e 4.

No meio urbano a presença da vegetação é comumente garantida pela sua distribuição nos canteiros centrais de avenidas, porém ressalta-se que o seu impacto nos microclimas urbanos deve-se principalmente à disposição da vegetação. No ponto 3 onde há uma maior concentração de árvores que no ponto 4 os efeitos na redução de temperatura se mostraram mais expressivos.

Os resultados alcançados indicaram que a presença de vegetação no meio urbano contribui para a criação de um ambiente climático mais ameno. No entanto, se faz necessário atentar às formas de distribuição da vegetação pelo espaço urbano, para que assim se possa contribuir para melhores condições de conforto térmico nas cidades.

Destaca-se, ainda, que os resultados da pesquisa referem-se à uma determinada parcela urbana com características específicas e, embora possam ser replicados para situações semelhantes, não se afirmar que os resultados obtidos possam ser generalizados para qualquer situação urbana.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pela CAPES – Coordenação de Pessoal de Aperfeiçoamento de Nível Superior, e insere-se no contexto dos trabalhos da rede URBENERE apoiado pelo CYTED Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo.

REFERÊNCIAS

Abreu, L. V. 2008. Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Givoni, B. 1998. Climate Considerations in Building and Urban Design. New York: John Wiley & Sons.

Google. Software Google Earth 7. Estados Unidos, 2014. Disponível em: <<http://www.google.pt/earth/>>. Acesso em 17 jul. 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE - Cidades, 2014. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=320530>>. Acesso em 17 Jul.2014

International organization for standardization. 1998. ISO 7726 - Ergonomics of the thermal environment: Instruments for measuring physical quantities.

Labaki, L. C.; Santos, R. F. S.; Bueno-bartholomei, C. L.; Abreu, Loyde V. A. 2011. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. Fórum Patrimônio, Belo Horizonte.

Lima N., E. M. 2011. Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Mascaró, L. 2004. Ambiência Urbana. 2ª edição - Porto Alegre: + 4 Editora.

Mendonça, F.; Danni-Oliveira, I. M. 2007. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos.

Minaki C.; Amorim, M. C. de C. T. 2012. Características das ilhas de calor em Araçatuba/SP: Análise de episódios. Revista Geonorte, ISSN: 2237-1419, Edição Especial 2, V.2, N.5, p. 279 – 294.

Nikolopoulou, M.; Kruger, E.; Rossi, F. A. 2011. A Influência da configuração urbana no microclima e na sensação térmica em ruas de pedestre de Curitiba, Paraná. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO CONSTRUÍDO. Búzios. Rio de Janeiro.

Rocha, L. M. V.; Souza, Léa C. L.; Castilho, J. V. 2011. Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. Ambiente Construído, Porto Alegre.

Romero, M. A. B. 2007. Arquitetura bioclimática do espaço público. Brasília: Editora Universidade de Brasília.

Secretaria de meio ambiente de Vitória. Parque pedra da cebola. Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br/semmam.php?pagina=pedradacebola>>. Acesso em: 17 Jul. 2014.

A identidade visual nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade: ênfase ao ISMAS

Gleica Guzzo Bortolini

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Desenho Industrial, Vitória, Espírito Santo, Brasil
gleicaguzzo@hotmail.com

Márcia Bissoli-Dalvi

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
marciabissoli@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
cristinaengel@pq.cnpq.br

ABSTRACT: The visual identity (ID) is used to transmit an idea or message through a set of elements which allows the user to identify, memorize and understand the existence of standards. The aim of this research was to analyze the premises of sustainability in visual identities of assessment tools and materials selection tools, with emphasis on the Instrument for Selection of the Most Sustainable Materials – ISMAS. As a results, aspect similarities were identified, such as shape, symbol and colors, which induces the statement that sustainability brings with it a concept of own visual identity and, although it aims to achieve other aspects, its signs and symbols are intrinsically bound to the relative message to environmental aspects. Despite sustainability must be spoken on various aspects, it was possible to identify in the evaluated ID the predominance of graphics that refer to natural elements.

Keywords: Visual identity, sustainability, ISMAS

RESUMO: A identidade visual (ID) é utilizada para transmitir uma ideia ou mensagem através de um conjunto de elementos que permite ao usuário identificar, memorizar e compreender a existência de padrões. A pesquisa objetivou analisar nas identidades visuais das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de edificações e das ferramentas para seleção de materiais, as premissas da sustentabilidade, com ênfase ao Instrumento para Seleção de Materiais mais Sustentáveis - ISMAS. Como resultados foram identificadas semelhanças em aspectos como forma, símbolo e cores, o que induz à afirmação de que a sustentabilidade traz consigo um conceito de identidade visual próprio e, embora busque atingir outros aspectos, seus signos e símbolos estão intrinsecamente vinculados à mensagem relativa aos aspectos ambientais. Embora a sustentabilidade deve ser abordada em vários aspectos, foi possível identificar nas ID avaliadas a predominância de grafismos que remetem a elementos naturais.

Palavras-chave: Identidade visual, sustentabilidade, ISMAS

2 INTRODUÇÃO

A identidade visual (ID) é o processo de significação de um conjunto de imagens, escala cromática, símbolos, logotipos, tipografias e padrões visuais que objetiva transmitir a imagem gráfica de uma organização ou produto. Esse conjunto de elementos geralmente se sustenta em 3 pilares: um símbolo visual, o logotipo, e o conjunto de cores (Adir, Adir&Pasqu 2014) – figura 1. Como particularidade, o símbolo caracteriza uma ideia e o logotipo é necessariamente composto por letras, e seu objetivo é de que possa ser efetivamente lido (Peón 2009).



Figura 1. Representação esquemática de uma estrutura que compõe a identidade visual.

Ao longo da história, a ID permitiu identificar de forma eficiente os edifícios. Na China antiga, por exemplo, os imperadores usavam o dragão como um símbolo do poder imperial nas obras. As colunas se tornaram símbolo da arquitetura clássica grega. Dessa forma, a ID se manifesta com a incorporação de uma cultura, de valores de um povo e de uma época. A conversão de algo intangível (valores) em algo tangível (desenho/forma) reforça o potencial de um determinado lugar, de uma marca, de um objeto específico, enfatizando os valores essenciais de um determinado tema (Park et al. 2013, Leitão et al. 2014).

2.1 Ferramentas de avaliação de sustentabilidade de edifícios

Atualmente proliferam no mercado produtos e projetos que aplicam conceitos, técnicas, tecnologias e materiais embasados na sustentabilidade, e que possuem em comum o objetivo de buscar uma relação mais harmoniosa entre o ambiente construído e o natural. Especificamente no âmbito da construção civil, nos últimos anos, têm sido criados instrumentos de avaliação de sustentabilidade em diversos países que contribuem, entre outros aspectos, para a redução do impacto ambiental das atividades inerentes ao setor. Estes também têm representado uma ferramenta de visibilidade e *marketing* para os empreendimentos, sendo que no âmbito internacional já se observa a importância de ferramentas certificadoras que reforçam tal ação (Wadel, Avellaneda & Cuchi 2010).

Dentre as principais ferramentas atualmente utilizadas, destacam-se o BREEAM–BuildingResearch Establishment Environmental Assessment Method –Inglaterra (BREEAM... acesso em 28 ago. 2014); o GREEN STAR, na Austrália (Green... acesso em: 28 ago. 2014); o CASBEE – ComprehensiveAssessment System for Building Environmental Efficiency –Japão (Japan... 2008); o HQE– Haute Qualité Environnementale – França (Guide..., 2011); o LEED – Leadership in Energy and Environmental Design – Estados Unidos (LEED 2009);o SBtool – Sustainable Building Tool –Consórcio internacional (International... 2007); entre outros.

No Brasil, também sobressai a utilização de instrumentos, sendo alguns desenvolvidos especificamente para a realidade nacional, como o AQUA – Alta Qualidade Ambiental (Fundação... 2007); a ASUS – Avaliação de Sustentabilidade (Alvarez& Souza 2011); entre outros. As ferramentas adotam identidades visuais que representam o resultado final de uma análise quali ou quantitativa, ou ainda, representam simplesmente a identidade de cada ferramenta, de modo a torná-las conhecidas e favorecer a compreensão imediata.

2.2 Ferramentas auxiliares para a seleção de materiais

Em paralelo às ferramentas de avaliação de sustentabilidade, alguns softwares são considerados ferramentas digitais de suporte a decisões e auxílio para seleção de materiais (Ramallete, Senos& Aguiar 2010). Esses se configuram como procedimentos sistemáticos para mensurar e avaliar os impactos e ampliar as possibilidades de escolha.

O Athena (Canadá), avalia e compara o impacto dos materiais em diversas situações de uso (Athena... acesso em 31 ago. 2014).O BEES (EUA) apresenta categorias de impacto e fornece uma maneira de equilibrar o desempenho ambiental e econômico dos materiais, além de medir o desempenho ambiental dos mesmos (Lippiatt, Greig & Lavappa 2009). O SimaPro (Holanda), identifica, calcula e quantifica aspectos ambientais relacionados à energia incorporada nos

materiais (SimaPro acesso em 29 ago. 2014). No Brasil, um exemplo é o Materia Brasil, um acervo online gratuito de materiais que possuem indicadores de sustentabilidade associados. Como estudo de casos foi utilizado o ISMAS para exemplificar a proposição de uma ID.

2.3 Elementos para a análise

Para análise das identidades visuais foram definidos os elementos a partir dos estudos de Peón (2009). Somam-se ainda os elementos específicos que representam ou aproximam as identidades com aspectos da sustentabilidade, conforme síntese apresentada no Tabela 1.

Tabela 1. Elementos para a análise das identidades visuais

Elementos	Conceituação
Símbolo	Deve ser rapidamente identificado, de fácil memorização, não deve ter excesso de elementos, e possuir uma associação clara. Deve contribuir para uma leitura mais imediata possível e uma boa reprodutibilidade técnica (Peón 2009).
Tipografia	Produz a aparência visual. Deve ser flexível, fácil de usar, ter expressividade, personalidade, legibilidade e reconhecimento que são percebidos através de características tipográficas como curvas, peso e serifas (Gonsales 2012).
Cor	Pode ser usada para expressar e intensificar a informação visual. Nas ferramentas de avaliação ambiental, é comum o uso de cores associadas a elementos da natureza como árvore, céu, terra, entre outros (Dondis 2003).
Aspectos de sustentabilidade ambiental	Tais aspectos podem ser interpretados como símbolos que representam elementos naturais como folhas, árvores, água, ciclo de vida, entre outros. Esses elementos podem aproximar uma ID como representante da sustentabilidade.
A manifestação da ID em relação a sustentabilidade	Foram adotados dois critérios propostos por Péon (2009): forte e fraca. A ID forte, possui elementos ou formas que podem ser associados a aspectos naturais e a ID fraca possui poucos ou nenhum elemento ligado à ideia de sustentabilidade.
Compreensão e memorização	Contribui para fixação da marca. Faz uso de detalhes significativos que estimulam a percepção, facilitam a compreensão e definem uma identidade (Alves 2010).

3 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi analisar um sistema de identidades visuais, sendo estas utilizadas atualmente nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade e ferramentas para seleção de materiais, visando identificar os conceitos e elementos visuais utilizados que tenham relação com os aspectos da sustentabilidade.

4 ANÁLISE DAS IDENTIDADES VISUAIS DAS FERRAMENTAS

Foram avaliados as IDs nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade de edifícios (Tabela 2) e nas ferramentas auxiliares para a seleção de materiais (Tabela 3) a partir dos elementos conceituais pré estabelecidos no referencial teórico.

Tabela 02: Análise das IDs das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de edifícios .



Identidade Visual	Símbolo	Tipografia	Cor	Aspectos da sustentabilidade ambiental	ID versus sustentabilidade	Compreensão e memorização
 <p>Processo AQUA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL</p>	<p>Constituído por elementos gráficos que, embora representem elementos de fácil compreensão, possuem nível de detalhamento que dificulta a apreensão imediata.</p>	<p>O texto superior ao fio (linha) é aplicado com tipografia com serifa voltadas para a esquerda, o que transmite a ideia de movimento. O texto abaixo do fio possui tipografia diferente, transmitindo a ideia de firmeza e estabilidade. Em geral, são tipografias consideradas comuns, sem elementos diferenciados.</p>	<p>As cores aplicadas apresentam correlações que remetem a elementos da natureza – azul para água e verde para vegetação – e aos ícones gráficos utilizados no símbolo.</p>	<p>Os elementos gráficos que compõem o símbolo representam um prédio, recortado por uma folha ou árvore que estão envoltos por setas que simulam movimento circular. Pode-se interpretar, por exemplo, que o azul e o movimento das setas induzem à ideia de reutilização de água de forma sustentável nos edifícios, sendo que as setas circulares também podem representar o ciclo de vida. O verde e a folha reforçam a relação com os aspectos da natureza.</p>	<p>Possui forte manifestação de ID quando relacionada à sustentabilidade, apresentando elementos que permitem que o usuário reconheça, de forma imediata, esta ferramenta como relacionada à temática da sustentabilidade.</p>	<p>Os diversos elementos que compõem o símbolo e a variação de tipografias faz com que a marca seja de difícil memorização.</p>
<p>Fonte: Fundação... 2007</p> 	<p>Constituído por um elemento gráfico que pode ser associado à concha Nautilus, amplamente conhecida por sua relação de proporcionalidade estudada por Fibonacci. A simplicidade da forma induz a uma</p>	<p>De formato inovador, possui curvas que acompanham o símbolo sem perder a estabilidade, trazendo personalidade e expressividade a tipografia.</p>	<p>A cor azul predominante não possui a mesma obviedade da cor verde comumente utilizada nas ID, porém também pode ser associada aos elementos da natureza, como o céu ou a água.</p>	<p>A concha transmite um conceito de precisão e dinamismo pelo formato curvo e pode sugerir movimento como o das ondas do mar, por exemplo. Se associada à fórmula de Fibonacci (proporção áurea), transmite ainda a ideia de ordem e, eventualmente, de crescimento.</p>	<p>A manifestação da ID no âmbito sustentável encontra-se incorporada no conceito do símbolo, sendo considerado forte. No entanto, pode não ser compreendida imediatamente por todos.</p>	<p>De fácil assimilação, pois os elementos que a constituem são representados de forma limpa, possuindo ainda a síntese necessária para ser apreendida rapidamente.</p>
<p>Fonte: Laboratório... 2011</p>						

Tabela 02: Análise das IDs das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de edifícios (cont.).




Identidade Visual	Símbolo	Tipografia	Cor	Aspectos da sustentabilidade ambiental	ID versus sustentabilidade	Compreensão e memorização
BREEM	Sem símbolo	Apresenta tipografia regular, simétrica, com largura fixa e de aspectos comuns, facilitando a legibilidade.	A cor verde é o único elemento adotado como possível representante da natureza.	Embora a cor verde seja facilmente associada aos aspectos da sustentabilidade, observa-se que somente o uso da cor não é suficiente para a obtenção do resultado pretendido, considerando que a cor verde é capaz de representar outros atributos.	A ID possui fraca representação visual considerando que não adota um símbolo ou uma tipografia expressiva que a relacione diretamente com a sustentabilidade, fato reforçado pela baixa representatividade do nome.	Por apresentar aspectos tipográficos extremamente usuais, torna-se de difícil memorização,
						
	Fonte: BREEM... acesso em 28 ago. 2014					
CASBEE	Sem símbolo	Apresenta tipografia aparentemente criada ou modificada que provê singularidade ao logotipo com ênfase para os conceitos propostos pela Gestalt (Gomes Filho 2004).	A cor verde é o único elemento adotado como possível representante da natureza.	Apenas o uso da cor verde é considerado como insuficiente para a representação da sustentabilidade. Tampouco o estilo tipográfico, com linhas retas e ângulos obtusos, não remete aos desenhos que vinculam à natureza ou à organicidade.	A ID possui fraca representação visual considerando que não adota um símbolo ou uma tipografia expressiva que a relacione diretamente com a sustentabilidade, fato reforçado por o nome tampouco ser representativo.	Por apresentar aspectos tipográficos diferenciados, facilita a memorização.
						
	Fonte: Energy... acesso em 28 ago. 2014					
Greenstar	O logotipo está acompanhado de um grafismo que não é um símbolo, pois se aplicado desacompanhado da tipografia não representa a ID.	Usa a variação de peso e de tipografia, apresentando expressividade e personalidade.	O uso da cor verde, somado ao nome da ferramenta (green) remete à sustentabilidade.	Somado ao simbolismo da cor verde, o grafismo representando a estrela (star), ou o seu brilho, aproxima a ID aos elementos naturais ou ao conceito de excelência.	A ID possui forte representação visual considerando o conceito das palavras "green" e "star", associado à aplicação da cor verde.	Por apresentar aspectos tipográficos dinâmicos e uma composição característica de tipos, transmite personalidade à ID e facilita a
						
	Fonte: Green... acesso em: 28 ago. 2014					

Tabela 02: Análise das IDs das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de edifícios (cont.).





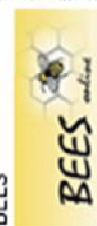


Identidade Visual	Símbolo	Tipografia	Cor	Aspectos da sustentabilidade ambiental	ID versus sustentabilidade	Compreensão e memorização
HQE	Sem símbolo	Com geométrica, composta por círculos e retângulos, possui elementos marcantes que personalizam a ID. Está acompanhada de um grafismo que representa o re-design da marca.	A cor azul predominante não possui a mesma obviedade da cor verde comumente utilizada nas ID, porém também pode ser associada aos elementos da natureza, como o céu ou a água.	Apenas o uso da cor azul é considerado como insuficiente para a representação da sustentabilidade visto que esta cor é amplamente utilizada para representar outros atributos.	A ID possui fraca representação visual considerando que não adota um símbolo ou uma tipografia expressiva que a relacione diretamente com a ideia de sustentabilidade.	Por apresentar clareza e diferenciação tipográfica, possui fácil compreensão e memorização.
						
	Fonte: Cerway... acesso em: 28 ago. 2014					
LEED	Mesmo possuindo excesso de elementos, o formato da ID representa o selo de classificação que a ferramenta emite como resultado da análise.	A tipografia está vinculada ao símbolo, causando dificuldade na leitura.	A cor cinza se opõe aos critérios da sustentabilidade, pois pode simbolizar desmatamento, queimadas, destruição, entre outros.	O símbolo gráfico que remete aos aspectos naturais são os ramos, porém são elementos usados em outras simbologias também, com escudos, moedas, etc.	Fraca manifestação da sustentabilidade pois, apesar de apresentar um elemento natural de pouca representação, a cor cinza se contrapõe com a ideia de sustentabilidade.	O formato de um selo é similar a outros, possuindo muitos elementos, o que retarda a compreensão e dificulta a memorização.
						
	Fonte: U.S. Green... acesso em: 28 ago. 2014					
SBtool	Apresenta formas geométricas simples em meio círculo com elemento central que remete à ideia de avaliação em escala. Possui excesso de elementos, porém dispostos de forma	A tipografia varia o peso entre regular e bold, sendo flexível e legível, porém sem expressividade.	A nuance de cores, que varia do amarelo ao verde, reforça a ideia de uma escala de avaliação.	Não possui aspectos relevantes relacionando o desenho à sustentabilidade ambiental, porém, as formas geométricas remetendo à uma avaliação com possível resultado verde caracteriza o resultado positivo.	A ID possui fraca representação visual visto que, embora os elementos induzam à compreensão de um sistema de avaliação, não há uma evidente correlação com a ideia de sustentabilidade.	Por apresentar clareza e harmonia na composição, possui fácil compreensão e memorização.
						
	Fonte: Bragança 2008					

Tabela 03: Análise das IDs das ferramentas auxiliares para a seleção de materiais

Identidade Visual	Símbolo	Tipografia	Cor	Aspectos da sustentabilidade ambiental	ID versus sustentabilidade	Compreensão e memorização
 <p>Athena</p>	Utiliza um pictograma de uma coluna grega, que possui excesso de elementos, porém é facilmente reconhecível.	A tipografia varia o peso entre regular e bold alternativamente, sobrecarregando visualmente a ID também pelo uso excessivo de cores.	As cores utilizadas, verde e marrom, remetem a elementos da natureza, como vegetação e terra.	O termo "sustainable materials" faz uma relação direta à ideia de sustentabilidade, não alcançado pelos demais elementos da composição.	Apenas o uso de um termo não caracteriza a ID como elemento da sustentabilidade, possuindo assim uma fraca manifestação.	O excesso de elementos do símbolo e a variação de pesos e cores dificultam a memorização.
 <p>BEES</p>	O logotipo está acompanhado de um grafismo que não é um símbolo, que se aplicado desacompanhado não representa a ID.	A tipografia manuscrita dificulta a leitura, em especial, quando aplicada em tamanhos menores, como no termo "online".	A cor amarela relaciona-se ao animal (abelha) representado na ferramenta (bees).	O grafismo representando a abelha (bees), aproxima a ID aos relação com elementos naturais, porém, não da natureza, a manifestação quanto à memorização.	Mesmo tendo uma sutil Possui muitos elementos que dificultam a sustentabilidade é fraca.	Mesmo tendo uma sutil Possui muitos elementos que dificultam a sustentabilidade é fraca.
 <p>Simapro</p>	O logotipo está acompanhado de um grafismo que não é um símbolo, que se aplicado desacompanhado não representa a ID.	A tipografia utilizada possui variação de peso e cor, apresentando expressividade e personalidade.	As cores aplicadas apresentam correlações que remetem a elementos da natureza - azul para água e verde para a vegetação.	Apenas o uso das cores é considerado como insuficiente para a representação da sustentabilidade, visto que o azul e o verde são amplamente utilizados para representar outros atributos	A ID possui fraca manifestação da ideia de sustentabilidade, considerando a falta de significância do nome e a ausência de elementos fortes.	Por apresentar clareza e harmonia na composição das formas e cores, possui fácil compreensão e memorização.
 <p>MateriaBrasil</p>	Os quatro símbolos variam em cor e significados. Mesmo apresentando excesso de elementos, são simples e de fácil reconhecimento.	A tipografia utilizada é comum e sem destaque diante da ID.	As várias cores utilizadas não possuem uma associação evidente com os com os elementos gráficos representados.	Os ícones da composição buscam simbolizar vários aspectos da sustentabilidade, ou seja (de cima para baixo e da esquerda para a direita): reaproveitamento e ciclo; nascimento, crescimento e natureza; a sociedade; e o sol	A ID possui forte manifestação da ideia de sustentabilidade, considerando a alta significância de seus elementos.	Apesar da quantidade de elementos e da variação das cores, possui fácil compreensão e memorização em função dos ícones populares de fácil reconhecimento.

5 ESTUDO DE CASOS –ISMAS

O Instrumento para a Seleção de Materiais mais Sustentáveis (ISMAS) visa auxiliar o projetista na seleção dos materiais de construção baseados nos conceitos sustentáveis, com ênfase aos temas “matérias primas” e “geração e gestão de resíduos”, voltado especialmente para a realidade do Espírito Santo (Brasil). Observa-se, ainda, que embora tenha sido desenvolvida para esta realidade, espera-se que a ferramenta possa ser aprimorada para aplicação em todo o território nacional, exigindo assim um símbolo que não ficasse atrelado somente ao Estado de origem. A forma de análise, através de pontuação por critério, resulta em um índice, denominado de “índice de sustentabilidade do material” (Bissoli-Dalvi 2014).

Para compor o símbolo do ISMAS (Fig. 2) foi criado um elemento gráfico que representa uma folha e a mesma foi reproduzida cinco vezes, formando um “semi” leque. Isto promove uma rápida identificação do símbolo, proporcionando, também, a fácil memorização e a associação clara do ícone. O logotipo está centralizado abaixo do símbolo construído a partir da tipografia Decker, com modificação nas terminações do tipo “S”, obtendo expressividade e personalidade. Junto com o logotipo também está descrito o significado da sigla com a tipografia Futura Light. A descrição visa propor maior reconhecimento, tendo em vista que é uma ferramenta recente.



Figura 2. Identidade visual da ferramenta ISMAS. Fonte: Bissoli-Dalvi 2014.

A marca permite a memorização por apresentar um símbolo composto pela repetição de um elemento simples com variações cromáticas, facilmente reconhecida pelos usuários. As cores são variações de verde, simbólico no aspecto ambiental, principalmente se associado aos elementos gráficos que representam folhas. Assim, o ISMAS possui uma forte manifestação de identidade visual em relação a sustentabilidade ambiental, permitindo que o usuário reconheça esta marca como representante da sustentabilidade.

Para representar o resultado final, ou seja, o índice de sustentabilidade obtido pelo material analisado foram criados modelos de representação (Fig. 3). A representação visual do índice de sustentabilidade é formada pelo símbolo do ISMAS variando as cores de acordo com o resultado obtido. Os resultados estão associados a uma escala de cores que se inicia do vermelho – representando um sinal negativo, de alerta –, e como melhor indicação o verde –representando uma prática positiva em relação à sustentabilidade. O tracejado representa as folhas a preencher. Essa representação gráfica permite a rápida apreensão do resultado da análise, bem como o estabelecimento de uma identidade visual.

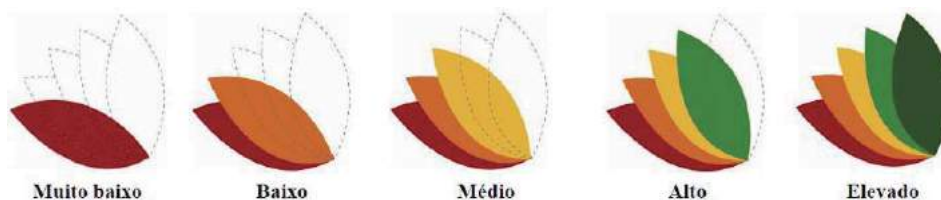


Figura 3. Modelos de representação dos índices de sustentabilidade do ISMAS. Fonte: Bissoli-Dalvi 2014, p.132.

6 RESULTADOS

Com a análise das 12 identidades visuais, foi constatado que 6 utilizam o símbolo somado ao logotipo, 5 o logotipo e 1 utiliza somente o símbolo. Quanto à memorização foi observado que

7 são de fácil assimilação, contribuindo neste sentido a clareza na identificação, diferenciação visual, dinamismo, personalidade, simplicidade dos elementos e da tipografia e uso de cores de forma objetiva. Por outro lado, em 5 ID alguns fatores como a falta de diferenciais ou destaques, o excesso de elementos e detalhes contribuíram para a difícil assimilação.

Em relação à manifestação da sustentabilidade, em 9 IDs foi considerada fraca. Na maioria dos exemplos não foi notada a real intenção de adotar o tema e em alguns casos, fatores como o uso de cores fora de um contexto dificultou a correlação. De outra parte, em 4 IDs foi percebida forte manifestação. Destaca-se o uso de cores que remetem a elementos da natureza e ícones gráficos como folha, árvore, concha, entre outros. Quanto à tipografia, geralmente utilizam caixa alta, uma vez que a maioria é proveniente de sigla.

No estudo de caso ISMAS, elaborado a partir das análises realizadas nas demais marcas, foi constatada a preocupação em representar os aspectos da sustentabilidade ambiental na ID com o uso da folha na cor verde, facilmente assimilável como símbolo vinculado ao tema, sendo este proposto através de um grafismo simples e sem excessos. A tipografia adotada funcionou como um elemento auxiliar na obtenção do resultado final que é uma ID de fácil assimilação e memorização.

7 CONCLUSÃO

De uma forma geral, as identidades visuais analisadas possuem em seus respectivos símbolos ou tipografias alguns elementos que as aproximam das peculiaridades pertinentes à sustentabilidade, como cores e desenhos representativos de elementos da natureza. Também foi notado que em alguns casos, mesmo abordando o tema sustentabilidade, não houve preocupação em correlacionar a ID com o tema da ferramenta. É possível concluir que a sustentabilidade possui uma identidade visual característica, normalmente relacionada à dimensão ambiental, onde culturalmente há uma associação a cores, principalmente o verde. Vale destacar ainda que, o fato de não ter a sustentabilidade expressa na identidade visual não influencia na qualidade dos resultados das ferramentas ou softwares analisados, destacando-se que este estudo é apenas uma análise dos tipos de grafismos, características similares ou distintas utilizadas na área sustentável, baseado em uma ideia cultural impregnada nos grafismos ambientais ou naturais.

8 AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, e à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Adir, V., Adir, G. & Pasco, N. E. 2014. How to design a logo. *Social and Behavioral Sciences* 122: 140-144.
- Alvarez, C. E. de & Souza, A. D. S. (Coord.). 2011. *ASUS: Avaliação de Sustentabilidade*. Vitória: UFES.
- Alves, M. (2010). *Criação Visual e Multimídia*. São Paulo: Cengage/ Thomson Learning.
- ATHENA Sustainable Materials Institute. Disponível em: <<http://www.athenasmi.org/>>. Acesso em: 31 ago. 2014.
- BEES online: Life cycle analysis for building products. 2011. Disponível em: <[http://ws680.nist.gov/Bees/\(A\(xGAlaBr8zwEkAAAAY2Y4NDhmMDQtNmMOMi00ZDNILWiwMDEtNjRiNWNINWJkNGVibDe91NHVbqGhvv7NI3qm2YiK0QY1\)\)/Default.aspx](http://ws680.nist.gov/Bees/(A(xGAlaBr8zwEkAAAAY2Y4NDhmMDQtNmMOMi00ZDNILWiwMDEtNjRiNWNINWJkNGVibDe91NHVbqGhvv7NI3qm2YiK0QY1))/Default.aspx)>. Acesso em: 28 ago. 2014.
- Bissoli-Dalvi, M. 2014. *ISMAS: A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais*. 194 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño. Universidad del Bío-Bío, Concepción.
- Bragança, L. 2008. *Avaliação da sustentabilidade de edifícios: Metodologia SBTTool^{PT}*. Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia.

BREEAM: *The world's leading design and assessment method for sustainable buildings*. Disponível em: <<http://www.breeam.org/>>. Acesso em: 28 ago. 2014

Carway. HQE: Haute Qualité Environnementale. Disponível em: <<http://www.behqe.com/>>. Acesso em: 28 ago. 2014

Dondis, D. 2003. *Sintaxe da linguagem visual*. São Paulo: Martins Fontes.

Energy Smart Communities Initiative – ESCI. Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency. Disponível em: <<http://esci-ksp.org/?project=comprehensive-assessment-system-for-built-environment-efficiency>>. Acesso em: 28 ago. 2014

Fundação Carlos Alberto Vanzolini. 2007. *Referencial técnico de certificação Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA: Escritórios e Edifícios escolares*. São Paulo: FCAV.

Gameiro, M. G. 2011. *Análise de Fibonacci: Exemplos do mercado Forex*. Google livros.

Gomes Filho, J. 2004. *Gestalt do objeto: sistema de leitura visual da forma*. 6. ed. São Paulo: Escrituras Editora.

Gonsales, F. I. 2012. O elemento tipográfico e a identidade visual na construção de marcas valiosas. In II *Seminário Internacional de Estudos e Pesquisas em Consumo*. Anais, São Paulo, 23-25 abril 2012. São Paulo.

Green Building Council of Australia. GREENSTAR. Disponível em: <<http://www.gbca.org.au/green-star/>>. Acesso em: 28 ago. 2014

Guide pratique de référence pour la Qualité Environnementale des Bâtiments. 2011. Paris: Certivea. Disponível em: <http://www.certivea.fr/assets/documentations/9be0d-Guide_Generique_20-01-2012.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2014.

International Initiative for a Sustainable Building Environment – IISBE. 2007. Disponível em: <<http://www.iisbe.org/>>. Acesso em: 05 ago. 2014.

Japan Green build Council; Japan Sustainable Building Consortium. 2008. *The assessment method employed by CASBEE*. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>>. Acesso em: 05 ago. 2014.

Laboratório de Planejamento e Projetos. 2011. ASUS. Disponível em: <<http://www.lppufes.org/asus/>>. Acesso em: 28 ago. 2014

LEED 2009 for new Construction and Major Renovation. 2009. Washington: U.S. acesso em: 28 ago. 2014 Building Council.

Leitão, S., Lélis, C., Mealha, Ó. 2014. Marcas Dinâmicas: Haverá forma de as orientar? *1st International Congress on Branding*, Leiria, 2-4 October 2014. Leiria.

Lippiatt, B., Greig, A. L. & Lavappa, P. BEES Online. 2009. Disponível em: <<http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm/>>. Acesso em 27 nov. 2012.

MATERIABRASIL. Disponível em: <<http://materiabrazil.com/>>. Acesso em 31 ago. 2014.

Park, C. W., Eisingerich, A. B., Pol, G. & Park, J. W. 2013. The role of brand logos in firm performance. *Journal of Business Research* 66:180-187.

Peón, M. L. 2009. *Sistemas de identidade visual*. 4. ed. Rio de Janeiro: 2AB.

Ramalhete, P. S., Senos, A. M. R. & Aguiar, C. 2010. Digital tools for material selection in product design. *Materials and Design* 31(5): 2275-2287.

SIMAPRO: Putting the metrics behind sustainability. Disponível em: <<http://www.pre-sustainability.com/simapro-demo>>. Acesso em: 29 ago. 2014

U.S. Green Building Council. LEED. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/leed>>. Acesso em: 28 ago. 2014

Wadel, G.; Avellaneda, J.; Cuchí, A. 2010. La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. *Informes de la construcción* 62(517): 37-51.

Um hotel na Antártica: o turismo como instrumento para preservação ambiental

Marina Silva Tomé

Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES – Brasil
marina_tome@hotmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES – Brasil
cristina.engel@ufes.br

Paulo Sérgio de Paula Vargas

Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES – Brasil
paulo.s.vargas@ufes.br

ABSTRACT: Despite the large number of scientific stations and researches developed in the Southern Hemisphere, tourism is currently the main activity in the region when focusing the number of people attending the continent. Thus, this research aimed to evaluate the possibility of deploying a building for tourism. The methodology consisted of a literature review to identify the environmental conditions of Antarctica; the type of existing tourism; the characteristics of the visitors and the latest constructive solutions. From this information, it was developed an architectural design of a hotel that allows greater permanence of visitors in the region, adopting solutions where the user performs unconventional activities, especially related to environmental education. After that, an evaluation of the expected impact was performed by adopting previously selected indicators, giving a final result the theoretical validation of the enterprise and the confirmation of potential tourism growth in the region through the installation of permanent buildings.

Keywords: tourism, environmental protection, sustainability

RESUMO: Apesar do grande número de estações científicas e pesquisas desenvolvidas no Continente Antártico, atualmente o turismo é a principal atividade na região quando se considera como enfoque o número de pessoas que se dirigem ao continente. Assim, esta pesquisa teve por objetivo avaliar o potencial de implantação de uma edificação destinada ao turismo. A metodologia consistiu na revisão de literatura para identificar as condições ambientais da Antártica; o tipo de turismo existente; as características dos visitantes e as soluções construtivas mais recentes. A partir dessas informações foi desenvolvido um projeto de hotel que permita maior permanência dos visitantes na região, adotando soluções em que o usuário exerça atividades não convencionais relacionados especialmente à educação ambiental. Posteriormente foi realizada a avaliação do impacto esperado através da adoção de indicadores previamente selecionados, obtendo-se como resultado final a validação teórica do empreendimento e a confirmação do potencial incremento turístico na região através da instalação de edificações permanentes.

Palavras-chave: turismo, preservação ambiental, sustentabilidade

1 BREVE PANORAMA DO TURISMO ANTÁRTICO

A Antártica é conhecida como o continente dos superlativos, sendo o mais frio, mais ventoso, mais seco, mais alto e mais preservado continente de todo o planeta (Alvarez 1995). Sua superfície é recoberta por um manto de gelo de 14 milhões de km², podendo chegar ainda a 22 milhões de km² quando as baixíssimas temperaturas no inverno congelam o oceano do entorno e

tamanho dimensão torna-se responsável por fatores climáticos capazes de influenciar todo o planeta, principalmente no que diz respeito ao equilíbrio térmico da Terra (Ministério da Educação 2009). Apesar dessa grandiosidade, a Antártica apresenta um ambiente bastante frágil e mecanismos de defesa – como o Tratado Antártico e o Protocolo de Madri – têm sido aplicados para tornar a presença humana no continente a menos prejudicial possível (Brasil 2013).

Desde sua descoberta a Antártica passou a receber de simples curiosos em explorar o continente a interessados nos recursos econômicos e/ou científicos (Schellmann & Kozel 2005). Atualmente existem cerca de 98 estações científicas no continente, entretanto, com o crescimento da atividade turística comercial o número de visitantes tornou-se bastante superior ao número de pesquisadores no período do verão austral (época em que o continente recebe o maior número de visitas) conforme a figura 1 (Brasil 2013). Para a regulamentação dessa atividade criou-se em 1991 a Associação Internacional das Operadoras de Turismo Antártico (IAATO), a qual se tornou responsável especificamente pela aplicação de diretrizes para o turismo no continente (IAATO 2014b).

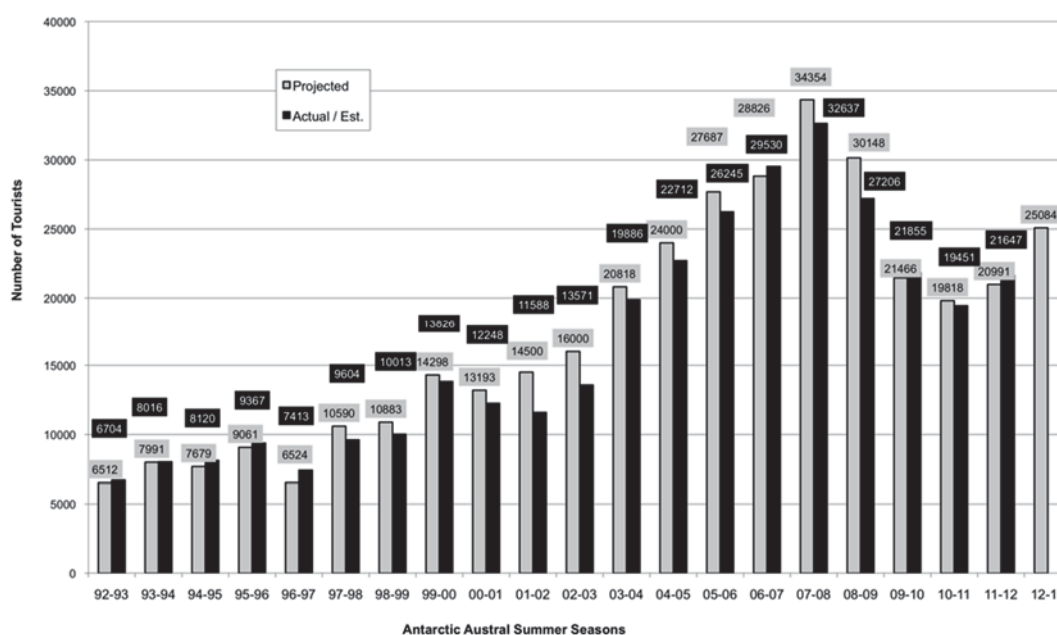


Figura 1. Número real e projetado do desembarque de turistas na Antártica de 1992-1993 a 2012-2013 (IAATO 2014b).

A Associação é diretamente ligada aos países membros do Tratado da Antártica, havendo uma ampla cooperação entre ambos e toda a prática turística realizada – desde as embarcações, o pessoal de apoio e as visitas ao continente –, seguem rigorosamente ao Tratado, o que permitiu que ao longo dos 23 anos da IAATO, as ações realizadas e o sucesso obtido demonstrassem que o turismo ambientalmente responsável é possível mesmo em áreas frágeis como a Antártica (IAATO 2014a).

2 OBJETIVO E METODOLOGIA

Apesar de apresentar vários questionamentos quanto a viabilidade de sua prática, a atividade turística na Antártica vem despertando um interesse cada vez maior nas pessoas que, por sua vez, dirigem-se em maior número ao continente.

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o potencial de implantação de uma edificação permanente na Antártica para uso específico de apoio ao turismo – o Hotel Antártico – considerando especialmente a necessária redução do impacto ambiental de construção e uso da edificação.

Para alcançar o resultado esperado, a metodologia adotada consistiu inicialmente na revisão de literatura a fim de compreender as características e particularidades do meio ambiente Antártico; o turismo que vem sendo desenvolvido no continente ao longo dos anos; e as características destes visitantes. Foi destinada especial atenção para a obtenção de informações e dados referentes às novas edificações que irão recompor a Estação Antártica Comandante Ferraz - EACF, considerando seu notório processo de melhoramento tecnológico, a importância que ela representa ao Programa Antártico Brasileiro e a quantidade e qualidade de informações disponíveis.

Posteriormente foi desenvolvido o projeto do hotel que teve como etapa preliminar a definição do programa de necessidades específico para um hotel naquela região e os seguintes parâmetros:

- Estar localizado nas proximidades da EACF, em local adequado em relação ao Zoneamento Ambiental de Uso (Alvarez et al. 2004), considerando as questões de segurança e, também, a desejável aproximação da atividade de pesquisa;
- Os ambientes devem ser projetados considerando que os usuários do hotel devem obedecer às rotinas semelhantes às dos pesquisadores, ou seja, participar ativamente de todas as atividades inerentes ao funcionamento do hotel, tais como auxiliar na produção das refeições, realizar as tarefas de higiene (lavar louças, lavar roupa, limpar os ambientes), tratar dos resíduos sólidos e líquidos, etc.;
- A técnica construtiva do hotel deve ser a mesma utilizada para as novas edificações da EACF, considerando a facilidade de manutenção e o processo de aprovação junto aos órgãos fiscalizadores nacionais e internacionais; e
- O hotel deve possuir funcionamento autônomo, embora possa guardar uma relação de dependência com a EACF nos aspectos que se considere como de maior impacto a efetiva autonomia, como por exemplo, a estocagem de combustíveis.

A partir da definição dos condicionantes, foi realizado o lançamento preliminar do projeto arquitetônico que, após sucessivas avaliações por profissionais especializados em construções na Antártica e aprimoramentos, foi desenvolvido no nível de anteprojeto.

Embora as avaliações realizadas ao longo do processo estivessem intimamente vinculadas às questões ambientais e funcionais, para a validação dos resultados foram adotados os indicadores propostos por Montarroyos et al. (2015, in prep.), na forma de um *ckecklist* de respostas simplificadas.

3 O HOTEL ANTÁRTICO

A proposta deste trabalho surgiu a partir da constatação de que é cada vez maior a preocupação pela busca de equilíbrio entre o ambiente natural e o construído, o que tem promovido diversos encontros, manifestações e debates internacionais visando uma ação mais efetiva em relação ao problema. Associado a isso, destaca-se a importância que o Continente Antártico apresenta no equilíbrio térmico do planeta e o grande interesse que ele desperta por motivos científicos e/ou econômicos (Ministério 2014). Sendo a prática do turismo um potencial instrumento de educação ambiental e disseminação do conceito de sustentabilidade, é naturalmente necessário que essa atividade seja abrigada por uma edificação permanente capaz de auxiliar tal prática.

Apesar do conhecimento e da presença humana cada vez maiores no continente e a facilidade com que as mais diversas informações são disponibilizadas e acessadas, o Continente Antártico ainda é pouco conhecido por grande parte da população. Desta forma, a criação do Hotel Antártico possui o objetivo de incentivar uma maior permanência de visitantes na região, adotando soluções em que o usuário necessariamente exercerá atividades não convencionais – como lidar

com a gestão dos resíduos; auxiliar nas atividades de manutenção da edificação e adotar hábitos vinculados à racionalização energética e redução de consumo de água – incentivando que o aprendizado adquirido no Continente Gelado seja replicado para os locais de origem dos usuários, multiplicando assim o necessário conceito de sustentabilidade e preservação ambiental desejáveis para todo o planeta.

Considerando especialmente a capacidade de suporte do ambiente e a restrição de áreas passíveis de construção na Península Keller (Alvarez et al. 2004), o projeto foi desenvolvido para comportar no máximo 20 pessoas, sendo 4 de apoio e 16 turistas. A edificação conta com dois pavimentos, onde a maior parte dos ambientes se encontra no nível superior, totalizando 1200m² (Fig. 2).



Figura 2. Perspectiva da fachada principal (voltada para o mar). Fonte: Tomé, 2014, p. 75.

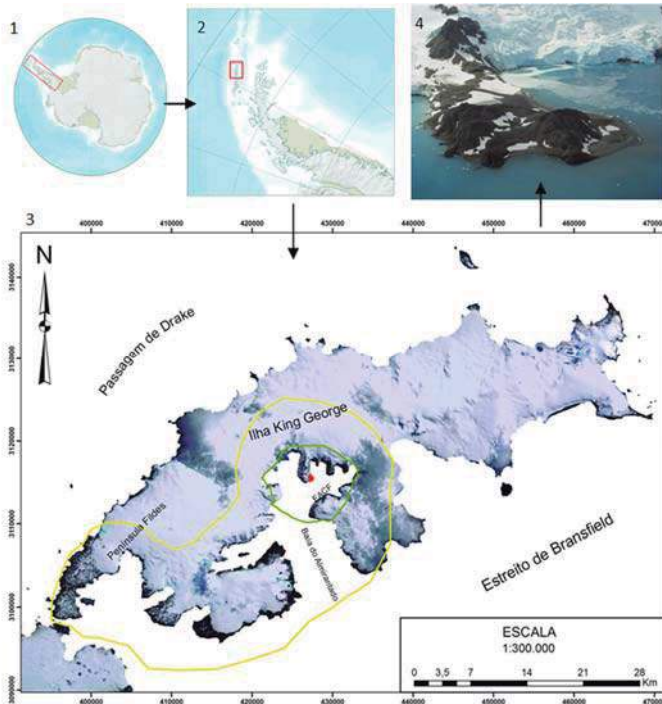
Para a elaboração do projeto, vista as necessidades e peculiaridades do local foram utilizados dados específicos e as técnicas adotadas para as novas edificações da EACF, que teve seu projeto escolhido por meio de concurso internacional realizado pelo Instituto de Arquitetos do Brasil (Galante 2013). Foram então adotadas soluções iguais ou semelhantes à EACF no que tange aos seguintes aspectos: materiais empregados e técnicas construtivas; conforto térmico, luminoso e acústico; água – da captação e distribuição, ao consumo e destino final; águas residuárias (coleta, tratamento e reuso); energia (fontes renováveis e consumo de maneira mais eficiente); qualidade do ar interior; segurança; e adequação logística para construção, operação e manutenção.

3.1 Localização geográfica e implantação

O hotel está localizado na região designada como Área Antártica Especialmente Gerenciada (AAEG nº 1) da Baía do Almirantado, na costa leste da Península Keller, Enseada Martel, nas Ilhas Shetland do Sul, Antártica (Brasil 2013). Próximo a ele encontra-se a Estação Antártica Comandante Ferraz (Fig. 3).

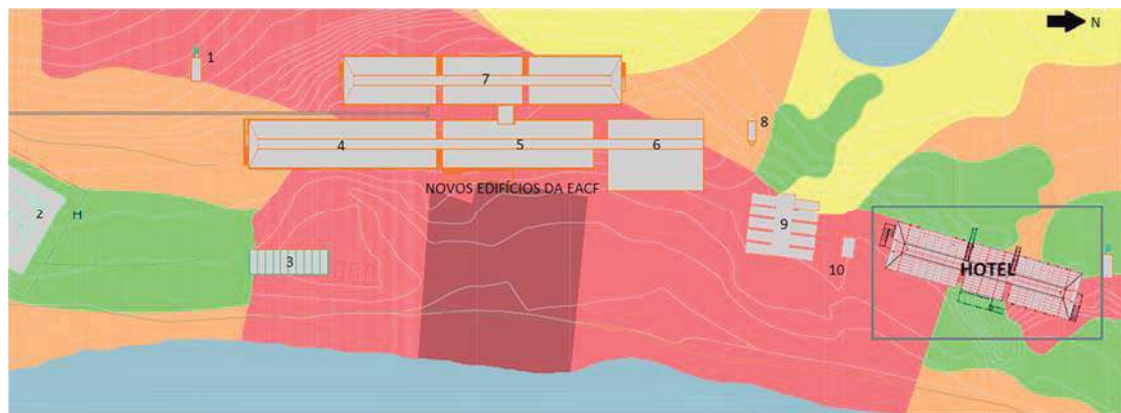
A implantação do hotel (Fig. 4) buscou seguir as normas de zoneamento propostas para a Península Keller (Alvarez et al. 2004) bem como no Termo de Referência que definiu os critérios e recomendações para o concurso das novas edificações brasileiras na Antártica (Secirm 2014).

Considerando como desejável que as atividades de turismo não interfiram nas atividades logísticas e científicas da EACF – a não ser em ações previamente planejadas – a área escolhida para a implantação, além de estar identificada como uma zona passível de construção de instalações permanentes, encontra-se topograficamente elevada, facilitando a separação das atividades. Observa-se que o local caracteriza-se por receber fortes ventos e sua elevação em relação ao nível do mar, auxilia como elemento fundamental para o não acúmulo de neve e gelo e consequentemente recobrimento das edificações.



- 1 – Demarcação da Península Antártica no mapa do continente
 2 – Demarcação da Ilha Rei George na Península Antártica
 3 – Demarcação da área onde serão implantadas as novas edificações da EACF e o Hotel Antártico
 4 – Imagem do terreno

Figura 3. Imagens do local de implantação do hotel. Fonte: Adaptado de Brasil (2013)



- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1 – Módulo de telecomunicação | 6 – Praça de máquinas e equipamentos |
| 2 – Heliponto | 7 – Camarotes e área íntima |
| 3 – Cafangoria e módulo de mergulho | 8 – Transferência de combustíveis |
| 4 – Laboratórios e operação | 9 – Tanque de combustível |
| 5 – Social | 10 – Espaço para abastecimento de viaturas |

- Zona Restrita 1 – acesso restrito, construções e equipamentos proibidos
- Zona Restrita 2 – acesso criterioso, construções proibidas permitida instalação de equipamentos menores
- Zona de transição – acesso e instalação de equipamentos permitido, construções proibidas
- Zona de Uso 1 – uso intensivo, construções permitidas
- Zona de Uso 2 – uso intensivo cotidiano. Área destinada ao apoio logístico

Figura 4. Zoneamento Ambiental de Uso com a implantação da EACF e do hotel. Fonte: Adaptado de Alvarez et al., 2004.

3.2 Sistema construtivo

O sistema construtivo do hotel proposto baseia-se no mesmo adotado nas novas edificações da EACF, sendo as informações a seguir descritas obtidas a partir das seguintes principais fontes: Estúdio 41 (2014); Delaqua (2013) Brasil (2013) e Secirm (2014).

O hotel foi projetado levando em consideração a necessidade de pré-fabricação e industrialização de componentes construtivos a fim de facilitar a logística, o que levou à opção por uma seção construtiva contínua em grande parte do edifício. A repetição dos componentes e do sistema construtivo gera vários benefícios, tais como a simplificação da montagem, a provável melhoria no desempenho do edifício e a racionalização dos processos de fabricação (Delaqua 2013).

Nas estruturas principais optou-se pelo aço de alta resistência à corrosão e ao clima frio, sendo a envoltória composta de painéis sanduíches e isolante PIR (poliisocianurato) e OSB (*Oriented Strand Board*), tratados de maneira a minimizar a necessidade de manutenção. O suporte aos pisos é realizado através de treliças posicionadas em grelha modulada em painéis de 600x1200cm que podem ser pré-fabricadas antes de serem levadas ao continente. As paredes e coberturas possuem uma estrutura de contraventamento composta por treliças transversais posicionadas até 12 metros de distância entre si. Optou-se, também, pela suspensão da construção através de pilares reguláveis em altura, a fim de permitir a adaptação do edifício às mudanças causadas pela variação de temperatura, pelo acúmulo de neve e posteriormente ao degelo térmico.

Devido às baixas temperaturas características do continente, a preocupação com o conforto térmico dos usuários requer uma demanda muito grande de energia (Fig. 5) e, na busca de fontes renováveis e menos poluentes, foi adotado um sistema de painéis fotovoltaicos e de turbinas eólicas, além de grupos motogeradores movidos a diesel com sistema de recuperação de calor (cogeração) para situações em que a energia gerada por esses dois sistemas não seja o suficiente. Para gestão da energia prevê-se uma unidade de processamento e comando das diversas fontes, coordenando esse sistema de alternância com o objetivo de assegurar o fornecimento ininterrupto de eletricidade.

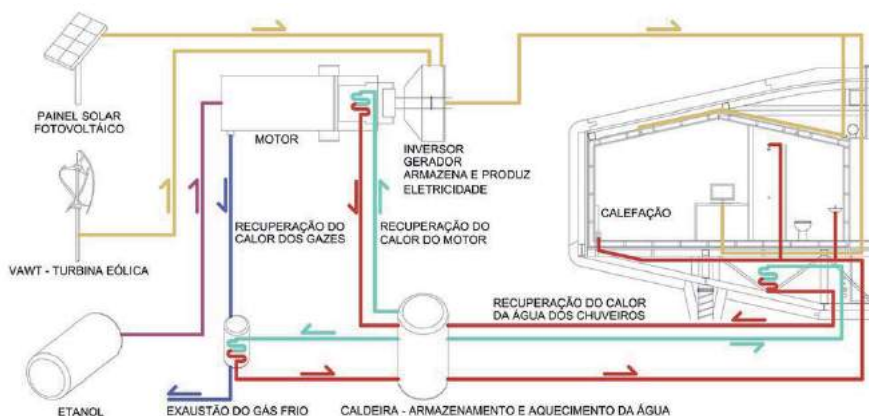


Figura 5. Sistema de geração de energia proposto. Fonte: Delaqua (2013)

Outras medidas adotadas para a racionalização de energia foram a divisão dos setores conforme sua demanda energética e a possibilidade de interrupção do aquecimento em momentos em que o ambiente não esteja ocupado. A renovação do ar interno também foi considerada como um aspecto de fundamental importância, dado os ambientes se caracterizarem como confinados e a demanda energética para manter a edificação aquecida. Assim para reduzir o impacto dessa carga foram adotadas algumas soluções do tipo: utilização de pré aquecimento do ar ex-

terno, utilização de materiais como forros e revestimentos que diminuíssem o número de partículas em suspensão e utilização de sensor de concentração de CO², que permite a redução da taxa de renovação de ar conforme a concentração de CO² no ambiente (Delaqua 2013).

Diante da limitação da água na forma líquida disponível no local e a preocupação com o baixo impacto, o sistema hidrossanitário foi concebido de forma a coletar as águas residuárias dividindo-as em águas cinza e águas negras e duas linhas independentes e exclusivas para o abastecimento de água: uma de reuso e a outra de água potável. As águas cinza e as águas negras serão coletadas por tubulações distintas e conduzidas a tratamentos diferenciados.

Quanto ao tratamento de resíduos, foi proposto um incinerador para o lixo orgânico, de forma que sua localização considerou, além da funcionalidade, os aspectos relacionados à produção de fumaça e ruídos para que outros ambientes não fossem prejudicados. Os demais resíduos serão acondicionados em containers específicos, adequadamente identificados e fechados, e armazenados em local impermeável, sendo abrigados até seu destino final.

Para a prevenção contra incêndio foram adotadas algumas medidas como a setorização dos ambientes segundo o grau de risco; posicionamento de saídas de emergência entre os blocos da edificação; promoção de barreiras corta fogo; e adoção de sistemas complementares de combate a incêndio.

4 AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL

Apesar da possibilidade do turismo ocasionar prejuízos no Continente Antártico (como o estresse em animais devido a presença de estranhos, o risco de acidentes de pessoas e embarcações, entre outros), o esforço empreendido para evitar qualquer dano proveniente desta atividade tem obtido resultados positivos e os benefícios da aproximação das pessoas à Antártica são fatores favoráveis à conscientização de aspectos importantes como a fragilidade do continente e a necessidade de preservá-lo (Klink 2014, IAATO 2014a).

Outra preocupação – e a de maior importância neste trabalho – refere-se ao impacto que a construção, uso, manutenção e posterior desmontagem do hotel poderiam causar no território. Desta forma, a análise dos possíveis impactos resultantes da edificação torna-se de fundamental importância para a validação desse novo tipo de construção. Embora já exista um hotel no continente (pertencente ao Chile), esta proposta configura-se de forma diferenciada visto o hotel chileno ter sido construído inicialmente para apoio aos militares atuantes na Base Eduardo Frey e somente com o incremento do turismo é que se tornou, também, um local de apoio à essa atividade. Assim, a proposta do Hotel Antártico caracteriza-se especialmente por seus usuários serem pessoas não envolvidas com atividades científicas ou militares e, principalmente, pelo foco na aprendizagem e educação através das práticas vivenciadas no local. Dessa forma, destaca-se ainda mais a necessidade da edificação poder difundir as boas práticas vinculadas ao conceito de sustentabilidade do ambiente construído.

Não obstante o número de estações científicas no continente ser cada vez maior (Machado 2006) e da existência de legislação específica que regulamenta as atividades realizadas - como o Tratado da Antártica e o Protocolo de Madrid (Ministério 2014), não existe um instrumento que forneça parâmetros para as construções no continente e que esteja diretamente ligado à preocupação de edifícios de baixo impacto ambiental.

A análise de projeto foi realizada através da verificação do atendimento dos indicadores para projeto e gestão sustentável em edificações Antárticas propostos por Montarroyos et al. (2015). Nesse trabalho, os autores realizaram um levantamento dos condicionantes ambientais, dos fatores limitantes e potencialidades do local (tendo a Antártica como recorte territorial), como também realizaram uma revisão bibliográfica em diversas ferramentas de avaliação de susten-

tabilidade de edifícios atualmente consagradas gerando a proposição de 2 listagens de indicadores: os resultantes da aplicação da metodologia analítica SPR (*State-Pressure-Response*) e os oriundos da seleção de indicadores utilizados nas ferramentas e aplicáveis à realidade da Antártica. Posteriormente, os indicadores foram agrupados e feitos os ajustes necessários, dando origem a listagem final.

Tal lista contempla as 3 principais áreas quando considerada uma edificação sustentável: ambiental, social e econômica, e cada uma destas dimensões considera aspectos relacionados, sendo eles:

- Ambiental: alterações climáticas e impactos no ambiente; água; energia; materiais; resíduos; emissões;
- Social: acessibilidade e logística; conforto e segurança; e
- Econômica: custos.

A partir do estabelecimento das categorias lista-se os aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício e por fim, chega-se ao indicador adequado para o atendimento destes, conforme o esquema representativo (Fig. 6):



Figura 6. Esquema representativo da etapa de classificação inicial ao indicador final. Fonte: Montarroyos et al. (2015)

Tabela 1. Síntese dos critérios e número de indicadores equivalente adotados para a análise de sustentabilidade do projeto de Hotel Antártico. Elaborado a partir de Montarroyos et al. (2015, in prep.)

		Emissões	
Relação do edifício com o entorno		Emissões atmosféricas	4
Pressão sonora dos equipamentos	1	Ações redutora de emissões	2
Interferência do solo/gelo	5	Social	
Harmonia com a paisagem	1	Conforto	
Relação do edifício com os corpos de água	1	Qualidade do ar interno	2
Desempenho da edificação ao vento	1	Conforto visual - Luz natural	2
Cultivo de espécies para consumo	1	Conforto visual - Luz artificial	2
Risco de contaminação	1	Controle do ofuscamento	1
Manutenção da biodiversidade	1	Acesso às vistas	2
Presença de fauna e/ou flora	1	Isolamento acústico	2
Água		Isolamento térmico	3
Presença de água de consumo no entorno	3	Conforto térmico	2
Uso otimizado de água	2	Relação edificação e usuários	4
Reuso de águas servidas	2	Gestão da edificação	
Energia		Planejamento do uso, operação e manutenção	2
Fontes de energia	1	Controlabilidade dos sistemas	4
Gastos energéticos	3	Flexibilidade	3
Eficiência energética	3	Segurança	
Materiais		Estratégias de segurança	5
Desempenho dos materiais	6	Sinalização rotas de segurança/trabalho	2
Materiais não renováveis	1	Risco do usuário e da edificação	2
Materiais e componentes reutilizados	3	Econômica	
Materiais de baixo impacto	9	Custo	
Resíduos		Custos da edificação	3
Geração de resíduos sólidos	3	Total de indicadores	98
Armazenamento e triagem de resíduos	2		

Assim, a fim de avaliar o projeto proposto aplicou-se a lista final onde, de um total de 98 indicadores, 8 não foram atendidos e 19 não puderam ser avaliados por 3 situações, sendo elas: o indicador proposto não se aplicar ao projeto; o projeto ter sido desenvolvido apenas até a etapa de anteprojeto, não possuindo as informações necessárias; e, por fim, pela ausência de dados para avaliação.

Para verificação quanto ao atendimento dos indicadores foram consideradas as informações recolhidas sobre as técnicas empregadas na nova Estação Antártica Comandante Ferraz e reaplicadas no projeto do hotel.

Apesar desta forma de avaliação não possuir ainda algum tipo de qualificação quanto ao atendimento dos mesmos, o resultado obtido com o projeto possivelmente poderia ser considerado de baixo impacto ambiental.

A tabela 1 apresenta a síntese dos critérios e a quantidade de indicadores (n) utilizados na avaliação:

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de construção, uso, manutenção e posteriormente a desmontagem de uma edificação geram impactos em qualquer território, principalmente em um ambiente preservado como é caracterizado o Continente Antártico. Porém, graças aos acordos internacionais e ao uso predominantemente científico das edificações, esse impacto tem sido minimizado e mitigado, sendo relativamente pequeno se comparado à importância das atividades desenvolvidas.

A análise das soluções construtivas adotadas na arquitetura produzida no continente mostra o importante avanço que vem sendo realizado, onde a preocupação com o meio ambiente tem se caracterizado como um fator de grande influência na escolha das técnicas empregadas. Soma-se a isso o avanço da tecnologia, que contribui efetivamente para soluções menos agressivas.

No que relaciona-se a prática turística, o apoio e fiscalização praticados pela IAATO tem permitido que o turismo seja realizado cuidadosamente, de forma que os dados mais recentes concluem que tal atividade tem sido exercida com bastante sucesso nos objetivos aos quais ela se propõe. Com a proposta do trabalho em direcionar tal prática para a conscientização e aprendizagem, acredita-se que ocorra um enriquecimento da experiência vivenciada no continente, ampliando os benefícios de um turismo Antártico.

De tal forma, defende-se que essa aproximação do continente e conscientização alcançada através da vivência permitida pelo hotel, somado aos cuidados para a minimização de qualquer possível impacto ambiental, geram um importante aprendizado a ser reaplicado, resultando em grandes benefícios para todo o planeta.

6 AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pela Coordenação de Pessoal de Aperfeiçoamento de Nível Superior – CAPES e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo – FAPES.

REFERÊNCIAS

Alvarez, C.E. 1995. *Arquitetura na Antártica: ênfase nas edificações brasileiras em madeira*. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Alvarez, C. E., Casagrande, B., Cruz, D. O., Rubim G. 2004. Zoneamento ambiental de uso na área do entorno da Estação Antártica Comandante Ferraz, Península Keller, Antártica In *RAPAL - Reunión de Administración de Programas Antárticos Latino-americanos*. Guayaquil. Documento de informação. *Anais...* Guayaquil: Programa Antártico Ecuatoriano: 1–8.

Brasil, Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), ARDEA Consultoria Ambiental Ltda. 2013. *Estudo de Impacto Ambiental*. Descrição do Empreendimento Diagnóstico Ambiental 01. Brasil.

Delaqua, V. *1º Lugar Concurso Internacional Estação Antártica Comandante Ferraz / Estúdio 41*. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-109759/1o-lugar-concurso-internacional-estacao-antartica-comandante-ferraz-estudio-41>>. Acesso em: 08 dez. 2014

Estúdio 41. *Estação Antártica Comandante Ferraz*. Disponível em: <<http://www.estudio41.com.br/?conteudo=projeto&id=54>>. Acesso em: 01 dez. 2014.

Galante, A. 2013. *Lançamento do Concurso público de arquitetura e projetos reconstrução da estação científica do Brasil na Antártica*. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2013/01/21/lançamento-do-concurso-publico-de-arquitetura-e-projetos-reconstrucao-da-estacao-cientifica-do-brasil-na-antartica/>> Acesso em 13 out. 2014.

International Association of Antarctica Tour Operators (IAATO). *Perguntas frequentes*. Disponível em: <<http://iaato.org/frequently-asked-questions>>. Acesso em: 13 out. 2014a.

International Association of Antarctica Tour Operators (IAATO). *Estatística do Turismo*. Disponível em: <<http://iaato.org/tourism-statistics>>. Acesso em: 13 out. 2014b.

Klink, A. 2014. *Pioneiros, exploradores e navegadores da Antártica*. In Seminário Antártica, 2048: mudanças climáticas e equilíbrio global. *Anais...* (1):74-83. São Paulo.

Ministério da Educação. 2006. *Antártica: ensino fundamental e ensino médio*. In Coleção explorando o ensino. Brasil.

Montarroyos, D. C. G., Bissoli-Dalvi, M., Alvarez, C. E., Bragança, L. *Procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade para construções na Antártica*. In Conferência Latino-americana e Europeia sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis.... *Anais...* (in prep.)

Ministério do Meio Ambiente. Programa Antártico Brasileiro. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/programa-antartico-brasileiro>>. Acesso em: 13 out. 2014

Schellmann, K. & Kozel, S. 2005. A conquista da Antártica: signos e representações. *Revista Discente Expressões Geográficas* 01: 15-26. Disponível em: <<http://www.geograficas.cfh.ufsc.br/arquivo/ed01/artigo01.pdf>> Acesso em: 26 jan. 2014.

Secirm. *Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR)*. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/secirm/proantar.html#reconstrucao>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

Tomé, M.S. 2014. *Um hotel na Antártica: o turismo como instrumento para a preservação ambiental*. 108 f. Monografia (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, Brasil.

Design de Interiores para a Sustentabilidade: uma vivência de ensino e extensão universitária na ambientação das salas de aula da EMEI Chapeuzinho Vermelho

Adriana Teresinha da Silva

Universidade Feevale, Curso de Design de Interiores, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil
adrianat@feevale.br

Gustavo Cossio

Universidade Feevale, Curso de Design, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil
cossio@feevale.br

ABSTRACT: This article reports an experience in teaching and a faculty extension project, which enabled a group of students of the Design and Sustainability subject in the Interior Design Technology Degree Course at Universidade Feevale to develop projects for Chapeuzinho Vermelho Elementary School, in Novo Hamburgo – RS, Brasil. The proposals for the classrooms emphasize social and environmental requirements, and consider aesthetical, technical, ergonomic and economic requirements. Collaborative methodology was applied in the relation among university, school and industry, throughout the articulation between teaching and a university extension program. The students could effectively apply the contents learned in class, resulting in spaces planned with materials that would have been wasted and received a new use, in a sustainable alternative that contributed for the minimization of waste disposal and enabling the learning space qualification for the children of a public school.

Keywords: design for sustainability, social design, design teaching, university extension, collaborative methodology.

RESUMO: Este artigo constitui o relato de uma vivência em ensino e extensão universitária, que oportunizou a uma turma de discentes da disciplina de Design e Sustentabilidade, do curso de Design de Interiores da Universidade Feevale, em Novo Hamburgo – RS, Brasil, o desenvolvimento de projetos de ambientação para a Escola Municipal de Educação Infantil Chapeuzinho Vermelho. As propostas para os espaços das salas de aula preconizam quesitos sociais e ambientais, sem deixar de considerar os requisitos estéticos, técnicos, ergonômicos e econômicos. Empregou-se metodologia participativa através da inter-relação entre a universidade, escola e empresa, por meio da articulação ensino-extensão. Os alunos puderam aplicar de forma efetiva os conteúdos trabalhados em aula, resultando em espaços ambientados com materiais inicialmente destinados ao descarte e que receberam um novo uso, em uma alternativa sustentável, contribuindo assim com a redução de descarte de resíduos, e oportunizando a qualificação do espaço pedagógico das crianças de uma escola pública.

Palavras-chave: design para a sustentabilidade, design social, ensino do design, extensão universitária, metodologia participativa.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas sociais, econômicos e ambientais fazem parte da realidade das cidades, principalmente em países do terceiro mundo. Na última década estes problemas têm se agravado e não podemos ignorá-los. Neste sentido, percebe-se a necessidade do estabelecimento de um compromisso social de designers de interiores, para a solução das necessidades reais da população em situação vulnerável, pensando na requalificação de espaços, sem esquecer-se da preocupação com o meio ambiente.

Os profissionais que trabalham com projetos de interiores têm buscado cada vez mais soluções para problemas sociais e ambientais. Para tanto, além dos requisitos sociais e ambientais é importante considerar requisitos técnicos, ergonômicos, estéticos e econômicos, no processo de desenvolvimento dos projetos voltados a espaços internos (Moxon, 2012).

Uma grande preocupação para sociedade moderna é a utilização de resíduos visando à minimização dos impactos causados ao meio ambiente, considerando o grande número de resíduos gerados pela população mundial. Diversos setores tem se preocupado com esse problema, apresentando as mais variadas iniciativas para reaproveitamento de resíduos. O setor da construção civil é um dos que mais tem mostrado iniciativas com a incorporação de resíduos em seus produtos. Seguindo essa tendência, os designers de interiores têm buscado novas alternativas de produtos que incorporem resíduos, visando à redução do impacto ambiental. No que se refere ao ensino em design, é importante que o corpo discente seja estimulado ao pensamento projetual em âmbito social e sustentável.

Assim, o texto relata a vivência em ensino-extensão na turma de Design e Sustentabilidade 2014/I do Curso Superior de Tecnologia em Design de Interiores, em parceria com o Laboratório de Design de Interiores e o projeto de extensão Design Social: valorizando territórios e indivíduos da Universidade Feevale. O trabalho foi desenvolvido em conjunto com a Escola Municipal de Educação Infantil Chapeuzinho Vermelho, buscando estabelecer uma relação entre design e sustentabilidade, levando em conta o aproveitamento de resíduos gerados pela empresa Jomo, todas localizadas na cidade de Novo Hamburgo – RS, Brasil.

1.1 Design de interiores para a sustentabilidade

O Design está ligado a questões sociais desde a Bauhaus, conforme Curtis (2010) que afirma que a escola entendia o design como atividade unificada e global, que se estende a múltiplas facetas da atividade humana. Com o agravamento dos problemas ambientais, o design tem se voltado cada vez mais no sentido de atender estas questões.

O design para a sociedade, de acordo com Pazmino (2007) consiste em desenvolver produtos que atendam às necessidades reais específicas de cidadãos menos favorecidos, social, cultural e economicamente, assim como, algumas populações como pessoas de baixa-renda ou com necessidades especiais devido à idade, saúde, ou inaptidão.

Neste sentido, o design de interiores também busca atender a demandas sociais e relacionadas ao meio ambiente. Para Zmyslowski (2009), o design de interiores é uma atividade complexa, pois relaciona elementos como mobiliário, revestimentos e produtos nos espaços utilizados pelas pessoas e refere-se à relação de acesso e o uso desses elementos entre os espaços e o meio ambiente. Esta relação exige do designer de interiores, enquanto profissional, uma ação interdisciplinar no projeto, aplicando uma metodologia de desenvolvimento de ambientes que permitam minimizar os problemas sociais e ambientais.

Porém, a abordagem da sustentabilidade deve ir além do processo de projeto, abordando decisões posteriores, relacionadas ao uso do espaço, levando em consideração os usuários. Segundo Silva (2011) sustentabilidade é um conceito sistêmico, o qual deve abranger questões de cunho ambiental, econômico, social e cultural, o que requer o envolvimento de diferentes agentes: profissionais, cadeia de fornecedores, usuários e o poder público.

No Brasil, embora se observe um crescente interesse no tema da sustentabilidade, é possível perceber que o desenvolvimento sustentável ainda está sendo fomentando (Silva, 2011). Cabe ressaltar que, segundo Miranda (2009), o termo sustentabilidade não se restringe apenas à preservação ecológica, mas se amplia a um conjunto de proposições fundamentado no tripé social-ambiental-econômico. O conceito de triple-bottom-line surgiu nos anos 1990, e visava medir o sucesso empresarial de acordo com o desempenho em âmbito econômico e social,

integrado com a responsabilidade ambiental. Assim, o planejamento das organizações incluiria diretrizes para o desenvolvimento sustentável (Hacking & Guthrie, 2008).

Acrescenta-se que a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro, em 1992, teve a intenção de introduzir a ideia do desenvolvimento sustentável, um modelo de crescimento econômico menos consumista e mais adequado ao equilíbrio ecológico.

Pazmino (2007) assevera que o design sustentável busca maximizar os objetivos ambientais, econômicos e o aumento do bem-estar social. Propõe um valor de responsabilidade de não prejudicar o equilíbrio ambiental atual e garantir este equilíbrio as gerações futuras. Conforme a autora, para alcançar a sustentabilidade é necessário que ocorram progressos dos produtos e processos tanto na dimensão técnica como na cultural. Ao considerarmos esta modalidade projetual frente aos paradigmas do design contemporâneo, vale resgatar a resolução da Comissão de Brundtland, de 1987, sobre desenvolvimento sustentável, sendo aquele “desenvolvimento que satisfaz às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades”.

O Relatório Brundtland aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo, trazendo à tona mais uma vez a necessidade de uma nova relação “ser humano-meio ambiente”. Ao mesmo tempo, esse modelo não sugere a estagnação do crescimento econômico, mas sim a conciliação com as questões ambientais e sociais, em conformidade com a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas - ONU (1991).

Neste sentido, o desafio deste trabalho foi desenvolver projetos de design de interiores com foco na sustentabilidade, passando pelo reaproveitamento de resíduos industriais que permitam a requalificação dos espaços das salas de aula, atendendo a questões sociais e ambientais.

2 OS PROJETOS DAS SALAS DE AULA

Segundo Zmyslowski (2009), o projeto de interiores, desde a sua criação, pode ser norteado com especificações que determinam e visem baixo impacto ambiental, sejam elas pelos produtos, serviços, até pela salubridade, responsabilidade e consciência dos usuários desses espaços. Assim, foram desenvolvidos projetos para seis salas de aula da Escola Municipal de Educação Infantil Chapeuzinho Vermelho, contemplando crianças de três a cinco anos de idade, moradoras da cidade de Novo Hamburgo, no sul do Brasil. Segundo o Referencial Curricular Nacional para a Educação Infantil (1998): “O espaço na instituição de educação infantil deve propiciar condições para que as crianças possam usufruí-lo em benefício do seu desenvolvimento e aprendizagem. Para tanto, é preciso que o espaço seja versátil e permeável à sua ação, sujeito às modificações propostas pelas crianças e pelos professores em função das ações desenvolvidas”.

Sabendo da importância de espaços que auxiliem a aprendizagem e o desenvolvimento dos alunos, a nossa escola tem feito um esforço bastante grande para deixá-los cada vez mais bonitos, agradáveis e acolhedores para os alunos, famílias, professores, funcionários e para a comunidade em geral.

O problema foi apresentado a um grupo de dezesseis alunos da disciplina Design e Sustentabilidade, do curso Superior de Tecnologia em Design de Interiores da Universidade Feevale. Estes alunos foram divididos em pequenos grupos, com dois ou três integrantes, com o objetivo de que cada grupo desenvolvesse um projeto para uma das salas de aula, atendendo o total de seis salas, seis professoras e 120 crianças (média de 20 alunos por sala).

2.1 Metodologia de projeto

A metodologia de projeto se estruturou em três etapas: informativa, criativa e técnica. A etapa informativa corresponde à visita ao local de intervenção para contato com os usuários, análise e medição do ambiente e levantamento das necessidades e visita à empresa fornecedora de materiais para o projeto. Destaca-se o emprego da metodologia participativa e a imersão *in loco*, pois os alunos visitaram a escola Chapeuzinho Vermelho e fizeram o levantamento dos espaços e elaboração do programa de necessidades de cada sala individualmente. Posteriormente, o grupo visitou a empresa Jomo, buscando identificar os resíduos gerados e que estavam disponíveis para doação, através de uma parceria da empresa com escolas municipais da cidade de Novo Hamburgo. Os dados levantados, referentes a cada sala de aula são apresentados conforme tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Identificação dos espaços e programa de necessidades

Sala	Área	Nº de alunos	Idade dos alunos	Programa de Necessidades
1	36,05m ²	15	3 anos	Painel de recados na entrada, prateleiras para brinquedos e objetos diversos, espaço para guardar travesseiros, nichos para mochilas.
2	39,86m ²	15	3 anos	Mesa para TV, prateleiras baixas para alcance dos brinquedos, caixas para brinquedos, espaço para colocar chinelo, espaço para desenhar, camarim com espelho.
3	40,95m ²	16	2 anos	Prateleiras e organizadores para brinquedos, espaço para livros e revistas, bancada para desenhar, nichos para mochilas, baús fechados para guardar material e brinquedos.
4	41,72m ²	20	4 anos	Baú para brinquedos, móvel para TV, nichos para mochilas, mesa para desenho, casinha para brincar e espaço para leitura.
5	42,06m ²	20	4 anos	Espaço para brinquedos, prateleiras para brinquedos e itens diversos, nichos para mochilas.
6	41,55m ²	25	5 anos	Espaço para brinquedos, nichos para mochilas, mesa para TV, prateleiras para expor brinquedos, palco.

A figura 1, na sequência, apresenta fotos dos resíduos da empresa Jomo, que trabalha com a confecção de embalagens para produtos cosméticos e outros. Os resíduos gerados estão disponíveis para utilização nos projetos e caracterizam-se em sua maioria como sobras de EVA (mistura de alta tecnologia de etivnil e acetato) em diversos formatos e tamanhos.



Figuras 1. Resíduos gerados pela empresa Jomo

Na etapa criativa, se trabalhou inicialmente a concepção teórica do projeto com a busca de referências e textos para embasamento teórico. Após iniciou-se e o desenvolvimento de propostas do projeto. Assim, os grupos fizeram a análise dos espaços visitados e iniciou-se a estruturação da metodologia de trabalho, a busca por referências de projeto e a especificação de materiais.

Na etapa técnica, se tem o desenvolvimento do projeto, com elaboração de imagens ilustrativas e detalhamentos técnicos para execução, além da elaboração do orçamento. Através de um levantamento de custos, criaram-se planilhas de orçamento para os projetos, individualmente. Cada orçamento considerou o custo dos materiais a serem adquiridos e da mão de obra especializada. Não foram considerados nos orçamentos custos referentes ao resíduo recebido como doação da empresa Jomo e também mão de obra não especializada, entendendo que está mão de obra seria fornecida pelos pais dos alunos, como por exemplo, para nova disposição e pintura do mobiliário existente dentro das salas. A tabela 2 apresenta o valor total de cada orçamento correspondente às salas de aula

A acessibilidade universal foi um item que norteou todos dos projetos desenvolvidos. Os alunos buscaram respaldo na NBR 9050 (ABNT, 2004) que estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados quando do projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade. Neste sentido, foram considerados espaços internos para circulação de pessoas portadoras de deficiência e a opção por não uso de degraus e elevações no acesso às salas de aula.

Tabela 2 – Orçamentos estimativos totais

Sala	Orçamento estimativo R\$
Sala 1	1.548,00
Sala 2	1.701,30
Sala 3	1.205,00
Sala 4	1.650,00
Sala 5	845,05
Sala 6	2.650,00

3 RESULTADOS

Os projetos buscaram mais do que atender questões sociais e ambientais, pois a intenção era o envolvimento dos usuários com o espaço, não só a relação física, mas também social e emocional. Assim, na medida em que os alunos da escola se apropriarão do espaço, entenderão o mesmo como uma extensão de seus lares e espaços onde estes se sentirão acolhidos, educados e protegidos. Além de um espaço de aprendizado, será um local de diversão e convívio com colegas e professores. As soluções encontradas para cada sala de aula são apresentadas através imagens dos projetos, conforme sequencia de imagens abaixo (figuras de 2 -7).



Figura 2. Solução para a sala de aula 1 - imagem ilustrativa

Além disso, destaca-se a importância do projeto para as professoras. Por vezes, o trabalho docente enfrenta situações de estresse, com baixa remuneração em turnos com grupos de até mais de vinte crianças. Espera-se que os projetos facilitem as atividades pedagógicas e contribuam para o bem-estar das professoras, o que se relaciona com a autoestima das educadoras, e influencia na formação dos educandos.



Figura 3. Solução para a sala de aula 2 - imagem ilustrativa

O grande desafio foi desenvolver os projetos em curto espaço de tempo, já que os mesmos foram elaborados no período de março a junho de 2014, e que atendessem as necessidades dos alunos e professores da escola, com preceitos sustentáveis, com o aproveitamento de resíduos na criação de novos produtos e mobiliários para os espaços e que ainda trabalhassem com orçamentos reduzidos. Entretanto, o grupo de alunos conseguiu responder ao desafio e às expectativas dos futuros usuários, conforme relata a professora Fernanda Levien Schneid que é docente na escola Chapeuzinho Vermelho: “os projetos apresentados e elaborados pelas acadêmicas do curso de Design de Interiores, da Universidade Feevale, possibilitaram aos professores enxergar as salas de aulas de maneiras diferentes e perceber que as mudanças desejadas poderiam ser feitas com materiais alternativos. Todos os projetos surpreenderam e empolgaram. Foi possível perceber a dedicação com que foram feitos e pensados e como as demandas solicitadas pelas professoras foram atendidas, superando, em alguns casos, as expectativas que tínhamos, pois as acadêmicas trouxeram ideias diferentes, mas, ao mesmo tempo, simples, funcionais e executáveis, que é o mais importante, pois é sabida a dificuldade em arrecadar fundos para a viabilização dessas reformas. Além disso, as acadêmicas tiveram a preocupação em deixar os ambientes lúdicos, coloridos e seguros, pensando no que fica melhor para os alunos das faixas etárias atendidas na escola “ (Schneid, 2014).



Figura 4. Solução para a sala de aula 3 - imagem ilustrativa

Em se tratando de orçamentos, como a escola não dispunha de valores para investir na execução do projeto, trabalhou com a arrecadação de valores junto aos pais dos alunos e à comunidade. O valor arrecadado por cada professor para a reforma de sua sala de aula foi inferior ao valor orçado para os projetos, conforme apresentado na tabela 3. Desta forma, cada professora teve que buscar alternativas, visando a execução dos projetos. As professoras optaram por pedir outras doações de materiais como, por exemplo, tintas e adesivos, também buscaram a mão de obra junto à comunidade com custo reduzido, outras vezes, sem custo.

O resíduo foi empregado em todos os projetos, as sobras de EVA foram utilizadas para confecção de tapetes, de murais de parede, espaço para recados e fotos e revestimentos de caixas. Os EVA's foram recortados e colados permitindo a confecção dos objetos e o trabalho foi realizado pelas professoras.

Tabela 3 – Orçamentos estimativos totais e comparativos dos valores arrecadados por cada turma

Sala	Orçamento estimativo R\$	Valor arrecadado R\$
Sala 1	1.548,00	470,00
Sala 2	1.701,30	500,00
Sala 3	1.205,00	300,00
Sala 4	1.650,00	880,00
Sala 5	845,05	350,00
Sala 6	2.650,00	620,00

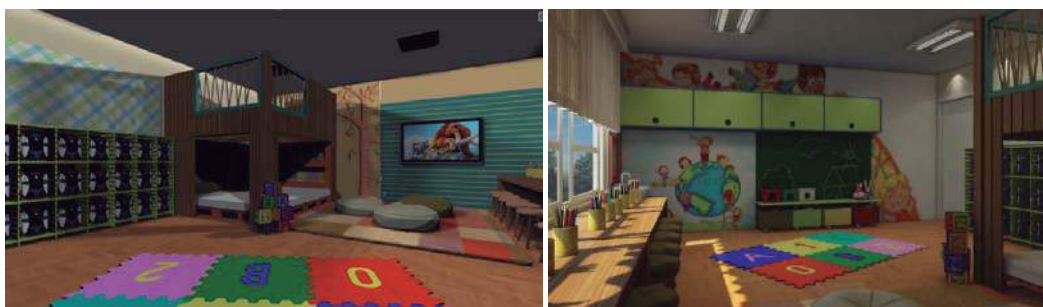


Figura 5. Solução para a sala de aula 4 - imagem ilustrativa

Outros resíduos que foram doados pelos pais dos alunos, como por exemplo, canos de PVC (policloreto de vinila) permitiram a confecção de expositores, suportes para brinquedos e estantes de parede. Este material foi recortado e pintado pelos pais dos alunos.

E os pallets doados pela Jomo foram recortados e após receberam pintura, todo este trabalho também foi executado pelos pais.



Figura 6. Solução para a sala de aula 5 - imagem ilustrativa



Figura 7. Solução para a sala de aula 6 - imagem ilustrativa

No depoimento, Schneid (2014) já relata as futuras intervenções nas salas, inclusive destacando as iniciativas para a efetivação dos projetos: “Nossas mudanças, em relação às salas de aulas, estão começando. A escola está se organizando para que todas estejam prontas até o final desse ano e, para isso, chamou os pais dos alunos à escola e mostrou-lhes os projetos, incentivando-os a colaborar e participar desse movimento, vindo à escola nos dias em que serão feitas as

reformas, conseguindo doações, trazendo materiais, etc. Além disso, a escola preparou uma rifa para que todas as famílias ajudem a arrecadar fundos e as duas turmas que mais venderem irão ganhar uma televisão LCD para as salas. Essas televisões serão compradas com a próxima verba que a escola receberá que também será destinada para as reformas das salas. Todos estão entusiasmados com as mudanças que virão, inclusive, os alunos que já contam como ficarão suas salas” (Schneid, 2014).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de interiores deve considerar as relações entre os usuários e o espaço, pautadas por questões ligadas à sustentabilidade, buscando a inter-relação entre espaços e as atividades humanas. Assim, o design de interiores para a sustentabilidade não atua somente na conscientização ambiental dos indivíduos e usuários, mas como uma premissa de novos valores sociais.

Deste modo, por meio da articulação entre o Laboratório de Design de Interiores, o projeto de extensão Design Social: valorizando territórios e indivíduos, ambos da Universidade Feevale, a empresa Jomo, e a Escola Municipal de Ensino Fundamental Chapeuzinho Vermelho, os alunos envolvidos no projeto puderam aplicar de forma efetiva os conteúdos trabalhados em aula, resultando em espaços ambientados com materiais inicialmente destinados ao descarte e que receberam um novo uso, proporcionando à comunidade a experimentação estética de novos materiais e produtos, em uma alternativa sustentável, contribuindo assim com a redução de descarte de resíduos, e oportunizando a qualificação do espaço pedagógico das crianças, além de aprimorar a relação do aluno com o espaço e o meio ambiente, e a partir de então, iniciar a conscientização dos mesmos, com o reuso de materiais na busca de espaços mais sustentáveis.

É fundamental integrar as questões sociais, econômicas e ambientais desde o início do processo de desenvolvimento dos projetos de interiores, pois desta forma, teremos projetos mais sustentáveis, com qualidade e que atendam as demandas sociais.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2004. NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro:ABNT

Curtis, M.C. 2010. Funcionalismo: referência histórica para o design social. In 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - São Paulo, 2010. *Livro de Actas*

Hacking, T.; Guthrie, P. 2008. A framework for clarifying the meaning of Triple Bottom-Line, Integrated, and Sustainability Assessment. In *Environmental Impact Assessment Review*. v. 28, n. 2–3: 73-89.

Miranda, A. T. 2014. Conferências da ONU Desenvolvimento Sustentável <http://educacao.uol.com.br/geografia/desenvolvimento-sustentavel.jhtm> Acessado em setembro, 2014.

Moxon, Siân. 2012. Sustentabilidade no design de interiores. Barcelona: Gustavo Gili.

Pazmino, A.V. 2007. Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável. In I International Symposium on Sustainable Design | I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável - Curitiba, 2007. *Livro de Actas*. Curitiba.

RCNEI-Referencial Curricular Nacional para a Educação Infantil. portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/rcnei_vol1.pdf Acesso em 05 de setembro de 2014.

Schneid, F. 2014. Depoimento aos autores. Novo Hamburgo, julho de 2014.

Silva, A. T. 2011. Comparativo entre os processos de implantação do Código técnico das edificações na Espanha e NBR 15.575/2010 : desempenho no Brasil. São Leopoldo.

Zmyslowski, E. M. T.2009. Sustentabilidade no Design de Interiores. In 2º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável (II SBDS) Rede Brasil de Design Sustentável – RBDS São Paulo, 2009. *Livro de Actas*.

Emprego dos Resíduos de Processamento de Ágatas em Argamassas na Construção Civil

Rodrigo de Almeida Silva

Faculdade Meridional - IMED, Escola de Engenharia Civil, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil
engenhariacivil@imed.edu.br

Jocenir Boita

Faculdade Meridional - IMED, Escola de Engenharia Civil, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil
jocenir.boita@imed.edu.br

Daiane Folle

Faculdade Meridional - IMED, Escola de Engenharia Civil, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil
daiane.folle@imed.edu.br

Ana Paula Melo

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil
apaula_melo@hotmail.com

Ana Paula Kirchheim

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Departamento de Engenharia Civil/Sala de Materiais, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil
anapaula.k@gmail.com

ABSTRACT: The Brazil is one of the main producers of color gemstones, and the Rio Grande do Sul State with greater production of agates amethysts and citrine quartz. The large volume of waste generated without treatment and proper disposal, triggers environmental problems concern. The purpose of this study is to conduct a diagnosis of the processing of gems, identify the types of waste generated and the importance of the implementation of environmental management for this industrial sector. It can be concluded that, overall, the sector shows a disregard for the environment where few companies treat their waste still with the vision to end of tube. Being one of the alternatives of use of SiO₂, as material support for Nanomaterials based on metal oxides, applied in the production of mortar, concrete block pavers and colorful, and can be used in civil engineering.

Keywords: Residue, agate, nanostructures.

RESUMO: O Brasil é um dos o principais produtores de gemas de cor, e o Rio Grande do Sul o estado com maior produção de ágatas ametistas e citrinos. O grande volume de resíduos gerados sem tratamento e destinação adequada, desencadeia problemas ambientais preocupantes. O objetivo do presente trabalho é realizar um diagnóstico do beneficiamento das gemas, identificar os tipos de resíduos gerados e a importância da aplicação da gestão ambiental para este setor industrial. Pode-se concluir que, de forma geral, o setor apresenta um descaso com o meio ambiente onde poucas empresas tratam seus resíduos ainda com a visão de “fim de tubo”. Sendo uma das alternativas de uso de SiO₂, como material suporte para nanomateriais a base de óxidos metálicos, aplicadas na produção de argamassa, pavers e bloco de concreto colorido, podendo ser usado na engenharia civil.

Palavras-chave: resíduo, ágata, nanoestruturas.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente é reconhecido como um dos maiores fornecedores e, portanto uma das maiores reservas mundiais de gemas de cor, destacando-se a diversidade, a qualidade e a quantidade produzida quando em comparação a outros países. Há grande quantidade de pedras preciosas e semipreciosas em solo nacional, principalmente a ágata, ametista, citrino, topázio e quartzo, além de ser o segundo maior produtor de esmeraldas do mundo (IBGM, 2007).

O mercado brasileiro importa apenas pedras preciosas em estado bruto para industrialização quando não a possui em seu território. No caso das empresas de Soledade, as pedras em estado bruto são importadas de países como a Argentina, a Bolívia, o Uruguai e o México (IBGM, 2007).

A produção destina-se basicamente ao exterior, pois no mercado interno são comercializados apenas cerca de 5 % a 10 % do total produzido. Os principais pontos de venda são as cidades com alto fluxo de turistas, tais como o Rio de Janeiro e São Paulo e, mais recentemente, Soledade. A cidade se destaca muito mais como indústria e comércio do que extração, visto que a ágata que se encontrava de forma abundante na região de Soledade, hoje esta extinta. Constata-se, desta forma, o descontrole ocorrido na extração em anos anteriores, o que reforça a ideia de que os recursos naturais podem ser extintos. É notável a representatividade do Rio Grande do Sul nas exportações brasileiras de pedras preciosas, tanto lapidadas, como na forma de artefatos em pedra preciosa. O Rio Grande do Sul ocupa o segundo lugar do total de exportações (33 %), sendo Minas Gerais o primeiro estado em exportação, com 44,5 % do total. No ranking das exportações de pedras lapidadas encontram-se novamente Minas Gerais, com 49,3 %; seguido pelo Rio Grande do Sul, que apresenta um percentual de 40,1 %. Nas exportações de artefatos de pedra, o Rio Grande do Sul lidera as exportações brasileiras, com 73,5 % das exportações, ficando bem distante do percentual do segundo estado que mais exporta, o Rio de Janeiro, com um percentual de 10,5 %. As pedras naturais mais encontradas no estado do Rio Grande do Sul a ágata e a ametista, as duas descobertas há aproximadamente um século. Segundo Sampaio e Souza (1999), embora não se conheça exatamente o seu tamanho, a quantidade de pedras no estado é a maior do Brasil.

No estado são encontradas grandes concentrações de jazidas de pedras que estão sendo explorados. Situam-se em áreas distintas: no norte do estado, abrangendo a região do Alto Uruguai (ametista); no centro, compreendendo a região do Salto do Jacuí (ágata), e a região da Fronteira Sudoeste (ametista).

Cabe ainda destacar a ocorrência de pedras em outras regiões do estado, como a ametista nas localidades de Nova Bréscia, Lajeado, Encantado, Caxias do Sul, Uruguaiana, Passo Fundo e Gramado, e os garimpos de ágata nas regiões de Santa Maria, Progresso, Três Pinheiros, Livramento e Cruzeiro do Sul.

No subsolo gaúcho ocorre apenas ágata, ametista e citrino. As demais pedras precisam ser compradas de outros estados, como o quartzo rosa e fumê da Bahia; outra espécie de ametista vem de Marabá, no Pará; o cristal de rocha, de Goiás e Minas Gerais; a sodalita e calcita laranja são provenientes dos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Norte, e os zaspes vêm do Mato Grosso. Além de minerais nacionais, as empresas de Soledade trabalham, embora em menor quantidade, com minerais importados da Argentina, Bolívia, Uruguai e do México (DNPM, 1998). O SPL de Gemas e Jóias do RS inclui as cidades de Lajeado, Soledade, Ametista do Sul e Guaporé como sendo os principais Pólos. A cidade de Guaporé conta com 161 micro, pequenas e médias indústrias, que trabalham no segmento de folheados e de jóias em prata e ouro, gerando um faturamento que em 2007 atingiu R\$ 74.096.325,89, empregando 1.736 funcionários. Juntam-se 73 lojas com faturamento de R\$ 7.373.416,41 no mesmo ano. O crescimento da cadeia joalheiro de 2004 a 2007 foi de 39 % no faturamento e 12 % no número de empregos (dado oficial da secretaria municipal da indústria e comércio de Guaporé).

Na cidade de Soledade (Plus, Brazil) são mais de 150 empresas, entre pequenas, médias e grandes, que trabalham na transformação de vários tipos de minerais. Soledade se consolidou como pólo estadual na industrialização, comercialização e exportação de pedras preciosas, tem reconhecimento internacional como “Capital das Pedras Preciosas”, sendo sede do evento anual “Exposol” (Exposição Feira de Soledade). Nesse evento, se realiza a Feira Internacional de Gemas e Minerais, uma das maiores da América Latina. Das 75 empresas associadas ao Sindicato das Indústrias de Joalheria, Mineração, Lapidação, Beneficiamento e Transformação de Pedras Preciosas do Rio Grande do Sul - Sindipedras, 55 estão localizadas em Soledade, o que corresponde a mais de 70 % das empresas associadas. Em relação à participação nas exportações de pedras preciosas, o município de Soledade tem a participação de aproximadamente 80% do total do estado. Sendo que desse total, 28 % são de pedras brutas, 49 % pedras trabalhadas de outro modo (pedras cortadas ou polidas) e 23 % obras de pedras (relógios, pirâmides, encosto de livros, etc). O Sindipedras estima que essas empresas industriais empreguem cerca de 1500 pessoas diretamente e geram mais 4500 empregos indiretos. Dentre as empresas de pedras preciosas de Soledade encontram-se as duas maiores empresas exportadoras brasileiras do setor.



Figure 1. Mapa da localização das regiões onde encontra-se a concentração de pedras preciosas (Soledade).

2 ESTUDO DE CASO: GERAÇÃO DE SiO_2

Este estudo foi realizado na empresa Carioca Indústria e Comércio de Pedras Ltda. A empresa atua no ramo de beneficiamento de pedras preciosas, produzindo um tipo especial de ágata denominada “ágata rolada”.

As gemas utilizadas nesta indústria não são provenientes de garimpos. São retiradas dos campos aráveis (pedras de lavra) e comercializadas pelos próprios agricultores sem intermediários. Os locais de coleta estão distribuídos nas cidades de: Lagoa Vermelha, Passo Fundo, Casca e Marau sendo que o transporte é realizado pela própria empresa. Cabe ainda salientar que, a retirada destas gemas das áreas agrícolas traz benefícios para os agricultores, em função da limpeza da terra e ainda não gera os danos ambientais que são causados pelos garimpos tradicionais.

A capacidade atual da empresa gira em torno de 60 ton/mês de pedra ornamental bruta, com uma recuperação em torno de 15 % de produto comercializável. Para executar o beneficiamento das pedras preciosas são utilizados principalmente os seguintes reagentes: ácido sulfúrico, ácido clorídrico, corantes orgânicos, sais inorgânicos, parafina e carbureto de silício entre outros.

2.1 Descrição do Processo Produtivo

Os geodos brutos coletados são depositados no pátio da empresa, após são cominuídos em um britador de mandíbulas para atingir o tamanho adequado. Então os fragmentos são colocados em uma bateadeira (grande moinho de bolas) que fica girando por 35 horas para que as peças sejam desbastadas. Após este processo as peças são colocadas em outro moinho de bolas, e é adicionado carbureto de silício como abrasivo. Na próxima etapa ocorre o polimento, que consiste em retirar o excesso de abrasivo através da lavagem e repetir o processo no moinho.

As peças já polidas são colocadas em uma bancada e separadas manualmente por tamanho. Depois de classificadas as peças são colocadas em uma solução de ácido sulfúrico a quente. Segundo o proprietário, esta etapa serve para permitir um tingimento mais homogêneo. Então é executado o tingimento, onde as peças ficam imersas durante três dias á quente, nas soluções características. Após a coloração as peças são lavadas, parafinadas e comercializadas.

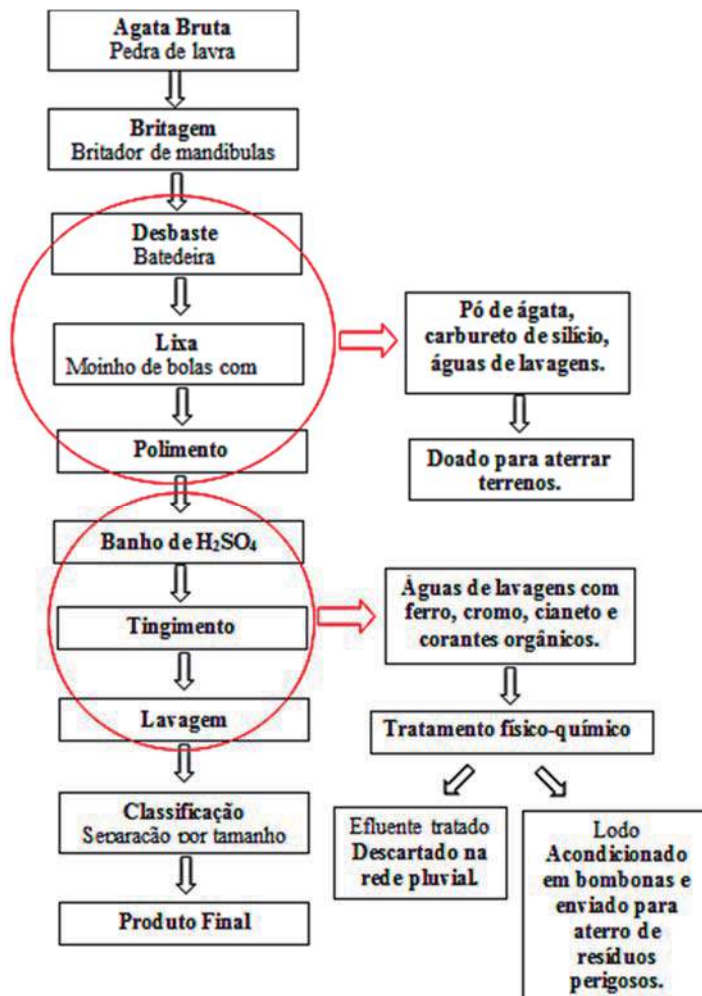


Figure 2. Fluxograma do processo de beneficiamento da ágata roladas.

Os resíduos gerados nesta empresa pode-se destacar a produção de pó de ágata (45 ton/mês), efluente contendo H_2SO_4 , cromo, ferro, cianeto e corantes orgânicos oriundos do processo de tingimento com volume de $2,5 \text{ m}^3/\text{mês}$. Esse efluente é tratado em batelada.

O tratamento dos efluentes é feito pelo processo físico-químico, similar ao descrito por Carissimi, (2001) que utiliza o metabissulfito de sódio para redução do cromo (VI) para cromo (III) em pH 2. Então eleva-se o pH para 9,0 – 10,0 e adiciona-se hipoclorito de sódio para oxidar o cianeto de potássio. Após ajusta-se o pH para 6,5 – 7,5 e adiciona-se o sulfato de alumínio para clarificação do líquido. O líquido então é levado a um sedimentador para separação do sólido gerado. O líquido é descartado na rede pluvial e o lodo é acondicionado em tambores e enviado para aterro de resíduos perigosos.

2.2 Aplicação dos resíduos de SiO₂

O uso de rejeitos do beneficiamento de Ágatas pode ser empregado como material suporte para partículas em diversos tamanhos, pois é constituída de um material poroso composto basicamente por SiO₂. Este material altamente promissor, considerado como material de rejeito, resultado do processo de beneficiamento de ágatas, este pode abranger materiais microestruturados e nanoestruturados, podendo suportar materiais como, cobre (Cu), platina (Pt), níquel (Ni) e compostos de ferro (FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄), podendo ser aplicadas em diversas áreas da ciência. Em especial a busca de materiais suporte para ancorar nanopartículas, tem sido realizada ao longo dos anos por diversas rotas químicas com o propósito de suportar nanomateriais sintetizados a partir de precursores metálicos resultando em sistemas coloidais suportados em SiO₂, e interagindo com outros metais nobres, como a platina (Pt) (Siani, A., et al., 2008) e o Ródio (Rh) (Kharisov, B.I., et al., 2012; Péliesson, C.-H., et al., 2012), ou suportadas em carvão usadas por exemplo, na oxidação de CO (Guo, X., et al., 2012). O uso de nanopartículas (NPs) de forma geral tem sido aplicado com êxito em diferentes processos, onde é possível notar ganhos tanto em termos tecnológicos, de inovação e financeiros, quando comparados aos materiais "bulk". A obtenção de um material suporte a base de SiO₂ usadas para suportar nanoestruturas, por exemplo, de óxidos de ferro, significa um marco na utilização de rejeitos aplicados na confecção de argamassa, pavers e bloco de concreto nanoestruturados coloridos, possibilitando diversas aplicações na área da construção civil.

3 CONCLUSÕES

O setor de pedras preciosas tem grande influência no desenvolvimento econômico da região. Devido ao grande número de empresas de pequeno porte e informais, a fiscalização ambiental fica prejudicada. De forma geral, o setor de pedras preciosas, especificamente, na região de Soledade, demonstra um descaso com o meio ambiente. O tratamento dos resíduos é executado em poucas empresas, cerca de 2 %. Além disso, em algumas empresas de grande porte houve uma terceirização dos processos produtivos poluidores, com o objetivo de reduzir os custos operacionais. As poucas empresas que tratam seus efluentes utilizam o método tradicional onde o objetivo é transferir os poluentes de uma fase dispersa para outra concentrada sem levar em conta as vantagens dos novos processos de tratamento. Contudo, algumas empresas estão percebendo a importância da preservação do meio ambiente como forma de atingirem novos mercados que preferem produtos ecologicamente corretos.

Uma das alternativas de uso de rejeitos gerados do processo de beneficiamento, é como material suporte para nanoestruturas diversas, como por exemplo, óxidos de ferro, gerando uma espécie de "areia colorida nanoestruturada", o que permite seu uso na produção de argamassa colorida, pavers e bloco de concreto colorido. Isso resulta no melhoramento das propriedades eletrônicas e estruturais destes novos materiais aplicados na engenharia civil.

REFERENCES

Carissimi, E. *Tratamento de Efluentes do Tingimento de Ágatas por Oxidação Química*. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Departamento de Engenharia Civil da UPF, Passo Fundo, 2001.

DNPM. *Ágata do Rio Grande do Sul*. Série Difusão Tecnológica. Brasília, 1998.

Guo, X., et al., *Ferrous Centers Confined on Core–Shell Nanostructures for Low-Temperature CO Oxidation*. Journal of the American Chemical Society, 2012. 134(30): p. 12350-12353.

<http://www.brazilplus.com.br/localizacao>: Acessado em 05/10/2014.

IBGM - *Instituto Brasileiro de Gemas & Metais Preciosos*, 2007.

Kharisov, B.I., et al., *Iron-containing nanomaterials: synthesis, properties, and environmental applications*. RSC Advances, 2012. 2(25): p. 9325-9358.

Péllisson, C.-H., et al., *Moving from surfactant-stabilized aqueous rhodium (0) colloidal suspension to heterogeneous magnetite-supported rhodium nanocatalysts: Synthesis, characterization and catalytic performance in hydrogenation reactions*. Catalysis Today, 2012. 183(1): p. 124-129.

Sampaio, C. H., Tubino, L. C. B., *Estudo Morfológico da Ágata em Bruto e sua Influência no Processo de Tingimento Industrial em Bruto*. Acta Geológica Leopoldense, v.20, n.8, p.43-48, 1999.

Siani, A., et al., *Synthesis of cluster-derived PtFe/SiO₂ catalysts for the oxidation of CO*. Journal of Catalysis, 2008. 255(2): p. 162-179.

Metodología Para la Evaluación de la Sostenibilidad De Proyectos vis Mediante Indicadores de Línea Base Para las Comunas 6 y 8 de la Ciudad de Medellín

Alejandra Balaguera Quintero

Universidad de Medellín, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental
abalaguera@udem.edu.co

Gloria Isabel Carvajal Peláez

Universidad de Medellín, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil
gicarvajal@udem.edu.co

Diana Elizabeth Valencia

Universidad de San Buenaventura, Facultad de Arquitectura
diana.valencia@usbmed.edu.co

Ader Augusto García

Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Arquitectura
agarcia@unal.edu.co

Enrique Vanegas

Universidad de San Buenaventura, Facultad de Arquitectura
evanegas@gmail.com

Johnny Alexander Vega

Universidad de Medellín, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil
javega@udem.edu.co

ABSTRACT: Housing projects builds under sustainable parameters is a priority for almost all of the countries around the world, it is a strategic to certify quality of life for the population, to optimize resources, to adjust to the variations in the environmental conditions and to reduce the damage to the planet. Against this idea, the city of Medellín actually doesn't have an alternative of housing that can give to the people a decent, safe and sustainable place where to live. Duplication of effort, waste of resources and inefficient processes, has become a permanent ongoing project that ends up offering the state. On the other hand, the rejection by the community and users with the proposed solutions generates a social impact, ending exacerbating the existing problem. This article aims to describe the form how a methodology proposal was drawn for sustainability assessment based on indicators for social interest housing projects in Medellín. In this proposal were defined the main themes, variables and indicators of sustainability applicable to social interest housing projects; and based on the information reviewed, two zones of Medellín (Municipalities 6 and 8) were chosen to carry out a comparative analysis of the results obtained from the application of the methodology; in fact, to quantify these indicators and identify key variables in the search for sustainability in social interest housing and update existing databases and mapping using GIS.

Keywords: Sustainability, Social Interest Housing, Indicators, Sustainable Construction.

RESUMEN: Que se construyan viviendas con parámetros de sostenibilidad es una prioridad en la mayoría de los países, como una estrategia para garantizar la calidad de vida de los habitantes, esto implica optimizar los recursos, ajustarse a las variaciones de las condiciones ambientales y reducir el impacto sobre el planeta. En contradicción con lo anterior, la ciudad de Medellín no cuenta en la actualidad con una alternativa que permita suplir el déficit de vivienda digna, segura

y sostenible, desde el punto de vista social, económico y ambiental. La duplicación de esfuerzos, el despilfarro de recursos y la ineficiencia en los procesos, se han convertido en una constante permanente de los proyectos que termina ofreciendo el estado. Por otro lado, el rechazo por parte de la comunidad y los usuarios ante las soluciones propuestas, genera un impacto social de grandes proporciones, que termina agudizando el problema existente. Este artículo pretende describir la forma como se elaboró una propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad a partir de indicadores de línea base para proyectos VIS en Medellín. En la propuesta se definieron los ejes temáticos, variables e indicadores de sostenibilidad aplicables a proyectos VIS; y con base en la información revisada, se eligieron dos zonas de la ciudad de Medellín (Comunas 6 y 8) para realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología; lo anterior, para poder cuantificar los indicadores mencionados e identificar variables claves en la búsqueda de la sostenibilidad en la VIS y así lograr actualizar las bases de datos existentes y poder hacer una representación gráfica y espacial mediante SIG.

Palabras clave: sostenibilidad, vivienda de interés social, indicadores, construcción sostenible.

1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático, el uso indiscriminado de los recursos naturales, la contaminación y las actividades económicas son temas preocupantes y generadores de innumerables retos para el siglo XXI (Mourao & Pedro, 2007). Estos problemas han llevado al sector de la construcción a ejecutar nuevos proyectos sostenibles y amigables con el medio ambiente. Por lo tanto es necesario diseñar y planear edificaciones enfocadas hacia una nueva dirección, con el fin de revertir esas condiciones negativas y así reconfigurar las actividades de una manera sostenible, articulando los componente social, económico y ambiental (Halliday, 2009).

Debido a lo anterior y sabiendo que la vivienda más que una necesidad es un derecho, es necesario empezar a diseñar y construir espacios habitables, energéticamente eficientes y coherentes con lo que el medio ambiente exige hoy, disminuyendo los costos de funcionamiento durante su ciclo de vida y el uso de recursos naturales. Generalmente cambiar el método de construcción tradicional a uno sostenible incrementa el costo del proyecto brindando la posibilidad de recuperarla en el tiempo (Coimbra & Almeida, 2013).

Colombia actualmente está viviendo una transformación muy notable en casi todas las actividades que se desarrollan en el país, en especial la construcción, ya que todas las propuestas actuales se están llevando a un enfoque sostenible, además de luchar por garantizar una vivienda digna y segura a todos los estratos socio económicos.

Actualmente la demanda de vivienda para los estratos bajos se ha incrementado, debido a circunstancias de orden político, social y económico; dando origen al término de Vivienda de Interés social –VIS-, la cual se entiende como “aquella que se desarrolla para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos” (MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, 2013).

El Acuerdo Municipal 46 “Plan De Ordenamiento Territorial de Medellín” habla de un déficit de 47.000 hogares sin viviendas, a las que se deben sumar, las viviendas actualmente localizadas en zonas de alto riesgo, aproximadamente 25.000 viviendas; llegando a una cifra aproximada de 72.000 viviendas, las cuales se encuentran principalmente ubicadas en los estratos 1 y 2, sin que se deba desconocer que también dicho déficit abarca hasta los estratos 3 y 4. Las anteriores cifras no contemplan el déficit cualitativo que se refiere a las condiciones precarias del entorno, calidad de la vivienda y la tenencia, esta última variable corresponde a una cifra de 109.561 viviendas sin título, según el subprograma de legalización integral de predios, estas viviendas se ubican básicamente en los estratos 1 y 2. Estos datos justifican el hecho de que el Plan de Ordenamiento haya propuesto como acción estratégica, utilizar los pocos espacios de desarrollo y expansión urbana disponibles, principalmente para usos residenciales, aparte de las políticas

asociadas al crecimiento hacia adentro también dirigidas a realizar aportes al déficit de vivienda en diferentes estratos (Ríos García & Restrepo Velásquez, 2011).

Como respuesta a lo anterior se propone un trabajo de investigación en donde el reto principal es elaborar una propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad a partir de indicadores de línea base para proyectos VIS en Medellín y poder hacer una representación gráfica y espacial mediante SIG, de manera que se puedan comparar dos zonas de la ciudad y determinar cuál de éstas es la más viable desde el punto de vista de la sostenibilidad.

2 METODOLOGÍA

El método de investigación que se empleó fue el empírico analítico, en la cual se pretendieron combinar análisis cualitativos y cuantitativos de las diferentes dimensiones y variables, que permitieran caracterizar y tipificar la realidad presente en la vivienda de interés social en la ciudad de Medellín, tomando como caso de estudio dos zonas de la ciudad de Medellín (Comuna 6 y 8) con el fin de que a partir de dicha comprensión se pudiera proyectar una nueva forma de intervenir la VIS en Medellín.

El proyecto se desarrolló a través de cuatro etapas que se describen a continuación:

- *Etapa 1. Definición de los ejes temáticos, variables e indicadores construidos en la línea base.*
Durante esta etapa se llevó a cabo un taller con expertos, de los temas indicadores, arquitectura bioclimática, materiales y medio ambiente, con el fin de afinar, la propuesta estructural de línea base. A partir de lo anterior se llevó a cabo el análisis de la información existente en las comunas 6 y 8, para adaptar el sistema de indicadores a la misma. Y finalmente se hizo el diseño de la propuesta metodológica para la evaluación de sostenibilidad a partir de la línea base de VIS.
- *Etapa 2. Aplicación de la metodología diseñada para la zona de estudio definida.*
En esta etapa se hizo la recolección de información primaria y secundaria, y se llevó a cabo la sistematización de la misma y así aplicar la metodología y poder validarla a partir de los resultados obtenidos tanto para la Comuna 6 como para la Comuna 8.
- *Etapa 3. Análisis comparativo de los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología.*
A partir de la información recolectada y la aplicación de la metodología se elaboró una matriz con la síntesis del análisis comparativo entre las dos zonas de estudio seleccionadas, se llevó a cabo la sistematización de la información recogida mediante herramientas gráficas y espaciales SIG, para finalmente hacer unas recomendaciones a la estructura de indicadores propuesta como la definición de factores claves y áreas críticas desde el punto de vista de la sostenibilidad y la vivienda social en la ciudad de Medellín.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El propósito fundamental de este trabajo fue elaborar una propuesta de indicadores de línea base aplicable al proyecto de investigación. Esta propuesta se desarrolló para dos zonas de la ciudad (Ver Figura 1) para las cuales se aplicaron los indicadores propuestos.

La palabra indicador (Giraldo, 1999) viene del verbo latín *indicare*, que significa mostrar, anunciar, estimar o asignar un precio. Los indicadores son parámetros (una medida o propiedad observada), o algunos valores derivados de los parámetros (modelos), que proporcionan información sobre el estado actual de los ecosistemas, así como patrones o tendencias (cambios) en el estado del medio ambiente, en las actividades humanas que afectan o están afectadas por el ambiente, o sobre las relaciones entre tales variables.

Se dice que la OCDE 1993, estableció en el esquema PER (Presión – Estado – Respuesta), una lógica de causalidad: las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente (Presión) y cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales (Estado); así mismo, la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (Respuestas). Es importante señalar que para el caso del proyecto de investigación se dio una combinación de los diferentes tipos de indicadores; ya que estos se orientan a una temática de sostenibilidad ambiental de la VIS y la mayoría de estos fueron propuestos por el equipo de investigación.

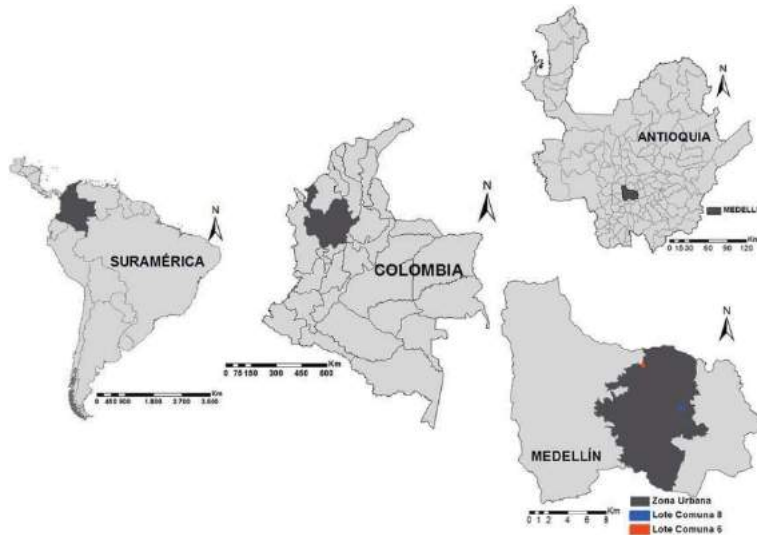


Figura 1. Ubicación de las zonas de Medellín para el desarrollo del proyecto

Para la unificación de criterios se realizaron reuniones con el equipo investigador y se definió el listado de indicadores; además de:

- Propuesta de ejes, temas, subtemas, indicador.
- Pertinencia del indicador en relación con la investigación.
- Disponibilidad de información a nivel de bases de datos numéricas y geográficas

En la Tabla 1 se presentan los ejes, temas y subtemas propuestos:

Tabla 1. Propuesta de Ejes, Temas, Subtemas e Indicadores propuestos

EJE	TEMA	SUBTEMA	INDICADOR	
Selección del sitio o emplazamiento	Territorio	Amenaza - Riesgo	Porcentaje del lote en amenaza y riesgo	
		Protección	Porcentaje del lote en protección o restricción	
		Áreas del POT para VIS Normativo (norma aplicable a clasificación del suelo)	Área en tipo de lote POT seleccionado	
	Movilidad	Accesible	Sist. Transporte	Porcentaje de Tipo de accesibilidad
			Sist. Vial	Porcentaje de Tipo de sistemas de transporte
				Grado de conectividad con el sistema vial
	Entorno construido	Equipamiento		Cercanía a tipos de equipamientos
			Espacio público	Cercanía a Espacios Públicos (Efectivos y No efectivos)
	Servicios públicos		Energía	Valor de cercanía y calidad a Energía
			Acueducto	Valor de cercanía y calidad a Acueducto
Alcantarillado			Valor de cercanía y calidad a Alcantarillado	
Residuos sólidos			Valor de cercanía y calidad a Residuos sólidos	

EJE	TEMA	SUBTEMA	INDICADOR
	Bioclimática	Asoleamiento	Porcentaje de orientación favorable respecto al Asoleamiento
		Ventilación	Porcentaje de orientación favorable respecto al Viento
			Porcentaje de lote en relación con la calidad de aire
Uso racional del agua	Eficiencia/Consumo	Instalación adecuada	Porcentaje de instalaciones adecuadas para el consumo
		Uso racional del recurso	Rango de módulo de uso racional del recurso
		Tecnologías alternativas	Porcentaje de uso de tecnologías alternativas para el consumo
Materiales	Obtención y características	Origen	Origen de materiales para las viviendas
		Transporte	Análisis de distancia al origen de los materiales utilizados para la vivienda
		Durabilidad	Transporte de materiales
		Sencillez compositiva	Durabilidad
	Uso y disposición	Tipo de material	Porcentaje de sencillez compositiva
		Comportamiento bioclimático	Características de los Tipos de materiales
		Comportamiento ergonómico	Comportamiento bioclimático
		Disposición de desecho	Comportamiento ergonómico
			Distancia a sitios de disposición de desechos

Empleando el SIG, se realizó un análisis comparativo para la condición sin proyecto que permitió evaluar la condición de sostenibilidad desde cada uno de los ejes temáticos, en las dos comunas seleccionadas como caso de estudio.

A continuación se presentan los análisis e imágenes correspondientes a los procesos comparativos realizados en cada uno de los temas propuestos por su vinculación con la sostenibilidad ambiental de la VIS.

3.1 Análisis Tema Territorio

En este tema el lote que presenta mejores condiciones para albergar proyectos VISS, corresponde al lote seleccionado en la comuna 6 (Doce de Octubre), dado que presenta una mejor adecuabilidad en aspectos tales como: una mayor presencia de zonas sin amenazas por fenómenos naturales como los movimientos de masa y avenidas torrenciales al igual que zonas en riesgo que puedan afectar a la población, que alcanzan casi el 20% del área total del predio, además del aspecto de aptitud por uso del suelo y densidad de viviendas por hectárea en el cual la alternativa ganadora presenta una totalidad del 100% en condición Alta, mientras que en el lote ubicado en la comuna 8 (Villa Hermosa) no se cuenta con áreas con esta favorabilidad en estos dos indicadores que acumulan los mayores porcentajes de su respectiva temática. No obstante, en el aspecto de zonas de protección, el lote de la comuna 6 presenta cerca de un 8% más en áreas de protección que su homólogo de la comuna 8. Respecto al indicador correspondiente a las áreas disponibles en el POT para la ejecución de proyectos VIS y de instrumentos de planificación urbana como Planes Parciales, ambos lotes seleccionados se encuentran en la misma condición, ya que no se encuentran en zonas destinadas para tales fines.

Los resultados de la ponderación y del análisis espacial de los indicadores correspondientes al tema del territorio se ilustran y resumen en la Figura 2 y la . Tabla 2, donde se puede apreciar la mayor favorabilidad del lote de la comuna 6 que llega a alcanzar una categoría media alta del orden del 26% de su extensión, que el lote de la comuna 8 ni siquiera llega a tener situándose en su totalidad (100%) en categoría media.

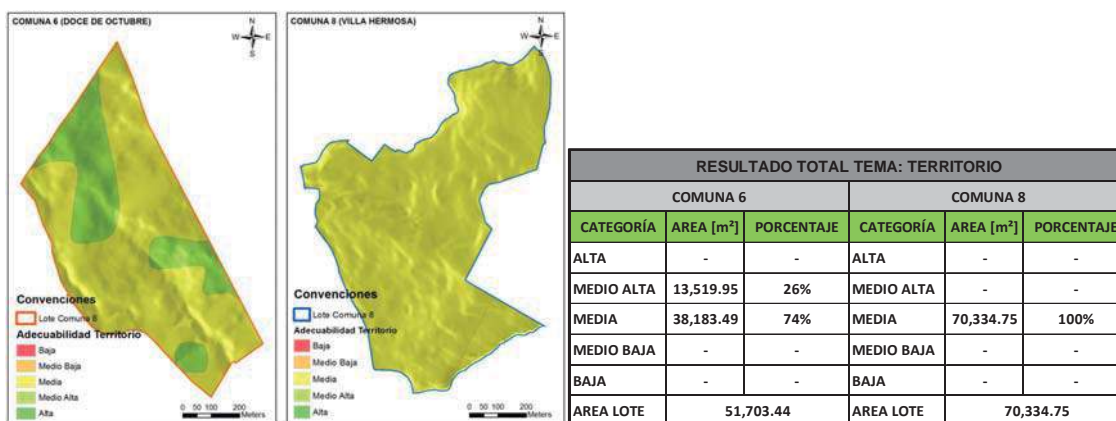


Figura 2. Resultados gráficos del análisis espacial para el tema territorio. Tabla 2. Resultados numéricos del análisis espacial para el tema territorio

3.2 Análisis Tema Movilidad

En este tema el lote que presenta mejores condiciones para albergar proyectos VISS, corresponde al lote seleccionado en la comuna 6 (Doce de Octubre), dado que presenta una mejor adecuabilidad en aspectos como la cobertura por diversos sistemas de transporte masivo y en la conectividad con el sistema vial urbano, que en definitiva coadyuvan con la movilidad y accesibilidad desde y hacia el lote seleccionado, integrando la población con las diferentes dinámicas urbanas y los equipamientos que las soportan. Dado que la accesibilidad a través de medios peatonales y mecánicos es la misma para ambos casos de estudio, es evidente que la diferencia se centra en la cobertura por diversos sistemas de transporte masivo considerados (Metro, Metroplús, Metrocable y Rutas SIT), aspecto en el cual, el lote de la comuna 6 tiene un porcentaje casi del 92% en un grado de cobertura Media mientras que su homóloga de la comuna 8 ni siquiera alcanza dicha categoría. El análisis efectuado considera la condición más desfavorable en cuanto a la accesibilidad o desplazamiento de una persona, y corresponde a realizarlo en terreno pendiente.

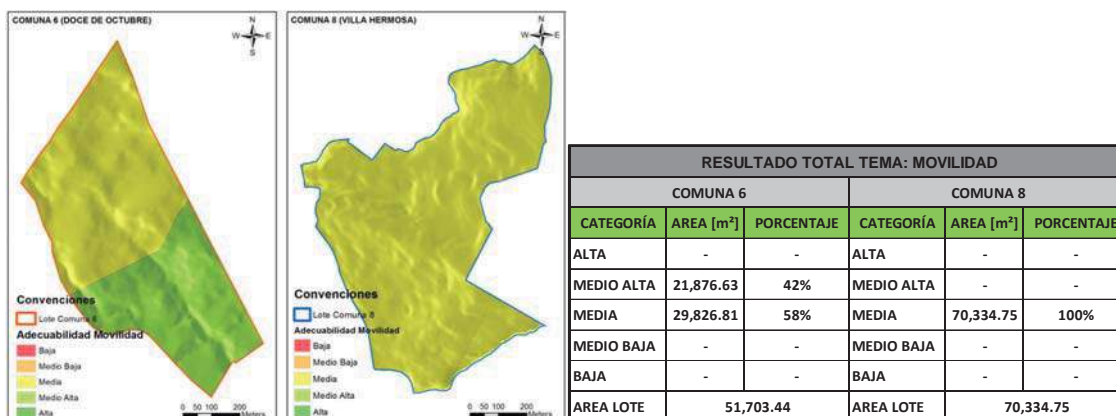


Figura 3. Resultados gráficos del análisis espacial para el tema movilidad. Tabla 3. Resultados numéricos del análisis espacial para el tema movilidad

Los resultados de la ponderación y del análisis espacial de los indicadores correspondientes al tema movilidad se ilustran y resumen en la Figura 3 la Tabla 3, donde se puede apreciar la mayor favorabilidad del lote de la comuna 6 que llega a alcanzar una categoría media alta del orden del 42%, que el lote de la comuna 8 ni siquiera llega a tener situándose en su totalidad (100%) en categoría media.

3.3 Análisis Tema Entorno Construido

En este tema la alternativa que presenta mejores condiciones para albergar proyectos VISS corresponde al lote seleccionado en la comuna 8 (Villa Hermosa). En este ítem de evaluación, la alternativa ganadora presenta una mejor adecuabilidad en la cercanía a los equipamientos urbanos destinados para la educación, la recreación, el deporte, la salud, centros culturales, comunitarios, de culto, de seguridad, entre otros, en la cual le saca casi un 17% de ventaja en la categoría Media Alta al otro lote evaluado, y es donde se genera la diferencia entre ambas opciones, dado que en el aspecto de cercanía a espacio público ambas alternativas son desfavorables. El análisis efectuado considera la condición más desfavorable en cuanto al desplazamiento de una persona por terrenos de alta pendiente.

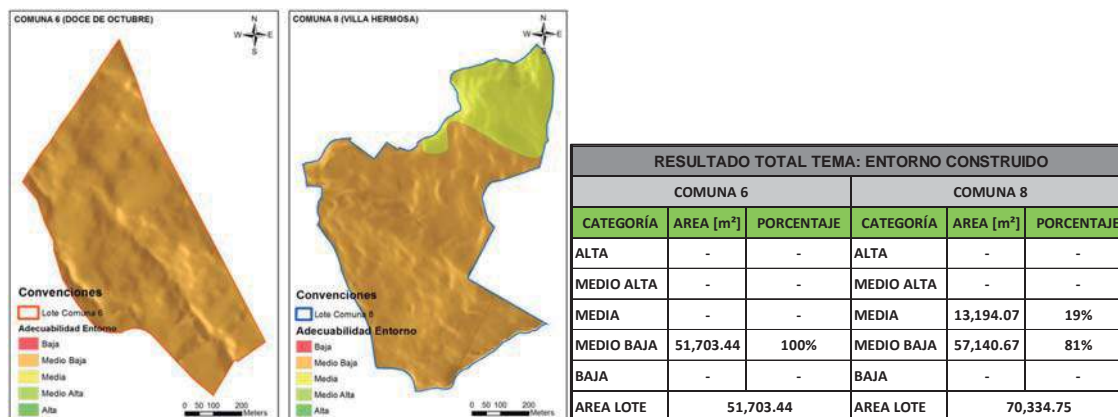


Figura 4. Resultados gráficos del análisis espacial para el tema entorno construido. Tabla 4. Resultados numéricos del análisis espacial para el tema entorno construido.

Los resultados de la ponderación y del análisis espacial de los indicadores correspondientes al tema entorno construido se ilustran y resumen en la Figura 4 y a Tabla 4, donde se puede apreciar la mayor favorabilidad del lote de la comuna 8 que llega a alcanzar una categoría media del orden del 19%, que el lote de la comuna 6 ni siquiera llega a tener situándose en su totalidad (100%) en categoría medio baja.

3.4 Análisis Tema Servicios Públicos

En este tema la alternativa vencedora y por un amplio margen corresponde al lote seleccionado en la comuna 6 (Doce de Octubre), por lo cual presenta mejores condiciones para albergar proyectos VISS. Aproximadamente un 75% del área total del lote de la comuna 8 carece de cobertura y por ende calidad en la prestación de servicios públicos domiciliarios como la facilidad y acceso a la energía, el acueducto, el alcantarillado, y el servicio de recolección de residuos sólidos, mientras que la opción ganadora casi en un 100% dispone de facilidad y acceso a la conexión de los servicios mencionados. En este ítem, dada la falta de información referente a la calidad en la prestación de los diferentes servicios, se asumió una calidad Media para ambas alternativas.

Los resultados de la ponderación y del análisis espacial de los indicadores correspondientes al tema servicios públicos se ilustran y resumen en la Figura 5 y la Tabla 5, donde se puede apreciar la mayor favorabilidad del lote de la comuna 6 que tiene una categoría media alta en su totalidad (100%), que contrasta con el 62% en categoría baja que se obtiene en lote de la comuna 8.

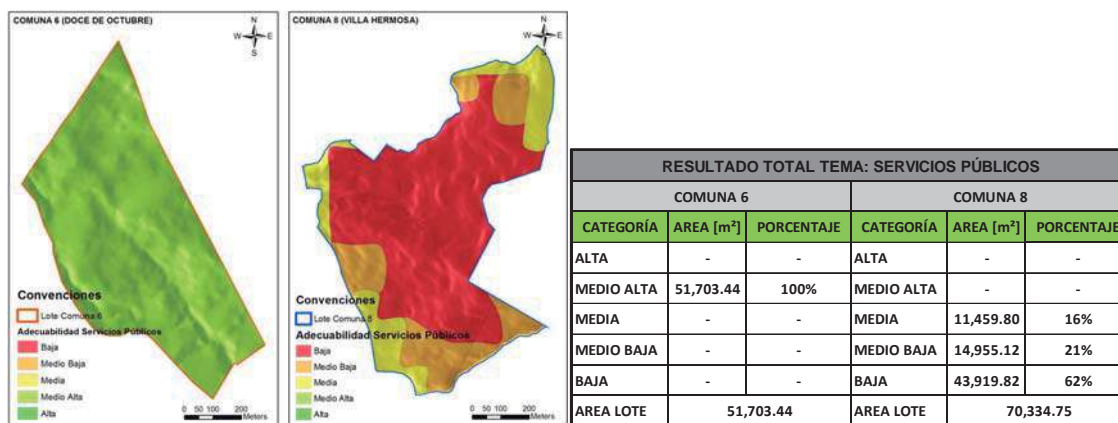


Figura 5. Resultados gráficos del análisis espacial para el tema servicios públicos. Tabla 5. Resultados numéricos del análisis espacial para el tema servicios públicos.

3.5 Análisis Tema Bioclimática

En este tema la alternativa que presenta mejores condiciones para albergar proyectos VISS corresponde al lote seleccionado en la comuna 8 (Villa Hermosa), dado que las condiciones externas de la zona de emplazamiento que están asociadas con el confort interior de las futuras viviendas, como la iluminación y la ventilación, que a su vez está ligada con la calidad del aire, presenta una mejor favorabilidad. Dado que el factor de asoleamiento es quien tiene mayor incidencia en el tema, es claro que el 12% de ventaja en favorabilidad que le saca el lote de la comuna 8 al lote de la comuna 6, hace que se incline la balanza por la alternativa ganadora mencionada, no obstante, cabe resaltar que a pesar de que en el tema de la ventilación pasiva, la opción que presenta mejores condiciones corresponde a la comuna 6, no es quien presenta mejores de calidad de aire, puesto que las mediciones atmosféricas asociadas a la medición de calidad en temas de emisiones y material particulado son más favorables en Villa Hermosa (25% en la categoría Alta), parámetro que en definitiva inclina la adecuabilidad hacia el lote de la comuna 8. Análisis Eje Selección del sitio o Emplazamiento.

Los resultados de la ponderación y del análisis espacial de los indicadores correspondientes al tema bioclimática se ilustran y resumen en la Figura 6 y la Tabla 6, donde se puede apreciar la mayor favorabilidad del lote de la comuna 8 que inclina la balanza a su favor debido al 10% adicional que posee en categoría media alta respecto al lote homólogo de la comuna 6, puesto que en las demás categorías ambas alternativas no se sacan grandes diferencias.

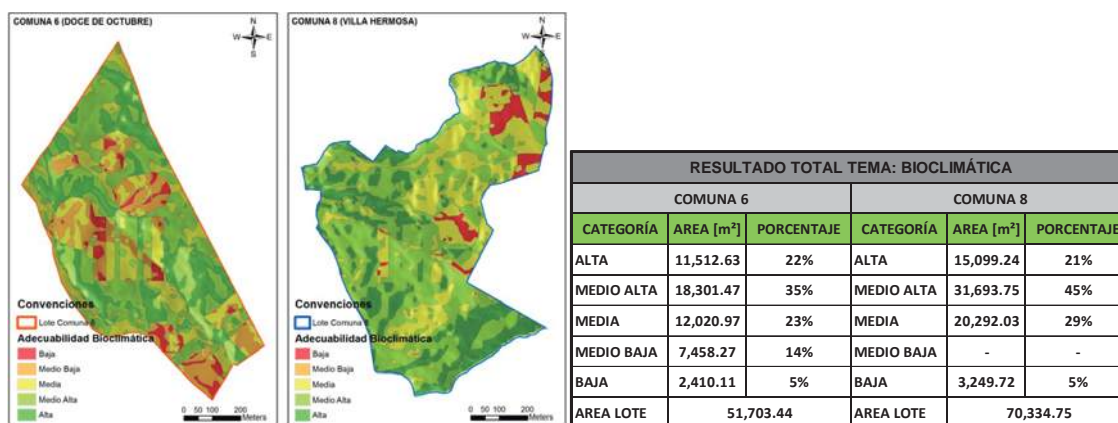


Figura 6. Resultados gráficos del análisis espacial para el tema bioclimática. Tabla 6. Resultados numéricos del análisis espacial para el tema bioclimática

3.6 Análisis Eje temático Emplazamiento

Una vez ponderados todos los indicadores de esta condición sin proyecto de acuerdo a los porcentajes dados en la matriz, la opción que presenta mejores condiciones para albergar proyectos VISS de acuerdo a todos los temas e indicadores evaluados, corresponde al lote seleccionado en la comuna 6 (Doce de Octubre), dado que cuenta con un porcentaje del orden de 77% en la condición de favorabilidad Media Alta, mientras que la otra alternativa ni siquiera alcanza dicha categoría y se sitúa predominantemente en una favorabilidad Media.

Los resultados de la ponderación y del análisis espacial de los temas correspondientes al eje selección del sitio o emplazamiento se ilustran y resumen en la Figura 7 y la Tabla 7.

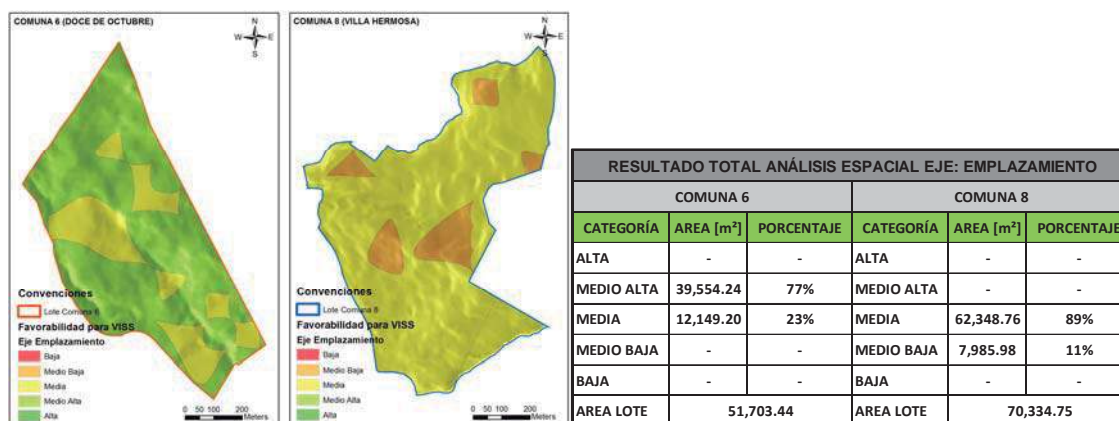


Figura 7. Imágenes para el análisis de selección del sitio o emplazamiento. Comunas 6 y 8. Tabla 7. Resultados numéricos del análisis espacial para el eje selección del sitio o emplazamiento

4 CONCLUSIONES

Es pertinente contar con una información cartográfica de las variables que componen los indicadores lo más completa y actualizada posible. Esto se debe al hecho en el que al contar con cartografía parcial, se consideran ciertas zonas de borde que pueden enmascarar los resultados y generar zonas de desfavorabilidad en los indicadores que no se presentarían considerando una cartografía con la extensión total de la zona de estudio.

Dado que como resultado de los análisis espaciales es posible que dentro de un mismo lote existan zonas favorables y desfavorables, es preciso incorporar dentro de la metodología un criterio de selección en función del porcentaje de zonas favorables, tanto numéricamente como desde el punto de vista de la distribución espacial de dichas zonas, dado que puede presentarse el caso en el cual una alternativa de lote presente mejores condiciones de favorabilidad para albergar proyectos VISS por un alto porcentaje de zonas favorables, pero éstas pueden estar diseminadas espacialmente, por lo cual no es factible contar con zonas de homogeneidad para centralizar la ejecución y construcción del proyecto VISS.

Dentro de la metodología es preciso incorporar variables como el índice de ocupación y el índice de construcción que está reglamentado en las zonas de análisis, dado que pueden ser factores importantes para la selección de la mejor alternativa.

Cabe anotar que para el tema bioclimática, solo se considera el análisis exterior, relacionado con el emplazamiento del predio, pero como el análisis se realiza sin proyecto, requiere ser verificada la información cuando se aplique a circunstancia pro proyecto que consideren además del análisis exterior, el análisis interior de la propuesta arquitectónica.

Los subtemas que mayor peso presentan como aporte a la sostenibilidad en la vivienda social en Medellín, son: entorno construido, movilidad y amenazas y riesgo

BIBLIOGRAFÍA

Coimbra, J., & Almeida, M. (2013). Challenges and benefits of building sustainable cooperative housing. *Building and Environment* , 9-17.

Giraldo, J. (1999). *Videoconferencia Indicadores*. Medellín.

Halliday, S. (2009). Sustainable construction. (1st ed.) *Butterworth-Heinemann*.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. (2013). *DECRETO NÚMERO 0075*. República de Colombia.

Mourao, J., & Pedro, J. (2007). Sustainable housing: from consensual guidelines to broader challenges, in Portugal SB 07 sustainable construction, materials and practices. Amsterdam: IOS Press.

Ríos García, A. C., & Restrepo Velásquez, C. M. (2011). Alternativa de crédito para adquisición de vivienda de interés social en el Municipio de Medellín. Medellín.

Conforto acústico em quartos de internação: Efeitos na saúde de seus usuários

Fernanda Marx de Andrade

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

fernandamarx@ufrj.br

ABSTRACT: Healthcare settings are complex objects that need to convey the feeling of relief and healing for their occupants. These buildings shelter dynamic and stressful activities therefore the environmental factors that define the comfort conditions in these spaces have a great importance during the development of the architectural design. In these environments is critical to understand the perception of space by its users, considering that the built environment may constitute a therapeutic instrument that is able to contribute to the well-being of its occupants and support patients recovery. The following paper intend to analyse the acoustic comfort, physical aspect of greater complexity of the built environment (Schmid, 2005), in patient rooms of general hospitals, highlighting the importance of this aspect in these functional units, indicating the most common problems that affect users by excessive exposure to noise and giving recommendations for achieve the proper acoustics comfort for these spaces.

Keywords: acoustic comfort, healthcare design, hospital architecture, patient rooms.

RESUMO: Estabelecimentos de assistência à saúde (EAS) são objetos complexos que fazem parte das obras arquitetônicas que mais necessitam transmitir a sensação de alívio e cura para seus usuários. Por serem ambientes que abrigam atividades dinâmicas e estressantes, os fatores ambientais que definem as condições de conforto nesses espaços assumem um papel de grande importância durante o desenvolvimento do projeto arquitetônico. Nesses ambientes é fundamental entender a percepção do espaço pelos usuários, o ambiente construído pode tornar-se um instrumento terapêutico ao contribuir para o bem-estar dos ocupantes e auxiliar na recuperação dos pacientes. O seguinte artigo buscou analisar o conforto acústico, aspecto físico de maior complexidade do ambiente construído (Schmid, 2005), em quartos de internação de hospitais gerais, destacando a importância desse aspecto nessas unidades funcionais, apontando os problemas mais comuns que afetam os usuários pela exposição excessiva a ruídos e apresentando recomendações para que se alcance a acústica adequada.

Palavras-chave: conforto acústico, ambientes de saúde, arquitetura hospitalar, quartos de internação.

1 INTRODUÇÃO

O ambiente físico possui grande influência e impacto na qualidade de vida do ser humano. Por ser um ambiente dinâmico que abriga usuários com algum grau de sofrimento físico e/ou psíquico, é necessário que em estabelecimentos de assistência à saúde (EAS) essa relação entre homem versus ambiente construído seja analisada de forma cuidadosa. É importante reconhecer esses estabelecimentos não como espaços de concentração de doenças, mas como ambientes de cura, afinal a cura é o objetivo principal dos ambientes de saúde e o espaço físico possui a capacidade de colaborar de forma significativa nesse processo. Assim sendo, a arquitetura deve ser tratada como um elemento de suporte para o processo de recuperação dos pacientes e contribuição psicológica para os usuários em geral.

A saúde, nos termos atuais, possui um significado muito abrangente que está intimamente relacionado às premissas de qualidade de vida. Segundo a Organização Mundial da Saúde (1946), “A saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não consiste

apenas na ausência de doença ou de enfermidade”, ou seja, o conceito de saúde transcende à ausência de doenças e afecções.

A acústica é provavelmente o aspecto físico de maior complexidade do ambiente construído (Schmid, 2005). Nesse caso, o conforto acústico é de extrema importância, pois será um dos aspectos do conforto ambiental que servirá de suporte para transmitir a sensação de segurança, privacidade, bem-estar e cura dos usuários. Para que os níveis de conforto acústico ideais sejam alcançados é necessário que haja um controle maior dos ruídos que afetam os indivíduos dentro dos ambientes de saúde.

Em termos físicos não existe diferença entre som e ruído. A definição de ruído varia de acordo com o contexto. O ruído pode ser caracterizado pelo sinal acústico indesejado e/ou inoportuno, um som cujas frequências diferem entre si e que possui a capacidade de provocar danos no sistema auditivo. Em muitos casos o ruído é a fonte permanente de estresse físico e emocional dos funcionários, o que também favorece a ocorrência de acidentes, podendo interferir na qualidade dos diagnósticos. Além de afetar os próprios pacientes, aumentando a percepção de dor, gerando confusão, desorientação, contribuindo para a deprecação do sono, sensação de insegurança e falta de privacidade (Schwitzer et al., 2004).

“Os ruídos estão sempre presentes em áreas tanto públicas como privadas da sociedade contemporânea e, cada vez mais, são vistos como uma grande preocupação em termos de saúde pública” (Keeler & Burke, 2009).

Optou-se pela análise do quarto de internação por ser um setor relevante funcionalmente e economicamente para a edificação hospitalar como um todo. O controle da sensação de conforto nesse espaço é imprescindível. No quarto de internação o indivíduo passa para a condição de paciente e rompe com a vida habitual, devendo adaptar-se a um novo ambiente na qual não possui autonomia e liberdade. É também a unidade funcional dentro do hospital em que o paciente, ainda fragilizado e em processo de recuperação, permanece, na maioria dos casos, por um período de tempo maior.

“Internado, o paciente sofre uma ruptura com seu cotidiano, desencadeadora de “falta de existência”, como se ele ficasse subitamente em déficit com o mundo: separa-se da família, da residência, do bairro, do trabalho, (...) e começa a experimentar um constante desfazer de suas certezas e identidades; (...) deixa de ter direitos sobre o próprio corpo e se vê separado, de modo abrupto, da vida que, dia a dia, construía e reconstruía sua identidade” (Sant’Anna, 2000).

2 OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo identificar e analisar a relação entre o aspecto físico do ambiente do quarto de internação em hospitais gerais - com foco no conforto acústico - e a saúde do usuário.

3 FONTES DE RUÍDO EM QUARTOS DE INTERNAÇÃO

Quartos de internação em hospitais, em geral, possuem condições ruidosas. É importante ressaltar que nesses estabelecimentos os usuários encontram-se em um estado frágil e estão mais suscetíveis a influências externas, portanto o cuidado com o conforto acústico é de extrema importância. Por maior complexidade que possa ser exigida, é necessário que as recomendações estabelecidas pelas normas técnicas de níveis de ruídos sejam adotadas. A norma NBR 10152 que aborda a questão dos níveis de ruído para conforto acústico, apresenta uma tabela de recomendação de conforto acústico em ambientes hospitalares, onde o valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. A associação brasileira de normas técnicas recomenda que os quartos de internação devam possuir níveis de ruídos para o conforto entre 30-40dB(A) e níveis aceitáveis entre 35-45dB(A). Como parâmetro mundial é possível basear-se nas diretrizes

geradas pela Organização Mundial da Saúde para quartos de internação que estabelece o valor médio de ruído de fundo contínuo de 35dB(A) durante o dia e de 30dB(A) durante a noite, com picos que não ultrapassem 40dB(A) no período noturno (Joseph & Ulrich, 2007). É importante ressaltar que mesmo estando dentro dos padrões estabelecidos pelas normas, o ruído ainda pode gerar desconfortos e problemas de saúde para os indivíduos. A qualidade do ambiente interno é um ponto crucial para o processo de cura do paciente, sua percepção pode abalar o psíquico dos usuários em geral.

Muitos hospitais estão localizados em áreas expostas a fontes de ruídos externos – ou seja, próximos a grandes avenidas, aeroportos, centros urbanos, entre outros - essa proximidade afeta o edifício como um todo, podendo, conseqüentemente, afetar também os quartos de internação. Em alguns casos as próprias aberturas dos quartos trazem ruídos provindos do exterior.

O ambiente interno do próprio quarto de internação abriga fontes de ruído constante, através de equipamentos tecnológicos e componentes situacionais que variam dependendo do tratamento necessário. O comportamento da própria equipe médica, funcionários e visitas podem ser fontes de sons indesejados, como por exemplo, através de conversas paralelas e uso de aparelhos celulares. Em muitos casos os quartos estão localizados próximos a outras unidades funcionais ruidosas, problema que deveria ser evitado ainda na concepção do projeto hospitalar. Assim como a configuração do espaço interno e seu mobiliário que também podem colaborar para uma maior reverberação do som.

Os quartos nem sempre são individuais e além da presença da equipe médica e de visitas particulares, ainda pode contar com outros leitos que compartilham o mesmo ambiente, muitas vezes separados apenas por uma cortina, o que desfavorece o conforto acústico no local e não garante a privacidade de cada paciente. Além da questão da privacidade, estudos indicam que os quartos individuais auxiliam na redução de infecções, diminuem o estresse do paciente e ainda melhoram a qualidade do seu sono, ou seja, transformam o ambiente em um grande aliado na recuperação do paciente, diminuindo as taxas de permanência dentro dos hospitais. Os quartos individuais para pacientes são vistos como um elemento importante dos cuidados de saúde de alta qualidade, principalmente dentro do conceito de quarto universal, onde em um mesmo ambiente o paciente pode receber os diferentes cuidados necessários, sem ter que ser removido para outra unidade funcional.

4 PROBLEMAS DE SAÚDE GERADOS PELA EXPOSIÇÃO EXCESSIVA A RUÍDOS

Não é apenas a sensação de conforto e bem-estar que é afetada através da exposição excessiva a ruídos, algumas doenças também podem ser desencadeadas por meio dessa exposição. As doenças geradas por esse contato excessivo variam dependendo do nível de pressão sonora, do tipo - se contínuo, intermitente ou de impacto - do tempo de exposição e da frequência de sons que compõem o ruído em análise a qual se está exposto. O ambiente hospitalar pode permitir riscos especiais à saúde devido à idade e condição do paciente, bem como aos que estão recebendo tratamentos especiais. As informações a seguir fazem parte do Green Building Briefing Paper e foram retiradas do livro “Projeto de Edificações Sustentáveis”, onde são listados os problemas de saúde reconhecidos por serem gerados através desse contato:

- distúrbios neuropsicológicos;
- dores de cabeça;
- fadiga;
- estresse;
- insônia e distúrbios do sono;
- efeitos no humor: irritabilidade e neuroses;
- doenças cardíacas e distúrbios no sistema cardiovascular;
- hipertensão e hipotensão;

- desordens digestivas, úlceras, colites;
- desordens endócrinas e bioquímicas;
- taxas cardíacas e de respiração mais altas;
- perda de audição;
- alteração da visão;
- problemas cognitivos (incluindo dificuldades de aprendizado nas crianças) e distúrbios de comportamento.

Deve-se ressaltar que não é apenas a saúde do paciente que pode ser afetada, mas também a dos próprios funcionários que, muitas vezes, estão expostos a ruídos durante momentos em que devem realizar tarefas de extrema importância onde foco e atenção são exigidos. Dentre os problemas que podem afetar os funcionários que trabalham em ambientes ruidosos, podemos citar o estresse induzido pelo ruído, exaustão emocional, aumento da fadiga e a síndrome de burnout - ou síndrome do esgotamento profissional - que são fatores de risco para a ocorrência de erros médicos (Joseph & Ulrich, 2007).

5 RECOMENDAÇÕES PARA O ALCANCE DO CONFORTO ACÚSTICO ADEQUADO

Existem diversas maneiras para a criação de um ambiente acusticamente adequado. As recomendações a seguir foram baseadas em um estudo bibliográfico e foram listadas por serem consideradas soluções ideais para um projeto de ambiente de saúde.

5.1 Terreno, implantação e paisagem

As questões relacionadas à acústica podem ser adaptadas após a construção, porém é recomendado que sejam realizadas ainda no período da concepção do projeto hospitalar. Adaptações e reformas podem exigir soluções complexas e dispendiosas.

O terreno é o primeiro aspecto que deve ser levado em consideração na concepção do projeto hospitalar. Em muitos casos a própria localização do edifício gera um forte impacto sobre a acústica nos serviços de saúde, fontes de ruído externo podem afetar significativamente os níveis de ruído no interior. É importante levar em consideração todas as fontes de ruído externo, tanto as existentes quanto futuras, como por exemplo, rodovias e aeroportos. Para que essa avaliação seja coerente é necessário que sejam realizadas medições no terreno, ainda na fase de concepção do projeto, desse modo alguns ruídos poderão ser mascarados no desenvolvimento do projeto. É aconselhado que o ruído externo mantenha-se a uma média de 50dB(A), para que esse nível de ruído seja alcançado existem métodos, como o de barreira acústica, que podem estabelecer menores níveis de ruído.

A utilização de soluções paisagísticas com a implantação de vegetação é uma diferente alternativa que pode ser implantada ainda no processo do desenvolvimento do projeto. Soluções paisagísticas podem funcionar como uma medida para amenizar o som do tráfego externo, porém, dependendo da sua densidade, a arborização não é a barreira ideal contra o ruído, podendo em alguns casos não funcionar adequadamente. A presença de vegetação em ambientes de saúde é uma das características da humanização - modelo de assistência médica focado na necessidade de autonomia e qualidade de vida do paciente - tópico que vem sendo bastante discutido por profissionais da área de arquitetura hospitalar atualmente e que visa melhores condições em espaços de saúde.



Figura 1. Le nouvel hôpital d'Orléans (Fonte: <http://www.chr-orleans.fr/chr-orleans/iconographie>)

O novo hospital de Orléans (Le nouvel hôpital d'Orléans) é um projeto em andamento, localizado em uma região periférica da França, sua conclusão é prevista para 2015. É possível observar nas Figura 1 que a concepção do seguinte projeto é de um grande jardim urbano de livre acesso à população e utiliza a vegetação para estabelecer limites entre o público e o privado, funcionando como “filtros” de proteção. Sua proposta projetual trabalha o edifício integrado no plano urbano previsto para a região, estabelecendo um diálogo com seu entorno construído e natural, buscando preservar a história do lugar e tirando partido da vegetação das áreas externas em benefício do próprio edifício.

5.2 Projeto hospitalar

A etapa de concepção do projeto é essencial para que se obtenha uma acústica adequada. O planejamento arquitetônico deve ser uma alternativa capaz de atender as funções determinadas pelo setor, além de contribuir para o desempenho terapêutico do próprio usuário. Após a escolha do terreno e de todo o estudo envolvendo a implantação e o ruído exterior, é necessário que seja realizada uma análise dos ruídos provindos das próprias unidades funcionais.

Ao planejar a construção ou reforma de um determinado estabelecimento de saúde é necessário que haja um cuidado especial para não causar nenhum problema ao ambiente interno, como contaminação por proximidade entre áreas funcionais ou por fluxo de materiais contaminados. A setorização é uma etapa de grande importância para o projeto arquitetônico, afinal, é o estudo da forma de englobar setores afins que necessitam de aproximação ou afastamento. Essa etapa exige uma cuidadosa análise de cada ambiente e deve levar a acústica em consideração para que uma unidade não transmita ruídos sonoros para outras.

“Ruídos originados na própria edificação como vozes, passos, movimentação de objetos e o funcionamento de máquinas ou sistemas podem se apresentar incômodos ou inadequados. Estes ruídos se transmitem pelo ar num mesmo recinto, através de frestas de portas e janelas ou ainda imperfeições nas divisórias entre recintos diferentes, ou através dos sólidos. No último caso se incluem os passos ouvidos através das lajes” (Schmid, 2005).

O autor Mario Ferrer em seu livro “Manual da Arquitetura das Internações Hospitalares”, indica algumas recomendações de setorização dos quartos de internação quanto à transmissão de ruídos de diferentes unidades funcionais. O autor ressalta:

“Os ambientes destinados à internação de pacientes não devem ter aberturas para locais geradores de ruídos tais como: Nutrição e dietética; Lavanderia; Sala para grupo gerador; Compartimento para equipamentos de ar comprimido; Equipamentos de ar condicionado e torres de arrefecimento; Pátio de serviço; Oficinas” (Ferrer, 2012).

Algumas unidades funcionais possuem elevados níveis de ruído, como as centrais de compreensão de ar e geração de vácuo, as oficinas de manutenção, as marcenarias, as centrais

de geração de energia elétrica auxiliar e as lavanderias. Ruídos de menor intensidade, porém ainda incômodos, podem ocorrer nas unidades de tratamento intensivo, por conta dos aparelhos, e no centro de processamento de dados, devidos às impressoras matriciais.

Outro aspecto do projeto hospitalar que pode contribuir de maneira significativa no conforto acústico é a configuração do layout do quarto, tanto a respeito da localização e escolha do mobiliário quanto na possível criação de ambientes privados para conversas entre a equipe médica e reuniões com os visitantes, onde prevalecesse um ambiente interno com mais opções de privacidade para seus usuários, como também através de um estudo aprofundado a respeito da posição e dos ângulos das paredes, tetos e divisórias que possam refletir de maneira mais agradável as ondas sonoras.

5.3 Mascaramento sonoro

O mascaramento sonoro é uma opção viável para o controle do ruído, ele ocorre na presença de dois sons com diferentes frequências onde um som supera o outro, tornando-o inaudível ou ininteligível. Essa estratégia pode ser realizada através da instalação de alto falantes no forro que emitem um som de fundo ajustável, estabelecendo um novo padrão sonoro, amenizando a perceptividade tanto de ruídos próximos quanto distantes.

A presença de músicas em ambientes de saúde é uma estratégia recomendada em certas unidades funcionais, como enfermarias e salas de espera. A música pode ser utilizada para tratar a depressão, para alcançar as pessoas autistas, para acalmar os pacientes tensos e diminuir a ansiedade. Essa técnica é conhecida como musicoterapia e vem sendo adotada como estratégia terapêutica. A música instrumental, além de seu efeito relaxante, pode mascarar certos sons indesejados.

“Musicoterapia é a ciência que utiliza elementos sonoro-musicais, corporais e vocais como tratamento, reeducação, reabilitação e recuperação de indivíduos portadores das mais diversas patologias ou ainda na área preventiva, procurando estabelecer uma relação de equilíbrio entre as três áreas da conduta humana: mente, corpo e mundo externo” (Smith, 2003).

Em quartos de internação a musicoterapia vem sendo adotada em diversos casos que vão desde recém-nascidos prematuros a pacientes em estado terminal. No caso dos bebês prematuros, os estímulos sonoros facilitam o ritmo circadiano e respiratório, auxiliam nas respostas de reflexos motores, sinais viscerais e sensoriais. Sua adoção nos quartos de internação também proporciona momentos de lazer e relaxamento para a própria equipe médica que atua, resultando em ambientes e serviços de melhor qualidade.

5.4 Materiais de revestimento

Não será possível citar no seguinte artigo os diferentes tipos de materiais acústicos ideias para o tratamento de ambientes de internação, pois existe uma variedade enorme para cada caso, o que depende também da localidade geográfica do estabelecimento de saúde. A escolha de materiais que funcionem como estratégia de atenuação dos ruídos em ambientes de saúde deve ser feita levando em consideração diversos quesitos. Além da boa qualidade de absorção acústica, é importante que o material esteja dentro das exigências de controle de higienização.

“Os materiais para revestimento do teto podem ser importantes auxiliares na qualidade do conforto acústico nos ambientes de saúde. Quanto à sua instalação eles podem ser fixos ou removíveis e para cada um deles, há fatores a se considerar sob o aspecto da contribuição para redução dos ruídos. Para quaisquer das situações de criticidade do ambiente em relação à possibilidade de transmissão de doenças (crítico, semicrítico e não crítico), deve-se levar em conta a função de prevenção e controle de infecção a partir das recomendações de assepsia e limpeza” (Bitencourt, 2014).

Os quartos de internação não exigem nenhum tipo específico de material, deve-se usar o bom-senso na escolha de materiais construtivos ideais para estas unidades funcionais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conforto acústico é um aspecto físico relevante para o projeto do ambiente de saúde. Recomenda-se que a acústica seja um aspecto analisado ainda durante o processo da concepção arquitetônica do ambiente hospitalar, ainda assim, mesmo não sendo a situação ideal, existem métodos alternativos de se alcançar o conforto acústico quando o edifício já for construído.

A acústica do quarto de internação interfere diretamente na qualidade do ambiente e nas atividades desenvolvidas, afetando o desempenho do serviço prestado pelos profissionais que exercem seus ofícios nesse ambiente. Deve-se enfatizar a importância da acústica no processo de recuperação do paciente e sua influência na saúde humana. O quarto de internação necessita uma maior atenção quanto à qualidade do espaço, pois é a unidade em que o paciente passa a maior parte do tempo durante o processo de cura.

É importante ressaltar que para projetar um ambiente que contribua para a recuperação do paciente é necessário que haja conhecimento das razões científicas pelas quais certos elementos podem contribuir ou não a esse processo. É preciso entender de que maneira certas sensações e percepções são provocadas pelo espaço físico. Deve-se ressaltar também a singularidade dos indivíduos que reagem de maneiras diferentes a um mesmo ambiente e no caso do paciente internado, é preciso saber as razões que o levaram a necessidade de internação, afinal a doença que o atinge constitui-se em mais um fator de singularidade.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987. 4p.
- Bitencourt, F. 2014. Conforto acústico em ambientes de saúde. Revista IPH (ed. Especial 60 anos): 27-43.
- Bormio, M. F.; SILVA, J. C. P.; PACCOLA, S. A. O. 2006. Avaliação do conforto acústico e lumínico de um quarto hospitalar. Bauru: XIII SIMPEP.
- Cavalcanti, Patrícia Biasi. 2011. A humanização de unidades clínicas de hospital-dia: Vivência e apropriação pelos usuários. Rio de Janeiro: Programa de pós-graduação em arquitetura, Universidade do Rio de Janeiro.
- Ferrer, Mario. 2012. Manual da arquitetura das internações hospitalares. Rio de Janeiro: Rio Books Editora.
- Informedesign; CISCA. 2010. Acoustics in healthcare environments. St. Charles: CISCA.
- Joseph, A.; Ulrich R. 2007. Sound control for improved outcomes in healthcare settings. Concord: Center for Health Design.
- Keleer, M., Burke, B. 2010. Fundamentos de edificações sustentáveis. Tradução Técnica: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman.
- Pietrobon, C.E.; Soares, D.A.F.; Soares, P.F. 1995. Isolamento e tratamento acústicos em ambiente hospitalar: um estudo de caso. Semina: Ci. Exatas/Tecnológicas 16(4): 529-535.
- Pimentel-Souza, F. 1992. Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral - Ênfase Urbana. Revista Brasileira de Acústica e Vibrações 10: 12-22.
- Sant'anna, D.B. 2000. Patients and passengers. Interface _ Comunicação, Saúde, Educação 4(6): 11-20.
- Schmid, A. L. 2005. A ideia de conforto: Reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pacto Ambiental.

Schweitzer, M.; Gilpin, L.; Frampton, S. 2004. Healing spaces: Elements of environmental design that make an impact on health. *The journal of alternative and complementary medicine* 10 (Supplement 1): S-71-S-83. .

Smith, M. 2003. Avaliação em musicoterapia. In: Anais da I jornada Paranaense de musicoterapia, V Fórum Paranaense de musicoterapia, II Encontro Paranaense de Musicoterapia. Curitiba: Griffin Gráfica Editora Ltda.

Taube, A. P.; BARJA, P. R. 2008. Estudo acústico de ambientes hospitalares: Unidade de terapia intensiva (UTI). Vale do Paraíba: XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação.

Análise Comparativa de Blocos de Concreto Produzidos na Cidade de VIÇOSA/MG

Gabriel Viana

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Viçosa, Minas Gerais, Brasil
gabriel.l.viana@ufv.br

Larissa Negrís

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Viçosa, Minas Gerais, Brasil
larissanegrís@gmail.com

Maristela Siolari

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Viçosa, Minas Gerais, Brasil
siolari@ufv.br

Charles Luís da Silva

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, Viçosa, Minas Gerais, Brasil
charles.silva@ufv.br

ABSTRACT: Faced with the challenge of developing the building, coupled with the conservation of resources, tools such as Life Cycle Analysis (LCA) arise. Moreover, it is observed that part of the concrete blocks used are made without knowledge of standards and specifications. This research developed a simplified LCA of concrete blocks in three factories and confronted the production efficiency of product quality. These exhibit compressive strength and absorption compatible or higher than standards and a wide variation in mass was found. There was inconsistency in sizing, and the factory that consumes more energy has the highest constancy, which may correspond to less artisanal procedures, with higher consumption and product quality. We conclude that the results rely on the attitude of consumers who question the quality of finishing materials only. For the basic materials prevail the issue of price - excluding cost ratio / benefit: to society, the environment and industry.

Keywords: Life Cycle Analysis (LCA), Concrete Blocks, Quality, Standardization.

RESUMO: Diante do desafio de desenvolvimento da construção civil, aliado à conservação dos recursos, surgem instrumentos como Análise do Ciclo de Vida (ACV). Por outro lado, observa-se que parte dos blocos de concreto utilizados são produzidos sem conhecimento de normas e especificações. Esta pesquisa desenvolveu uma ACV simplificada de blocos de concreto em 3 fábricas e confrontou a eficiência da produção à qualidade dos produtos. Esses apresentam resistência à compressão e absorção compatível ou superior às normas e foi constatada grande variação de massa. Houve desconformidade no dimensionamento, sendo a fábrica que consome mais energia a que apresenta maior constância, podendo corresponder a procedimentos menos artesanais, com maior consumo e qualidade do produto. Conclui-se que os resultados se apoiam na postura dos consumidores que questionam qualidade apenas de materiais de acabamento. Para os materiais básicos prevalece a questão do preço – desconsiderando a relação custo/benefício: para sociedade, meio ambiente e indústria.

Palavras-chave: Sustentabilidade na Construção Civil, Blocos de Concreto, Qualidade, Normatização

1 INTRODUÇÃO

No século XX, houve crescimento acelerado da população, porém a infraestrutura não acompanhou esse crescimento o que acarretou, entre outros problemas, o desenvolvimento da construção civil de forma pouco sustentável.

A construção civil é uma das atividades que mais consome recursos, matéria-prima e energia, e produz resíduos em todas as etapas (desde a extração da matéria prima, até a demolição da edificação), sendo responsável por expressivos impactos ambientais. Devido a essas constatações veem sendo incorporadas diversas pesquisas e práticas de sustentabilidade em instituições e no mercado. O desafio de hoje é de encontrar, por meio de estudos quantitativos e qualitativos, formas mais eficientes que proporcionem a continuidade do seu crescimento, mas que, ao mesmo tempo, consigam conservar recursos materiais e energéticos.

Nesse sentido surgem instrumentos de análise de produtos e processos variados, do ponto de vista ecológico e ambiental, dentre eles a Análise do Ciclo de Vida (ACV) também voltada para construção civil, com a finalidade de promover a quantificação de impactos de materiais, componentes, sistemas e edificações.

Diante do exposto, esta pesquisa desenvolveu uma ACV, simplificada de blocos de concreto produzidos em três fábricas situadas na cidade de Viçosa/ MG, quantificando e comparando principalmente os consumos de água e energia em seus processos de produção. Esses resultados mostraram que para a produção de um mesmo produto – o bloco de concreto – há uma variação considerável entre os consumos. Entretanto esta informação, isoladamente, não responde à sustentabilidade do produto gerado. Desse forma, buscou-se verificar a consonância entre a eficiência na produção dos blocos e a a eficácia dos produtos, analisando sua a qualidade no que diz respeito à conformidade aos requisitos e critérios estabelecidos pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Este artigo, portanto, trata de uma pesquisa de cunho exploratório descritivo e envolveu as seguintes etapas de trabalho:

- 1) Levantamento e revisão bibliográfica para que pudesse ser tomado conhecimento sobre questões gerais relacionadas à sustentabilidade no mundo e no Brasil e específicas relacionadas ao desenvolvimento sustentável na construção, bem como estudos envolvendo o método de ACV e interferência análise da qualidade do produto;
- 2) Coleta de dados junto às empresas;
- 3) Realização de ensaios de análise dimensional, absorção de água e resistência à compressão foram utilizadas a NBR 6136 (2006) – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos e a NBR 12118 (2006) - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de Ensaios. Todos os ensaios foram feitos no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa.
- 4) Compilação e análise dos resultados gerais.

2. A ACV NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Entende-se que a indústria da construção contribui de forma significativa para o desenvolvimento socioeconômico dos países. Sendo, portanto, fundamental torná-la cada vez mais sustentável, para que possa continuar suprindo carências de habitat e equipamentos de suporte para a sociedade, porém reduzindo seus impactos negativos. Nesse sentido, são crescentes as discussões em âmbito nacional e internacional, para a incorporação cada vez maior de práticas de sustentabilidade através de pressões e estímulos dos governos, consumidores, investidores e associações que pressionam e estimulam a indústria da construção, CORRÊA (2009).

Com o amadurecimento do movimento ecológico e sua transformação em propostas reais de novas maneiras de produção, utilização e descarte dos produtos industriais, a sustentabilidade

ambiental deixou de ser uma estratégia alternativa para se tornar uma obrigatoriedade para as empresas e um diferencial competitivo e de marketing. A indústria da construção civil é parte dessa realidade, determinada por novas relações entre seus produtos e o meio ambiente. Ainda que lentamente, ela vem procurando se adequar a novos parâmetros de excelência. (LIMA, 2006, p. 13)

Hinz, Valentina & Franco (2007) apontam dois instrumentos de análise de produtos e processos variados, do ponto de vista ecológico e ambiental: a Produção mais Limpa (PmaisL) e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Ambos tratam “(...) de análises e ações ambientais preventivas, economizando água, energia e matérias-primas” (HINZ, VALENTINA & FRANCO, 2007, p. 3), sendo que a PmaisL analisa apenas a unidade fabril, sem observar a origem do produto e para onde ele vai no processo, e a ACV apresenta informações para utilização global sobre as etapas do ciclo de vida de produtos e processos variados. De forma geral, os autores dizem que:

Diferentemente da PmaisL, a ACV faz uma análise completa do sistema produtivo, considerando a análise desde o projeto e a realização do produto até a disposição final dos materiais. A ACV tem como objetivo a otimização da utilização dos recursos, e a minimização dos impactos ambientais. (HINZ; VALENTINA & FRANCO, 2007, p. 9)

Na Análise do Ciclo de Vida (ACV) considera-se cada produto, cada processo, cada tipo de impacto, seja pelo consumo exagerado de recursos naturais, pela geração de resíduos, sólidos ou líquidos, pelas emissões aéreas ou o pelo consumo de energia (LIBRELOTTO & JALALI, 2008). Toda essa análise precisa ser feita em cada etapa: fabricação de matérias-primas; execução da obra; operação e manutenção e fim de vida (CAMPOS, 2012 – CBCS) e, na verdade isso pode ir além, visando a possível reciclagem e reutilização do produto. Esse longo processo é de extrema importância porque cada uma dessas variáveis atua de forma única no meio ambiente.

[...] a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) se destaca, atualmente, como ferramenta de excelência para análise e escolha de alternativas [...]. O seu princípio consiste em analisar as repercussões ambientais de um produto ou atividade, a partir de um inventário de entradas e saídas (matérias-primas e energia, produto, subprodutos e resíduos) do sistema considerado. (SOARES, SOUZA & PEREIRA, 2006, p. 98). (Figura 2)



Figura 1. Fases típicas do ciclo de vida. Fonte: Sérgio Pacca (2012).

Soares, Souza & Pereira (2006) concordam que a utilização da Análise do Ciclo de Vida em construção civil possui algumas limitações, sendo a própria obtenção de dados específicos para os materiais utilizados uma delas, e até mesmo dificuldades em se conseguir informações sobre os impactos ambientais gerados durante a construção e demolição. Além disso, a padronização também é importante quando se tratando de diferentes regiões, uma vez que estas possuem diferentes características de produção, assim como diferentes usos de produtos, como discutido em Sedrez (2004).

Nesse sentido, foi estruturado um recorte na pesquisa, a fim de utilizar uma análise reduzida do

ciclo de vida, conhecida como ACV – Simplificada. Esse procedimento emprega uma metodologia menos complexa, de forma a proporcionar-nos um entendimento do processo de avaliação, quantificação e comparação dos dados.

3. AS UNIDADES E OS PROCESSOS DE PRODUÇÃO

As três fábricas – Fabrica A, B e C – situam-se na cidade de Viçosa/MG/ Brasil, e produzem blocos de concreto para vedação utilizados na construção civil maioritariamente da própria cidade. Foram observadas suas unidades de produção – lay out, procedimentos e equipamentos disponíveis e os consumos de água, energia, matéria-prima e geração de resíduos, para este trabalho foram considerados o consumo de energia.

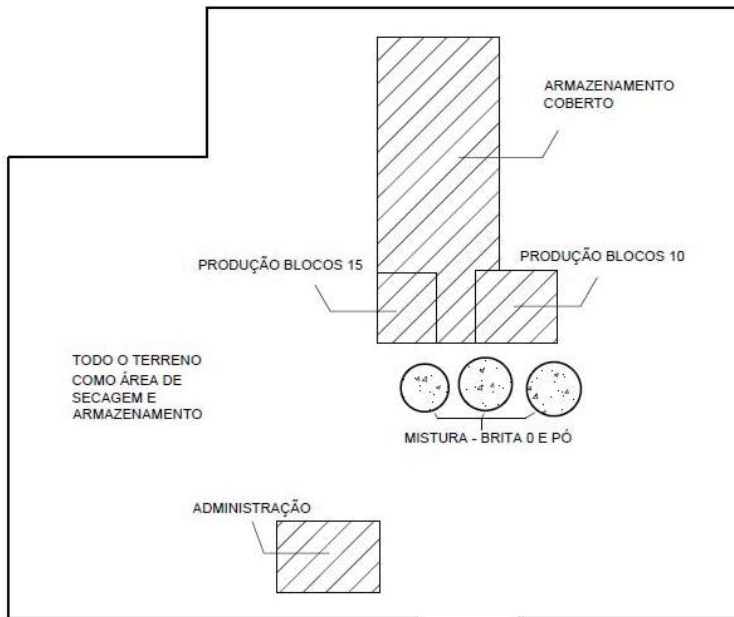


Figura 2. Esquema de implantação da empresa A. Fonte: Elaboração das autoras a partir análise em campo (2012)

A *fábrica A* produz blocos de concreto de 10 e 15 cm de espessura, possui uma capacidade de produção mensal de aproximadamente 67 mil blocos. Apesar de trabalhar apenas com blocos de concreto dos dois tipos analisados, a fábrica não atinge a produção máxima pois nunca produz os dois elementos ao mesmo tempo. Foi analisado que a manutenção das formas de produção demora a ocorrer, o que prejudica, principalmente a dimensão dos blocos, como será discutido posteriormente.

A *fábrica B* é maior que a anterior e trabalha na produção não apenas de blocos de concreto, mas também, e principalmente, na produção de outros elementos, como bloquetes, mourões, manilhas, lajes pré-fabricadas e pisos dormidos. Os valores coletados mostram que há uma capacidade máxima de produção de mais de 86 mil blocos por mês, mas esse número não é atingido, pois existe uma filial no município vizinho, Ponte Nova. Esta fábrica, por ser a de maior porte, tem maior controle sobre sua produção e sobre os elementos envolvidos a ela, o que nos leva a pensar que possui maior controle sobre a qualidade do seu produto. Isso será melhor analisado, porém, no próximo tópico.

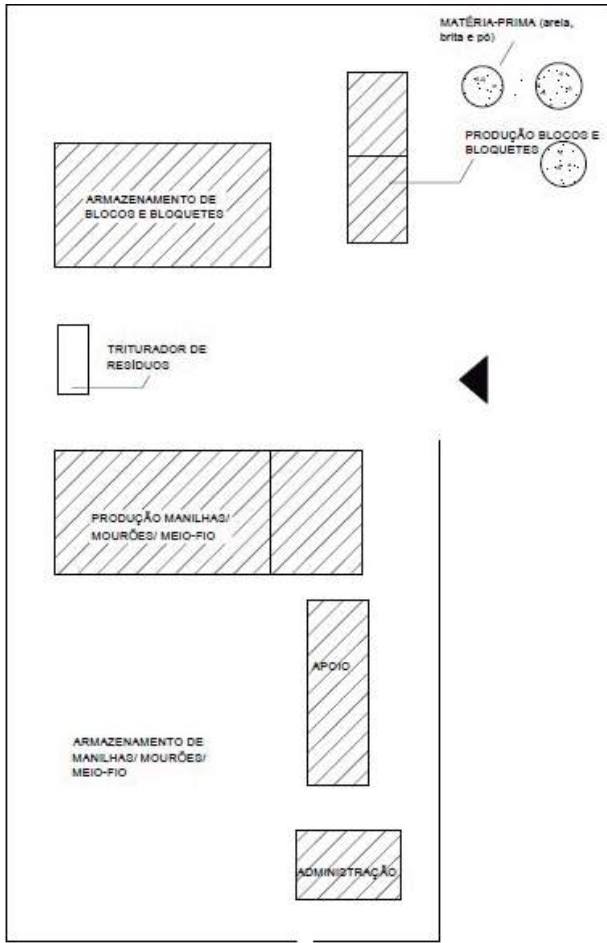


Figura 3. Esquema de implantação da empresa B. Fonte: Elaboração das autoras a partir análise em campo (2012)

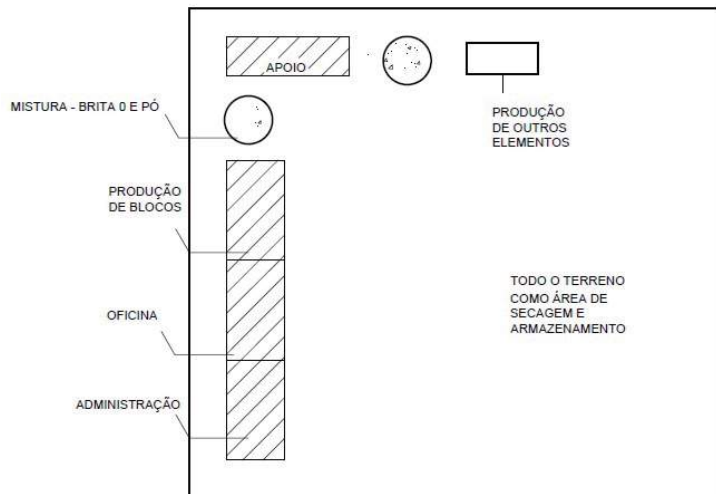


Figura 4. Esquema de implantação da empresa C. Fonte: Elaboração das autoras a partir análise em campo (2012)

A *fábrica C*, aproximadamente com mesmo tamanho da *fábrica A*, produz blocos de concreto de 10 e 15 cm de espessura, mas divide o tempo de produção destes com a de meios-fios, mourões, bloquetes, entre outros elementos de concreto. Após a coleta de dados contabilizou-se que produção máxima possível de 81.700 blocos, número que também não é atingido efetivamente.

Procura-se garantir a qualidade dos blocos da fábrica C com a própria manutenção local, uma vez que é o próprio proprietário o desenvolvedor dos equipamentos utilizados na fabricação dos blocos, o que pode vir a ser um ponto positivo, pois qualquer problema relacionado a esta que interfira, principalmente, na maneira em que os blocos são produzidos, pode ser corrigido com mais rapidez, não afetando a produção.

Pode-se observar as variações entre empresas na Figura 5.

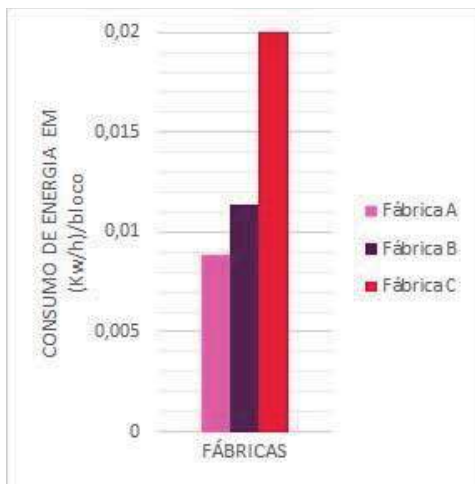


Figura 5. Comparação do consumo de energia por bloco.

Observa-se uma variação bastante expressiva no consumo de energia entre as 3 empresas, ou seja, para a produção de um mesmo bloco pode ser gasta até 200% mais energia. A partir desta constatação, deu-se início a próxima etapa, a fim de verificar se os blocos produzidos com menos consumo tem desempenho similar aos demais.

4. QUALIDADE DO PRODUTO: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil-LEC/UFV de acordo com as normas NBR-6136 (2007), a NBR-12118 (2010), os resultados são apresentados na figura 6.

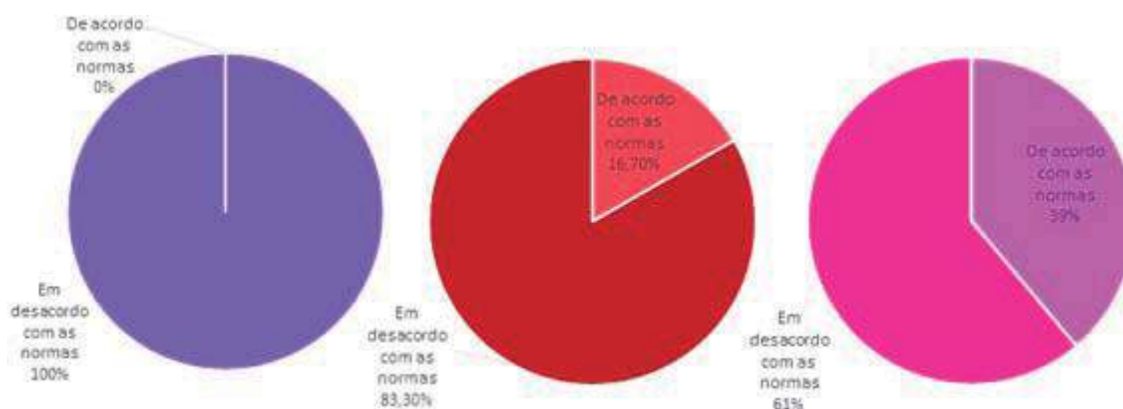


Figura 6. Gráficos fabricas A, B e C, respectivamente – Porcentagem de blocos na análise dimensional em acordo e desacordo com as normas da ABNT.

Pode-se observar, na Figura 6, que a grande maioria dos blocos se encontra fora dos recomendados por norma. Para blocos de 10 cm de espessura, espera-se 9 cm em sua largura com uma variação de ± 2 mm, 19 cm de altura e 39 cm de comprimento, ambos variando ± 3 . Para blocos de 15 cm de espessura as medidas de altura e comprimento permanecem, ficando

apenas a própria espessura diferente: 14 cm, seguindo as mesmas variações para blocos de 10 cm.

A fábrica C foi a que apresentou maior constância em suas medidas. Apesar de apresentar 100% dos blocos de 10 cm fora das dimensões recomendadas, apenas dois blocos de 15 cm não atenderam a norma. Acredita-se que essa variação entre empresas ocorre devido às diferentes máquinas utilizadas por cada uma das empresas, como explicado na seção anterior, enquanto a grande variação na produção de um mesmo tipo de bloco em uma mesma empresa se deve a um processo de produção pouco eficaz, pois não apresenta a qualidade adequada ao mercado, e sua completa satisfação como objetivo final. Além disso é um aspecto prejudicial à construção civil de forma geral pois dificulta a racionalização do sistema construtivo, importante para evitar desperdícios.

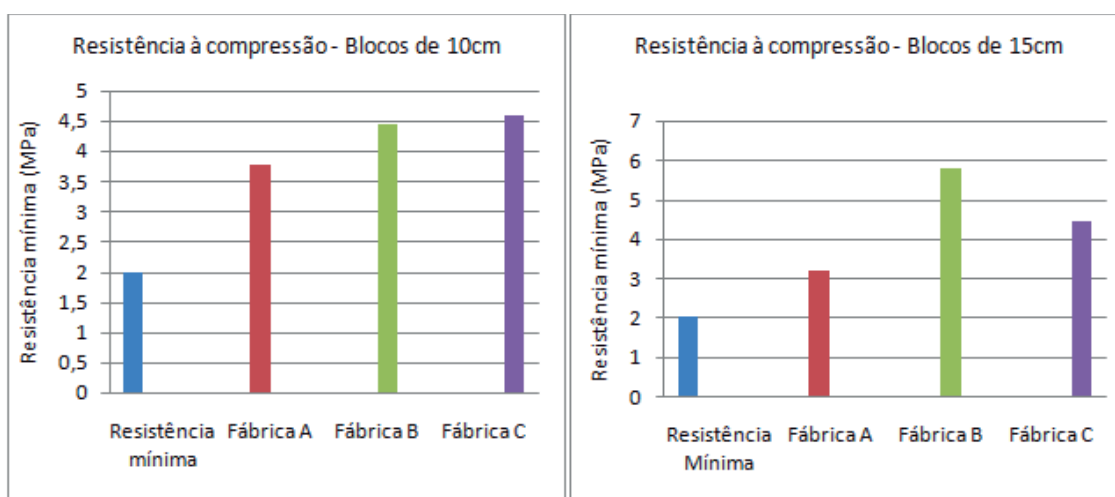


Figura 7. Comparação da resistência mínima recomendada pela norma e resistências obtidas em ensaio.

Com os resultados obtidos nestes ensaios, pode-se notar que todos os resultados se encontram acima do mínimo desejado, segundo a ABNT, para essa categoria (≥ 2 MPa). A empresa A foi a que se manteve mais próxima desse valor, apresentado um resultado médio (para blocos de 10 e de 15 cm) 74% maior que o mínimo. A empresa C apresentou um resultado médio 125,25% maior que o mínimo, enquanto a fábrica B, apresentou maior valor de resistência, possui uma média de resistência 155,5% maior que o mínimo esperado.

Observou-se também as adequações quanto à absorção e percebeu-se que, como no ensaio anterior, todos estavam de acordo com a norma, como mostra a Figura 8, a seguir. Os blocos deveriam atingir valores máximos de 10% de absorção, mas foram obtidos valores mais de 50% inferiores, como é o caso das fábricas B e C. A última obteve o menor valor médio, com um total de 54,6% inferior ao máximo.

A variação de resultados entre empresas ocorre, como dito anteriormente sobre o ensaio de dimensionamento, devido a diferentes máquinas utilizadas, dependendo da vibração/compactação do material na composição do bloco, por exemplo. Pode decorrer também do tipo de matéria prima utilizada por cada empresa – sabendo que os fornecedores dos materiais componentes do concreto não são os mesmos –, bem como do modo com a mistura é preparada – uma vez que foi avaliado na etapa preliminar da pesquisa uma dosagem não exata dos materiais componentes. Todos esses são fatores podem vir a acarretar variações não só entre empresas, mas, muitas vezes, em uma mesma empresa, em um mesmo lote, principalmente no que diz respeito à dosagem do material. E é com isso que deve-se ficar atento, avaliando sempre a eficiência da produção.

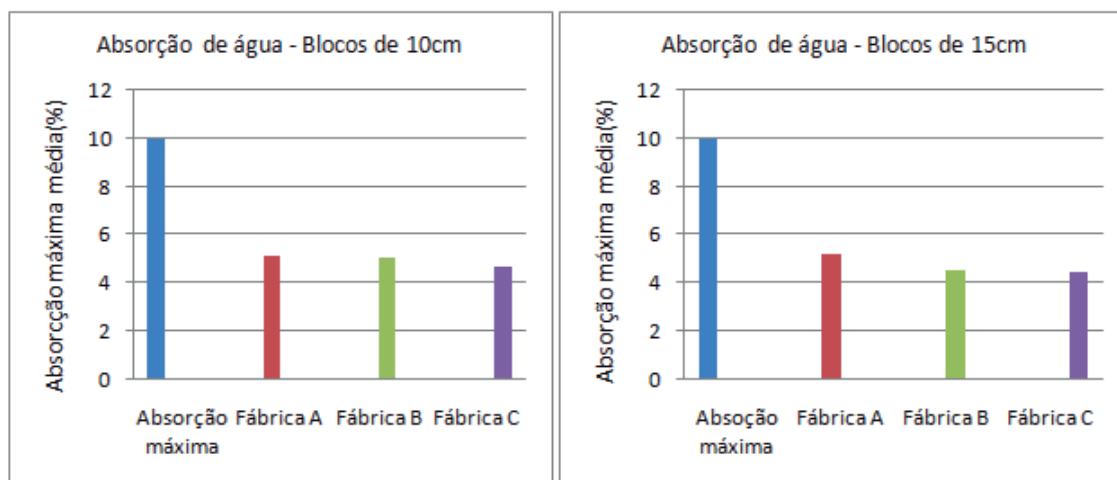


Figura 8. Comparação da absorção máxima média recomendada e as obtidas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de certa dificuldade na avaliação de resultado sob o ponto de vista do consumo de materiais, água e energia na etapa preliminar da pesquisa por falta de dados mais exatos dos mesmos, pode-se observar, ao comparar aqueles com os resultados da atual etapa que a fábrica que mais consome água por bloco – a fábrica B – é a que possui o bloco mais resistente. Além disso, notou-se grandes problemas com dimensionamento – a maior parte fora dos padrões –, mas atentou-se ao fato de que fábrica que consome mais energia – fábrica C – é a com maior constância.

Os resultados dos ensaios de resistência e absorção mostram que os blocos excedem em muito o mínimo necessário nessas características. Isso pode estar relacionado consumo de material no processo de fabricação. Uma continuidade desta pesquisa poderia verificar as possibilidades de atender às normas em um processo mais eficiente, reduzindo-se o consumo de insumos.

Desse modo, observou-se muito claramente que ao apresentar um processo mais eficiente, gastando menos energia – como o exemplo supracitado – tende-se a acreditar que os produtos da fábrica são, dessa forma, mais eficiente. Deve-se porém, ficar atento às análises – pura e simplesmente – da produção, uma vez que percebe-se a grande importância da qualidade dos produtos. Só a partir de ambos os resultados é possível classificar a produção e o produto como, efetivamente.

Durante o desenvolvimento deste trabalho observou-se o desconhecimento, por parte dos fabricantes de blocos, da norma NBR 6136. Esse desconhecimento e a não aplicação da norma NBR 6136 por parte das fábricas analisadas tem como consequência uma grande variação das dimensões dos blocos como se pode observar nos resultados obtidos nos ensaios, tendo como implicação a falta de um padrão de qualidade e a dificuldade de se garantir um bom desempenho das edificações.

Observa-se que esta realidade está fortemente ancorada na postura dos próprios consumidores que tendem a questionar a qualidade apenas de materiais de acabamento. Para os materiais básicos, apesar de sua grande importância para o bom desempenho das edificações, prevalece a questão do preço – desconsiderando a relação custo/benefício.

O que concluímos é que não existe um design estratégico do produto, que vise um controle de eficiência da produção a fim de garantir melhor qualidade do produto e conseqüentemente, melhor eficácia. Percebeu-se que as empresas locais ainda precisam desenvolver técnicas para aperfeiçoarem sua produção, melhorando sua eficiência a partir da reinvenção da produção visando um resultado final correspondente com os padrões de qualidade, fazendo com que todo esse processo se torne cada vez mais sustentável.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos proprietários e gerentes das empresas analisadas, por disponibilizarem os dados necessários e ao José Carlos Ferreira que deu total suporte na realização dos ensaios no Laboratório de Engenharia Civil – UFV. Agradecemos também ao CNPq, a FAPEMIG e a FUNARBE pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas (Abnt). Nbr-12118: Blocos Vazados De Concreto Simples Para Alvenaria - Métodos De Ensaio. Rio De Janeiro, 2010.

Associação Brasileira De Normas Técnicas (Abnt). Nbr-6136: Blocos Vazados De Concreto Simples Para Alvenaria – Requisitos, Rio De Janeiro, 2007.

Campos, E. F. De. Projeto De Avaliação De Ciclo De Vida Simplificada Para Blocos De Concreto. In: Seminário Acv-S – Cbcs, 2012, São Paulo.

Corrêa, L. R. Sustentabilidade Na Construção Civil. 2009. 70 F. Monografia (Especialização Em Construção Civil) – Escola De Engenharia, Universidade Federal De Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

Hinz, R. T. P.; Valentina, L. V. D.; Franco, A. C. Monitorando O Desempenho Ambiental Das Organizações Através Da Produção Mais Limpa Ou Pela Avaliação Do Ciclo De Vida. Revista Produção, Florianópolis, V. 7, N. 3, S/P, Nov. 2007.

Librelotto, D.; Jalali, S. Aplicação De Uma Ferramenta De Análise Do Ciclo De Vida Em Edificações Residenciais – Estudo De Caso. Revista Engenharia Civil, N. 30, S/P, Jan. 2008.

Pacca, S. A. Avaliação Do Ciclo De Vida Simplificada (Acv-S) E Declaração Ambiental Produto. In: Seminário Acv-S – Cbcs, São Paulo, 2012.

Sedrez, M. De M.. Sustentabilidade Do Ambiente Construído: Contribuições Para A Avaliação De Empreendimentos Habitacionais De Interesse Social. 2004. 165 F. Dissertação (Mestrado Em Engenharia Civil) – Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2004.

Soares, S. S.; Souza, D. M. De; Pereira, S. W. A Avaliação Do Ciclo De Vida No Contexto Da Construção Civil. Coletânea Habitare – Construção E Meio Ambiente, Porto Alegre, V. 7, 2006.

Ventura, A. Introduction To The Symposium: Life Cycle Assessment, In-Between Research, Standards, Regulations And Application. In: International Symposium On Life Cycle Assessment And Construction, 2012, Nantes.

Creatividad Sustentable: Simulación Ambiental en el Diseño Inicial de Viviendas

Rodrigo García Alvarado

Depto. Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

rgarcia@ubiobio.cl

Cristián Muñoz Viveros

CITEC, Depto. Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

cmunozv@ubiobio.cl

Gerth Wandersleben

Depto. Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

gerthwmm@ubiobio.cl

Esteban Zalamea

Depto. Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

estebanzl@gmail.com

ABSTRACT: Environmental simulation is often applied in advanced stages of building design or when they are already executed, and pose minor adjustments with additional costs and low impact. This paper presents an experience in early stages of real-estate housing design, through the development of simulations by the same designers. It explores various solutions that provide substantial improvements in environmental performance with users' acceptance. This experience has allow to identify relevance of geometry edition in simulation, as well as analysis of results, in order to suggest an integrated process in the early design to promote a sustainable creativity in architectural projects.

RESUMEN: La simulación ambiental se suele aplicar en etapas avanzadas de los proyectos de edificación o cuando ya están ejecutados, planteando ajustes adicionales menores, costosos y de bajo impacto. Este trabajo presenta una experiencia en fases iniciales del diseño de viviendas inmobiliarias, con el desarrollo de simulaciones por los mismos proyectistas. Explorando soluciones que otorgan mejoramientos sustanciales de desempeño ambiental, con aceptación de los usuarios. Esta experiencia ha permitido identificar la relevancia de la edición de geometría en las simulaciones y el análisis de resultados, para sugerir una estrategia integrada en el diseño inicial que promueva una creatividad sustentable en los proyectos arquitectónicos.

1 INTRODUCCION

Las viviendas son las construcciones que alojan la mayor parte de la vida humana, pero también producen una parte sustancial del consumo energético y de los gases efecto invernadero que están generando el cambio climático. En los países en desarrollo, como Chile, que carecen de reservas combustibles y poseen un alto crecimiento habitacional, además las viviendas presentan una baja calidad ambiental (Bustamante, 2009). Por esta razón explorar nuevas posibilidades de diseño residencial con alto desempeño ambiental y eficiencia energética es crucial. Los programas de simulación ambiental permiten analizar los proyectos de edificación para estimar su comportamiento y consumos energéticos (Hensen & Lambert, 2011). Sin embargo, por la complejidad de estos programas, se utilizan mayormente en etapas finales de los proyectos, cuando el diseño está definido. Usualmente en edificios grandes, con consultores adicionales que sugieren mejoras pertinentes, pero con adecuaciones menores de especificación constructiva o de instalaciones, que generan impactos leves y mantienen las configuraciones generales (Jankovic, 2012; Anderson, 2014).

Diversos estudios sugieren que modificaciones de la configuración formal, emplazamiento o aberturas de las viviendas, pueden generar mejoramientos significativos de la calidad ambiental y reducir sustancialmente el consumo energético (Bustamante, 2009; Choia, 2012; García & González, 2014). Se requiere por tanto explorar mayores alternativas en el proceso de diseño, evaluando directamente sus condiciones ambientales (Figura 1). La configuración general se establece al comienzo del proyecto según requerimientos de los mandantes y/o usuarios y las condiciones particulares del sitio. Para determinar características formales que otorguen mejor desempeño ambiental, se deben incorporar evaluaciones en esta etapa. Se han sugerido estrategias de diseño integrado, con múltiples especialistas trabajando conjuntamente, pero principalmente en países desarrollados y edificios de gran magnitud (Moe, 2008; Keeler M & Burke, 2009). Se han desarrollado algunas viviendas experimentales de alto desempeño ambiental (UPM, 2011), pero como experiencias individuales sin proyectarlas masivamente. Es relevante que las posibilidades de diseño sean también revisadas según consideraciones inmobiliarias, para proponer configuraciones nuevas con mejor desempeño pero también un alcance amplio. Este artículo expone una experiencia destinada a identificar los aspectos más relevantes y contribuciones de la simulación ambiental en la gestación del diseño residencial masivo, con el fin de promover una adecuada integración y lograr soluciones habitacionales creativas con mejor calidad ambiental.

La experiencia consistió en elaborar proyectos alternativos a un diseño inmobiliario, por parte de tres arquitectos que dominaran simulación energética, solicitándoles propuestas que lograran un menor consumo energético con una adecuada calidad ambiental y aceptación de mandantes. Durante la elaboración de las propuestas, éstas fueron revisadas por expertos y potenciales usuarios para asegurar un desarrollo según requerimientos vigentes. De modo que el proyecto estuvo sustentado en capacidades integradas de diseño y la simulación, bajo condiciones similares al desempeño laboral.

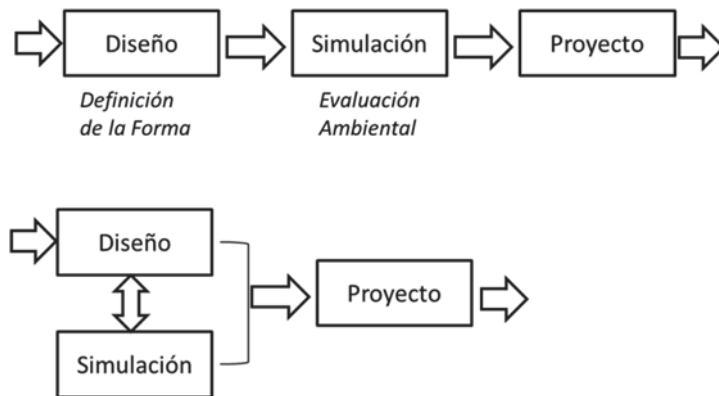


Figura 1. Proceso tradicional de simulación en diseño (arriba) y experiencia desarrollada (abajo).

2 DESARROLLO

Para la experiencia de proyecto se adoptó como referencia una vivienda inmobiliaria reciente en la ciudad de Concepción, Chile, considerando que representa una preferencia social y una capacidad de la industria local de la construcción. La vivienda fue seleccionada de una muestra de unidades habitacionales de la ciudad, que ha sido registrada y monitoreada durante dos años seguidos en el marco de una investigación nacional. Constituye uno de los ejemplos de nivel socio-económico medio-alto, con buena calidad constructiva y desempeño ambiental, y gastos regulares en combustibles, que corresponden a las medias nacionales de demanda energética (Bustamante, 2009).

Tabla 1. Características de la Vivienda de Referencia

Ubicación	36º 46' 22" S y 73º 03' 47" O
Altitud	12 msnm.
Clima	Zona 4 OGPU – Sur Litoral Nch 1064 Templado marítimo (CsB según Koppen-Geiger)
Tipología	Vivienda Unifamiliar Aislada
Ocupantes	2 adultos y 2 jóvenes
Año de Construcción	2010
Altura	2 pisos mas mansarda
Superficie Total Construida	119 m ²
Superficie Primer Piso	49,24 m ²
Superficie del Sitio	162 m ² (9 x 18 mts)
Volumen Habitable	281,01 m ²
Superficie Exterior	211,04 m ²
Superficie de Vanos Transparentes	21,27 m ²
Materialidad	Piso: Radier de Hormigón 10 cm. sin ventilar Muros Primer Piso: Ladrillo prensado 14cm + estuco 1,5cm ambas caras + 10mm poliestireno exp. + yeso carton 10 mm Muros Segundo Piso: estructura metálica con aislación de 60mm (cámara de aire 40mm) + fieltro #10 + Fribocemento 6mm tinglado exterior y terciado 15mm interior Estuco 1,5cm + ladrillo prensado 14cm + estuco 1,5cm Cielos: yeso cartón 10mm + cámara de aire 80mm + yeso cartón de 10mm Techumbres: cubierta metálica + cámara de aire de 7cm + aislación lana mineral 100mm 14kg/m ³ + yeso cartón 10mm Ventanas: Estructura de Aluminio con vidrio simple (6 mm.)
Consumo Anual de Agua Potable	375 m ³
Consumo Anual de Electricidad	1.730 kWh
Consumo Anual de Gas Licuado	144 m ³
Equipos de Climatización	Estufa a Leña (combustión lenta) de 80 cc.
Consumos de Climatización	8 a 10 m ³ de leña tipo, aprox. 8.150 kWh*
Temperaturas Interiores Medias	18,6°C en invierno (Des. Estand. 1,8°C)**
Humedad Relativa Media	60% en invierno**
Permeabilidad al Aire	N50 3,74 Renovaciones de Aire Hora a 50Pa**

**poder calorífico de 1.400 kWh/m³ y 85% de eficiencia

***Mediciones realizadas con instrumental en Septiembre 2013

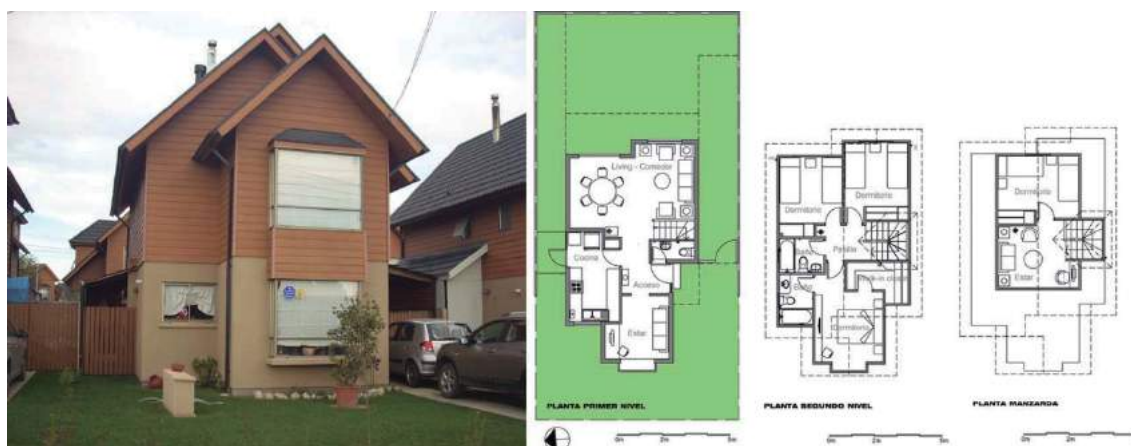


Figura 2. Vivienda Inmobiliaria de referencia.

Para experimentar de manera integrada la exploración de las formas y evaluación energética, se convocaron profesionales que tuvieran dominio de diseño de viviendas y simulación energética. Se logró involucrar tres arquitectos con postgrados recientes, solicitando elaborar proyectos

iniciales de vivienda, con las mismas condiciones de ubicación, programa de recintos y materialidad que el caso de referencia. Para motivar la diversidad se les sugirió comenzar con formas básicas distintas; horizontal, vertical o longitudinal. Para conducir la experiencia como un proceso similar a los requerimientos de un diseño inmobiliario, se solicitaron evaluaciones intermedias de los proyectos a arquitectos expertos en vivienda, y a personas equivalentes a potenciales usuarios. Se otorgó a los proyectistas modelos de simulación del caso de referencia y se les solicitó elaborar diseños que redujeran más de la mitad las demandas energéticas con un desempeño ambiental equivalente y lograr preferencia de los mandantes. Los evaluadores en cada sesión revisaban las tres alternativas en desarrollo (sin la asistencia de los proyectistas) con unos paneles de presentación resumida del diseño y de valores de calidad ambiental y demanda energética estimada, incluyendo el caso de referencia con la misma presentación. Se planteó un cuestionario de comprensión y preferencia comparativa, invitándolos a sugerir posibilidades de mejoramiento del diseño, que eran comunicadas posteriormente a los proyectistas. Un tesista de Magister actuó como coordinador de la experiencia con el apoyo y discusión de investigadores del proyecto.

Tabla 2. Participantes

Rol	Cantidad	Características	Desempeño
Diseñadores	3	Arquitectos sobre tres años de experiencia, incluyendo diseño de viviendas, y dominio de software de simulación	Elaboración del proyecto con metas de desempeño ambiental y aceptación por correcciones sucesivas
Usuarios	6	Profesionales casados con hijos pequeños	Revisión de Diseños
Arquitectos	6	Arquitectos sobre diez años de experiencia y docencia en diseño de viviendas	Revisión de Diseños
Investigadores	3	Tesista MHSEE (Arquitecto con 3 años de exp.) y profesionales	Gestión y Entrevista a Diseñadores

Tabla 3. Condiciones de Simulación

	U	Admitancia
Muro Ext. primer piso	1,04	0,42
Muro ext. Segundo y tercer piso	0,52	0,52
Muro interior piso 1	1,99	3,81
Tabique interior	2,27	0,42
Techo con aislación	0,35	0,47
Techo sin Aislación	5,62	5,56
Ventana	5,1	5
Ventana techo	2,7	2,8
Renovaciones de Aire (ACH)	1,5	1,5
Confort Térmico (min/max)	18,5	26
Ocupación personas por m2	9 (1per x zona)	40W/m2
Demanda Total en Calefacción Mayo-Oct.	8152,6 (Ecotect)	8150,2 (DesignBuilder)

La experiencia se extendió por aproximadamente nueve semanas, más cinco semanas de evaluaciones (en tres etapas, cada una de tres semanas de desarrollo y una o dos semanas de evaluaciones), desde Junio a Septiembre 2014. Los proyectistas mantuvieron una dedicación parcial en las semanas de desarrollo (aprox. 6 hrs. semanales), y las sesiones de evaluación se extendieron por más de una hora, realizando dos en cada etapa, más la revisión general de los investigadores y tesista-coordinador. Los proyectistas demostraron un compromiso relevante con la propuesta, aunque discutieron las metas de reducción energética y los comentarios recibidos de expertos y usuarios. Las sesiones de evaluación presentaron una asistencia irregular, en general fueron convocados 6 personas por sesión, pero llegaban 3-4, en que se

repetían algunos, sin embargo los planteamientos generales eran similares. Los expertos valoraron medianamente la actividad y los diseños propuestos, comentando exhaustivamente sobre la organización funcional. Los usuarios apreciaban mayormente las alternativas, información ambiental y de gastos estimados, y se inclinaban por alguna de las opciones (distinta en cada ocasión), que lograra reducciones y una configuración adecuada, mencionado algunos aspectos más generales de diseño (cantidad de pisos, espacio exterior, etc.). en ambos casos no se presentaba una preferencia por el ejemplo inmobiliario, que se presenta de manera similar, aunque identificado su condición de referencia.

CASA B - Versión 1	CASA B - Versión 2	CASA B - Versión 3	CASA B - Versión 4	CASA B - Versión 5	CASA B - Versión 6	CASA B - Versión 7	CASA B - Versión 8	CASA B - Versión 9
demanda y uso DD	demanda y uso DD	demanda y uso DD	demanda y uso DD	demanda y uso DD	demanda y uso DD	demanda y uso DD	demanda y uso DD	demanda y uso DD
Jan: 22,04 Feb: 14,71 Mar: 19,37 Abr: 248,42 May: 345,25 Jun: 345,25 Jul: 345,25 Ago: 345,25 Sep: 345,25 Oct: 345,25 Nov: 345,25 Dic: 345,25	Jan: 22,04 Feb: 14,71 Mar: 19,37 Abr: 248,42 May: 345,25 Jun: 345,25 Jul: 345,25 Ago: 345,25 Sep: 345,25 Oct: 345,25 Nov: 345,25 Dic: 345,25	Jan: 22,04 Feb: 14,71 Mar: 19,37 Abr: 248,42 May: 345,25 Jun: 345,25 Jul: 345,25 Ago: 345,25 Sep: 345,25 Oct: 345,25 Nov: 345,25 Dic: 345,25	Jan: 22,04 Feb: 14,71 Mar: 19,37 Abr: 248,42 May: 345,25 Jun: 345,25 Jul: 345,25 Ago: 345,25 Sep: 345,25 Oct: 345,25 Nov: 345,25 Dic: 345,25	Jan: 22,04 Feb: 14,71 Mar: 19,37 Abr: 248,42 May: 345,25 Jun: 345,25 Jul: 345,25 Ago: 345,25 Sep: 345,25 Oct: 345,25 Nov: 345,25 Dic: 345,25	Jan: 22,04 Feb: 14,71 Mar: 19,37 Abr: 248,42 May: 345,25 Jun: 345,25 Jul: 345,25 Ago: 345,25 Sep: 345,25 Oct: 345,25 Nov: 345,25 Dic: 345,25	Jan: 22,04 Feb: 14,71 Mar: 19,37 Abr: 248,42 May: 345,25 Jun: 345,25 Jul: 345,25 Ago: 345,25 Sep: 345,25 Oct: 345,25 Nov: 345,25 Dic: 345,25	Jan: 22,04 Feb: 14,71 Mar: 19,37 Abr: 248,42 May: 345,25 Jun: 345,25 Jul: 345,25 Ago: 345,25 Sep: 345,25 Oct: 345,25 Nov: 345,25 Dic: 345,25	Jan: 22,04 Feb: 14,71 Mar: 19,37 Abr: 248,42 May: 345,25 Jun: 345,25 Jul: 345,25 Ago: 345,25 Sep: 345,25 Oct: 345,25 Nov: 345,25 Dic: 345,25
Costes	Costes	Costes	Costes	Costes	Costes	Costes	Costes	Costes
Costes: 83,3 Ade: 1,2 energías: 0,08	Costes: 83,3 Ade: 1,2 energías: 0,08	Costes: 83,3 Ade: 1,2 energías: 0,08	Costes: 83,3 Ade: 1,2 energías: 0,08	Costes: 83,3 Ade: 1,2 energías: 0,08	Costes: 83,3 Ade: 1,2 energías: 0,08	Costes: 83,3 Ade: 1,2 energías: 0,08	Costes: 83,3 Ade: 1,2 energías: 0,08	Costes: 83,3 Ade: 1,2 energías: 0,08
Demanda por ad-hoc (Wb2)	Demanda por ad-hoc (Wb2)	Demanda por ad-hoc (Wb2)	Demanda por ad-hoc (Wb2)	Demanda por ad-hoc (Wb2)	Demanda por ad-hoc (Wb2)	Demanda por ad-hoc (Wb2)	Demanda por ad-hoc (Wb2)	Demanda por ad-hoc (Wb2)
43,47 33,45	43,47 33,45	43,47 33,45	43,47 33,45	43,47 33,45	43,47 33,45	43,47 33,45	43,47 33,45	43,47 33,45
energías	energías	energías	energías	energías	energías	energías	energías	energías
49,84 49,84	49,84 49,84	49,84 49,84	49,84 49,84	49,84 49,84	49,84 49,84	49,84 49,84	49,84 49,84	49,84 49,84

Figura 3. Evolución del Diseño de la Alternativa B con resultados de simulación.

Los proyectistas utilizaron una combinación de recursos de trabajo durante la experiencia, con una dedicación sustancial en el software de simulación, especialmente durante el desarrollo, como también en bocetos manuales (en particular al comienzo), programas de dibujo, modelación tridimensional, renderizado, planillas de cálculo y de presentación gráfica. Las configuraciones geométricas de los proyectos fueron modificados en el transcurso, lo mismo que diversos detalles, alturas, circulaciones, dimensión y ubicación de vanos y recintos interiores. Los cambios generales fueron estudiados con bocetos y programas de dibujo, pero la mayoría de las decisiones menores fueron evaluadas directamente en el modelo de simulación, generando planillas con resultados seleccionados para comparar. Gran parte de las modificaciones producían modificaciones leves en los indicadores ambientales y demandas energéticas, pero algunos permitían reducciones relevantes. Pero también las sugerencias de expertos y usuarios para lograr una mayor aceptación, implicó adoptar nuevas configuraciones, modificaciones sin logros ambientales relevantes (incluso retrocesos).



Figura 4. Viviendas finales elaboradas en la experiencia.

Los diseños finales, que correspondieron a un anteproyecto arquitectónico, evidenciaron una evolución de las configuraciones con logros ambientales relevantes y buena aceptación, aunque no se alcanzaron totalmente las metas propuestas. Revelando también novedosas estrategias arquitectónicas para optimizar el desempeño, como un buen reconocimiento espacial de los usuarios. Por ejemplo la alternativa B, de un piso con adosamientos, alzando una reducción energética casi del 80% manteniendo un buen confort interior, y los usuarios valoraron la

fachada, patio interior y terraza superior. Aunque constituye una tipología ausente del desarrollo inmobiliario vigente. Las restantes alternativas, alcanzaron también mejoras relevantes de comportamiento, con características arquitectónicas de construcción en altura o disposición extendidas que no se ejecutan regularmente en la zona. Demostrando que esta integración de capacidades permite elaborar nuevos diseños residenciales de mejor desempeño ambiental y aceptación pública.

En las entrevistas y revisión del trabajo de los proyectistas se revela una utilización intensiva de los programas, algunos aspectos cruciales en el logro de mejoramientos ambientales relevantes. En primer lugar, disponer de una modelación fiable y comparable como referencia, en cuanto a los supuestos generales y condiciones específicas definidas. En particular sobre la tasa de renovación de aire y banda de confort según modelo adaptativo, que difiere de las recomendaciones usuales, pero que han sido ajustadas según estudios específicos en la zona. Como también respecto a la transmitancia de los elementos constructivos y ocupación de personas, que por un lado presentaban condiciones más altas de la construcción regular y por otras magnitudes inferiores a las usuales, aunque no han podido ser validadas directamente, se ajustaron al consumo de combustibles. Sin embargo en relación al proceso de diseño, se advierten también dos cuestionamientos adicionales en el uso del software de simulación. Por un lado la capacidad de edición geométrica de los programas, para modificar las formas que permitan estudiar variaciones de diseño, y por otro la carencia de apoyos o procedimientos de análisis de resultados, para identificar valores sustanciales y compararlos entre alternativas, registrando las modificaciones involucradas.

3. CONCLUSIONES

Este artículo relata una experiencia de diseño inicial de viviendas inmobiliarias, con proyectistas que elaboran simulaciones ambientales para mejorar los desempeños durante el desarrollo, revisado con expertos y potenciales usuarios. El caso de base, y otros modelos de viviendas existentes, ha permitido configurar una situación de referencia, de alta aceptación y desempeño ambiental regular. La revisión de casos permitió detectar condiciones de simulación que reproducen el comportamiento residencial vigente, con algunos factores críticos, como la tasa de renovación de aire y la temperatura mínima de confort que modifican sustancialmente los valores globales. Debido a las variaciones calidad de construcción (alta infiltración) y de ocupación (diferencias de confort y rutinas de calefacción), además de diferencias relevantes en las posibilidades de financiamiento y condiciones ambientales según costo/tamaño de la vivienda (por nivel de ingreso familiar).

El caso de referencia representa viviendas de familias de ingresos medio-alto que poseen una condición ambiental equivalente a un confort de mínimo 18.5° en invierno, con un consumo energético anual en calefacción de 8.000 kWha, correspondiente a gastos anuales de aprox. US\$3.500 en gas o electricidad. En la experiencia desarrollada, tres proyectistas en dos meses de trabajo, elaboraron diferentes variaciones de una distinta tipología formal y similares características constructivas, que fueron sometidas a sesiones regulares de evaluación con paneles de expertos y público equivalente a potenciales usuarios. Exigiéndoles alcanzar un desempeño similar al existente con la mitad del consumo energético y aceptación similar.

Las encuestas y entrevista a los diseñadores revelaron un uso intensivo de simulaciones ambientales en el proyecto, logrando mejoramientos sustanciales con distintas variaciones de configuración. Además del uso de programas de modelación arquitectónica y representación. En las simulaciones identificaron en particular las capacidades de edición geométrica y análisis de resultados como los aspectos cruciales para alcanzar altos desempeños con propuestas creativas. Lo que sugiere que una herramienta o relación directa entre modelos que facilite ese proceso, así como un registro de reducciones relevantes de demandas energéticas, en relación a cambios de configuración puede potenciar significativamente la exploración arquitectónica.

Alcanzar una edificación con calidad y bajo impacto ambiental requiere nuevos diseños. En esta experiencia se demuestra una estrategia de trabajo y condiciones que pueden apoyar a una creatividad sustentable.

REFERENCIAS

Anderson K, 2014, *Design Energy Simulation for Architects*, New York: Routledge.

Bustamante, W. 2009, *Guía de Diseño para la Eficiencia Energética de la Vivienda Social*. Santiago: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Choia Y., Choa S., & Kim T. 2012, Energy consumption characteristics of high-rise apartment buildings according to building shape and mixed-use development. *Energy and Buildings*. 46: 123–131,

García Alvarado R., González A, 2014, Condiciones de forma y desempeño energético de viviendas unifamiliares en el centro-sur de Chile, en *Revista INVI* Vol.29 N80, 111.141

Hensen J. & Lambert T., 2011, *Building Performance Simulation for Design and Operation*, London: Spon Press,.

Jankovic L. 2012, *Designing Zero Carbon Buildings Using Dynamic Simulation Methods*, New York: Routledge.

Keeler M & Burke, 2009; *Fundamentals of Integrated Design for Sustainable Building*, Wiley: New York.

Krygiel & Niels 2008, *Green BIM*, Indianapolis: Wiley.

Moe K. 2008. *Integrated Design in Contemporary Architecture*. New York : Princeton Architectural Press.

UPM, 2011, *Solar decathlon Europe 2010, Towards Energy Efficient Building*, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

CHAPTER 2 | CAPÍTULO 2 | CAPÍTULO 2

Innovation and improvement of sustainable construction materials or systems (low and high tech solutions)

Inovação e melhoria nos materiais e sistemas de construção sustentáveis (soluções low e high tech)

Innovación y mejoría en los materiales y sistemas de construcción sostenibles (soluciones low y high tech)



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Advanced Concrete Technology for Sustainable Building

Petr Hajek

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Structures, Prague, Czech Republic

petr.hajek@fsv.cvut.cz

Ctislav Fiala

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Structures, Prague, Czech Republic

ctislav.fiala@fsv.cvut.cz

Magdalena Novotna

Czech Technical University in Prague, University Centre for Energy Efficient Buildings, Bustehrad, Czech Republic

magdalena.novotna@uceeb.cz

ABSTRACT: Almost every contemporary building and engineering structure contains concrete. As a consequence world cement production has been 12 times increased in the second half of the last century. Production of cement is associated with large energy consumption and high amount of CO₂ emissions. Cement industry thus produces about 5-7% of global man-made CO₂ emissions. More over high amount of concrete use is associated with high transport needs and demands on production and demolition processes within the entire life cycle. This all has significant impact on the environment. Development of concrete technology during last twenty years has lead to quality shift of technical parameters and also of related environmental impacts. New types of concrete have due to mix optimization significantly better characteristics from the perspective of strength, mechanical resistance, durability and resistance to extreme loads. In the same time the environmental impact is reduced using optimized mix and more environmental friendly technologies.

Keywords: sustainable building, concrete technology, high performance concrete, environmental impact

1 BACKGROUND

During last decades the term sustainable construction penetrated into consideration of the most experts. Today hardly anybody doubts about a sense and importance of approaches, methods and technologies leading to construction of sustainable buildings – i.e. buildings with high quality of functional performance, reduced environmental impacts and high quality of social and economical parameters.

The special properties of concrete are, among others, affordability, availability and variability in connection with strength and potential durability, which has made concrete the most used construction material in the world. The production of concrete in the industrialized world annually amounts to 1.5-3 tonne per capita. Cement production is associated with large energy consumption and CO₂ emissions. In consequence of a fact that world cement production has been 12 times increased in the second half of the last century, the cement industry produces at present about 5-7% of global man-made CO₂ emissions. More over high amount of concrete use is associated with high transport needs and demands on production and demolition processes within the entire life cycle.

Concrete is used in a wide variety of structures (buildings, bridges, roads, dams etc.), each designed with a specific kind of functionality and life span in mind. Taking in consideration the

amount of produced concrete and number of realized concrete structures (concrete is used practically in every contemporary construction) it is obvious that optimization of concrete itself as well as concrete structures represents great potential for increasing the complex quality of buildings from the perspective of sustainable development. Particularly there is a significant potential for decreasing negative environmental impacts. The importance of these potentials is proportional to the continuously increasing amount of global concrete use.

Current development of concrete, production technology and development of concrete constructions during last twenty years have lead to quality shift of technical parameters and also of related environmental impacts. New types of concrete have due to mix optimization significantly better characteristics from the perspective of strength, mechanical resistance, durability and resistance to extreme loads. Concrete gradually becomes building material with high potential for expectant environmental impact reduction. This needs better knowledge about technological processes and their impacts from wide variety of sustainability aspects within entire life cycle – from acquisition of materials, through production of concrete and concrete components, construction, use, up to demolition of concrete structure and recycling (Hajek at all, 2014).

2 ADVANTAGES OF CONCRETE STRUCTURES FOR BUILDINGS

Main advantages of concrete structures when used in building construction are:

- structural safety, including high resistance to natural effects during exceptional effects like natural disasters (floods, storms, winds, hurricanes, tornados, fires, earthquakes, etc.) and others;
- thermal mass of concrete can contribute to energy savings associated with cooling and heating;
- acoustic properties – due to high specific weight of concrete there can be improved air-born sound insulation of structure (floors and/or walls separating different operational areas);
- high fire resistance – important especially for division of building into different fire compartments;
- long term durability enabling longer service life of buildings;
- maintainability reducing operational cost and increasing overall building quality.

Beside above-mentioned main advantages there are specific advantages related to three pillars of sustainability (Hajek et al. 2013).

2.1 Specific advantages of concrete structures in buildings from environmental aspects

- New concrete technologies can utilize secondary materials (wastes from other technological processes) in a composition of concrete mixture: fly-ash, granulated blast furnace slag etc.
- Utilizing supplementary cementitious materials (microsilica, granulated blast furnace slag) as substitute for high energy demanding Portland cement it is possible to reduce the values of embodied energy and embodied CO₂ and SO_x emissions.
- Recycled concrete can be utilized as aggregate substitutes in earthwork construction and up to some extent as aggregate substitute in new concrete.
- Production of precast concrete elements in “tailor-made” manner enables waste reduction in production and also on construction site.
- Usually, it is possible to produce concrete from locally available sources. This leads to reduction of expenses and environmental impacts caused by freight traffic (emissions, noise, and dustiness).

2.2 Specific advantages of concrete structures in buildings from economy aspects

- Concrete structures have usually longer service life in comparison to other materials (timber, steel etc.); they are resistant to atmospheric action, they have good capability of withstanding wear, and they do not subject easily to degradation processes. This also results in lower operating, maintenance and demolition cost.
- Subtle concrete structures implementation leads to lower material cost and lower manipulation and transportation cost.
- Utilizing lesser amount of higher quality concrete can result in decrease of total cost of structure, even though the unit cost of this type of concrete is higher than the unit cost of common concrete.
- Precast concrete structures can be designed as dismantable enabling another utilization of structural elements.
- Smaller thickness of peripheral load-bearing concrete structures can have positive effect on construction efficiency (in regions with regulated size of built-up area).
- High performance concrete structures have longer durability (savings in maintenance and repairs) and longer service life (savings connected with longer utilization of constructions) in comparison with other structural solutions.
- Concrete structures due to their accumulative properties can in some cases contribute to decrease of operating cost for cooling and heating.

2.3 Specific advantages of concrete structures in buildings from social aspects

- Concrete walls and floor structures often show good acoustic properties (mainly higher sound-transmission loss due to higher surface density).
- Concrete surface produced in high quality can be easily maintained, cleaned and it has long durability.
- Concrete structures are not the source of toxic emissions or volatile organic compounds.
- Concrete enables significant design flexibility due to the possibility of forming almost any element shape limited only by static reliability requirements.
- Long span concrete floor structures enables renovation of indoor layout. That enhances long-term utilization of load-bearing structure.
- Concrete structures are safer from the perspective of extreme action of fire, wind, water, seismicity, explosions and terrorist attack.

The quality level of performance of a concrete structure in a specific life cycle stage is determined by the initial quality of the structure achieved during the construction process. Higher initial investment to the higher quality could result in lower operational costs and lower total environmental or economy costs at the end of the life cycle of the concrete structure (Hajek et al. 2011).

3 ADVANCED TECHNOLOGICAL AND STRUCTURAL PRINCIPLES FOR SUSTAINABLE CONCRETE BUILDING STRUCTURES

3.1 Optimization of concrete mixture – high performance concrete

Utilizing new composite materials with significantly better physical characteristics creates realistic assumptions of achieving substantial effect from the perspective of material and energy savings. Some examples from abroad show that high performance concrete can be used for

optimized shapes of RC (reinforced concrete) elements, which can be very subtle (wall thickness of 30 mm and less) due to their mechanical parameters. Nowadays, use of concretes with compressive strength around 100 MPa is not exceptional, also UHPC (UHPC – Ultra High Performance Concrete) with compressive strength over 150 MPa have already been used for some special application (e.g. Ductal, Lafarge, France) – Figure 1. These kinds of materials enable design with reduced material consumption and thus with lower environmental impacts (Figure 2).



Figure 1. Shawnessy Light Rail Transit Station, CA



Figure 2. Gartnerplatzbrücke, Kassel, Germany (source: CPCI.ca)

3.2 Utilization of recycled concrete and other secondary materials

Some secondary materials (waste recycling products from other processes) can be used for cement and concrete production, for production of mould elements or other components. Fly ash, slag or microsilica are used to increase strength and workability. They decrease consumption of energy intensive Portland cement due to their cementitious properties. Recycled concrete from demolition can be used as backfill replacing natural aggregate. Recycled aggregate can be used to some extent as substitute to natural aggregate in new concrete (Figure 3 and Figure 4).



Figure 3. Recycled concrete from demolition



Figure 4. Building blocks from recycled concrete

3.3 Shape optimization – lightening of RC structure

Shape optimization can result in subtle lightened cross-sections (Figure 5). Their lower weight imposes lower load on supporting structures. Application of high performance concrete enables additional savings due to higher reduction of cross section dimensions. Cross section shape can be created using moulds, various types of lightening elements (Figure 6) or by application of light-weight concrete. Mentioned techniques can lead to material savings from 30 to 70%.

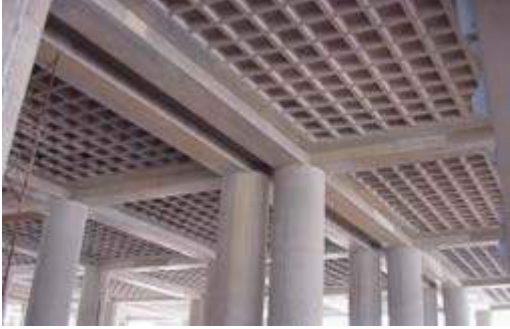


Figure 5. Shape optimisation – waffle structure



Figure 6. Installation elements from recycled plastic

3.4 Timber-concrete composite structures

The composite structures based on high performance silicates and wood represent the beneficial alternative to the timber floor structures. The timber structures have problems to achieve sufficient stiffness; the lack of mass causes troubles with acoustics, inflammability of wood limits the use from the perspective of fire safety. Combination of concrete and timber elements can lead to advantageous structural static and environmental solutions. Especially in the case of multi-storey timber buildings there can concrete floor structure or its upper deck section significantly improve acoustic and fire safety parameters and at the same time it can ensure horizontally rigid floor structure from the perspective of spatial rigidity (Figure 7 and 8).



Figure 7. Load test of composite floor element at CTU in Prague laboratories. Figure 8. Life Cycle Tower One, Dornbirn (source: H. Kaufmann).

3.5 Textile reinforced concrete utilisation



Figure 9. Testing of TRC thin plate element (CTU in Prague laboratory). Figure 10. Prototype of façade element from white TRC (produced at SKANSKA CZ company).

Textile reinforced concrete (TRC) has been developed for very thin plate or shell elements (thickness 12 to 25 mm) where the use of steel reinforcement is not applicable because of a risk of corrosion due to a thin concrete cover layer. The concept of using TRC was introduced in order

to reduce the thickness and thus weight of elements and consequently consumption of concrete and associated environmental impacts. This concept is mostly used for shells with particular shapes, for strengthening of structural elements or for thin façade panels. Figure 9 shows testing of TRC plate from UHPC and two layers of 2D textile reinforcement in Experimental Centre at CTU in Prague. On the Figure 10 there is a prototype of façade panel from white TRC (13 mm thick TRC plate is fixed to steel bearing frame).

3.6 Subtle frame for energy efficient buildings

Significant advantages of subtle elements are material and energy savings during production, transport, manipulation and construction on building site. Accumulative properties of RC structures can significantly contribute to thermal stability improvement of buildings indoor environment. This will mainly affect buildings that need cooling in summer.

With higher demands on thermal insulation parameters of building envelopes increases also their thickness. Subtle structural elements from high performance concrete can be integrated into building envelope of energy efficient buildings with significant reduction of envelope structure and avoiding risk of thermal bridges. The envelope thickness represents restricting parameter of developer plan in regions with regulated size of built-up area. In these cases, subtle RC structures become a great advantage in the form of slender load-bearing wall or subtle RC frame. Figure 11 shows concrete structural subtle frame for construction of family house in Prague in passive energy standard.



Figure 11. Subtle RC frame for energy efficient buildings used for construction of family house

4 INTEGRATED LIFE CYCLE ASSESSMENT OF CONCRETE STRUCTURES

Integrated design is a complex approach implementing all relevant and significant requirements into one single design process. This approach integrates material, component, and structure design and considers selected relevant criterions from a wide range of sustainability criterions sorted in three basic groups: environmental, economic and social and considering entire life cycle of structure (Fib, 2004). Complex integrated approach is based on simultaneous and interactive consideration of different aspects:

- sustainability requirements (environmental criteria, economic criteria and social criteria);
- technical and functional requirements (technical performance, functional performance, durability);
- life cycle phases throughout the entire life of the structure;
- various functional units (material, component, entire structure).

Concrete is used in a wide variety of structures (buildings, bridges, roads, dams etc.), each designed with a specific kind of functionality and life span in mind. For all these reasons no single outline for an ILCA for a given concrete structure can be specified. A chart on the Figure 12 shows ILCA process applied to different types of concrete structures (Fib, 2013). In this process the key

importance play regional specifics, because concrete is typically produced from regionally available materials using regionally available techniques and transport systems.

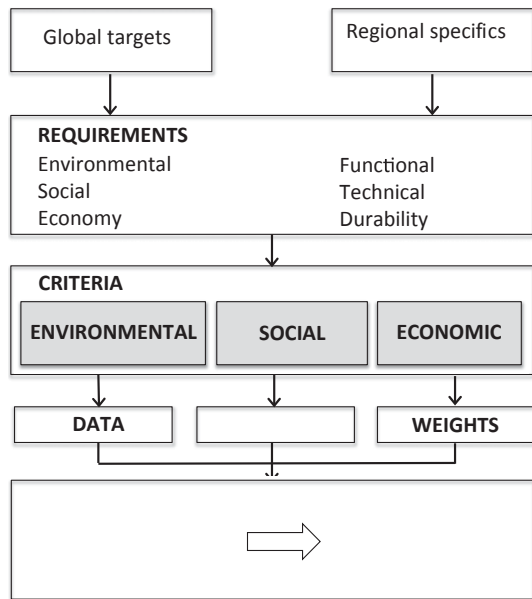


Figure 12. General framework for ILCA of different types of concrete structures

The methodology of sustainability assessment is based on the three traditional pillars of sustainability: environmental, social and economical issues:

- Environmental issues: e.g. effects on climate change, resource use, local air quality, biodiversity, raw material use and waste production;
- Social issues: e.g. occupants' health and interior microclimate, security and safety, social and cultural issues;
- Economic issues: e.g. life cycle costing, support for local economy, externalities.

The criteria filed in the environmental issues are related with traditional concept of environmental impact of buildings and other structures.

The social issues include, on the one hand, criteria linked with the social effects of construction and operation of structure (protection of cultural heritage, service quality improve, local unemployment decrease, availability of affordable dwelling), and on the other hand criteria regarding occupants' health, safety and comfort.

The most emphasis in the economical issues is put on the life cycle costing that comprises investment costs, operation and maintenance costs as well as the cost connected with final demolition or deconstruction of the structure. Benefits for the local economy are included in the criteria employment possibilities and added value of the site accruing from the construction.

Regional specifics should be considered when collecting embodied environmental data of different materials. The type of material sources, mining technologies, transport means, transport distance, technology of production, they have a significant influence on final unit environmental embodied values. Relevant complex LCA of the product or entire structure should be based on local environmental data collected within the inventory phase of the LCA procedure.

5 CONCLUSIONS

Concrete gradually becomes building material with high potential for expectant environmental impact reduction. Especially optimized concrete structures using new types of concrete in advanced technologies can significantly contribute to needed reduction of global environmental

impacts. One possible way is utilizing of ultra high performance concrete in optimized structural shapes. Mechanical properties of these materials such as high compressive strength, durability, water tightness etc. create conditions for designing subtle structures that leads to saving up to 70% of material in comparison with ordinary concrete, and consequently to reduction of embodied CO₂ emissions. Already implemented realizations give clear signal that in the forthcoming era there will be necessary to take into account new requirements and criteria for design and construction of concrete structures following from global aspects on sustainable development. The results show that the high quality of mechanical and environmental performance of new silicate composites creates the potential for wider application of High Performance Concrete in building construction in the future.

ACKNOWLEDGEMENT

Author would like to express sincere thanks to support of the Czech Grant Agency, research grant GACR P104 13-12676S and to support of the European Union, OP RDI project No. CZ.1.05/2.1.00/03.0091 – University Centre for Energy Efficient Buildings.

REFERENCES

Fib Bulletin 28. 2004 Environmental design. *State-of-the-art report*. ISSN 1562-3610.

Fib Bulletin 71. 2013 Integrated Life Cycle Assessment of Concrete Structures, *State-of-the art report*, ISBN 978-2-88394-111-3

Hajek, P., Fiala, C., Kynclova, M. 2011. Life Cycle Assessment of Concrete Structures - Step towards Environmental Savings, *Structural Concrete, Journal of the fib*, Volume 12, Number 1, 2011, ISSN 1464-4177.

Hajek, P., Novotna, M., Fiala, C. 2013. Sustainable Concrete for Sustainable Buildings. *In proc. SB13 Munich, 2013*

Hajek, P., Fiala, C. & Novotna, M. 2014. Sustainable Concrete – on the way towards sustainable building. *In proc. World SB14 Barcelona, 2014*

Rubber Crumb used in Concrete to Provide Freeze -Thaw Protection

Alan Richardson

Northumbria University, Engineering and Environment, Newcastle upon Tyne, UK
Alan.richardson@northumbria.ac.uk

Kathryn Coventry

Northumbria University, Engineering and Environment, Newcastle upon Tyne, UK
Kathryn.coventry@northumbria.ac.uk

Eli Dias

Northumbria University, Engineering and Environment, Newcastle upon Tyne, UK
E.Diaz@northumbria.ac.uk

ABSTRACT: This research has examined the use of rubber crumb, used as an additive to concrete that would provide maximum freeze-thaw protection to concrete. The rubber crumb as used in the paper was divided into five batches, with increasing particle size, graded in increments of 0.5mm, from <0.5 to 2.5mm. The primary properties of the concrete investigated were; freeze-thaw durability and compressive strength. These were tested using standard test methods. The range of tests used were conclusive in that the <0.5 the rubber crumb particle size, provided the greater degree of air entrainment. The freeze-thaw cycle results suggested that rubber crumb provided freeze/thaw protection, as the plain concrete deteriorated compared to the concrete with rubber crumb additions. There was no definitive correlation between the compressive strength and the rubber crumb particles size, although the rubberised concrete had an average strength loss of 5.24% after 28 days. This research indicates that rubber crumb graded up to <0.5mm is the optimum size to use, when rubber crumb granules are used to provide freeze/thaw protection in concrete.

Keywords: Optimum rubber crumb particle size, freeze/thaw, durability, sustainability, recycling.

1 INTRODUCTION

Freeze/thaw deterioration of concrete is responsible for damage to structures and is a major cost to an aging infrastructure. Waste "rubber" tyres are a serious disposal problem and this work investigates the symbiosis between these two key problems to suggest an environmentally viable solution. The purpose of this research was to examine the freeze/thaw performance of rubber crumb in concrete with regard to particle size, and determine if there was an optimum particle size of rubber crumb, to provide freeze/thaw protection. The rubber crumb used within the test was divided into five different sized particle batches. A single concrete mix design was used with a pre-determined fixed rubber crumb content by mass. The rubber crumb was added to the concrete mix in sieved size increments of 0.5mm. The range of rubber crumb used was between <0.5 to 2.5mm. The primary properties of the concrete investigated were; air content, freeze-thaw durability using pulse velocity, mass lost and compressive strength.

1.1 Background

Vehicle tyres are made from a chemically improved rubber, and are designed to last for long periods of time. These specific chemical properties pose difficult questions once the tyres have reached their end of life as they contain environmentally toxic substances, which in landfills break down very slowly and when they are incinerated, they produce dangerous pollutants

(Siegle, 2006) The European Union identified this concern and took action by setting environmental legislation banning whole tyres from landfills from July 2003 and shredded tyres from July 2006 (Evans and Evans 2006) Elbaba and Williams (2013) highlighted the severity of waste tyres as they suggest Europe and the USA combined produce approximately 8.3 million tons of waste tyres annually.

Since the early 1990's research has been carried out by many authors into the use of recycled rubber from vehicle tyres within concrete. Authors suggesting the greatest characteristic benefits are: improved toughness, reduced density, greater sound absorption, increased ductility and reduced water absorption (Fattuhi, and Clark, 1996), (Segre, and Joekes, 2000), (Khallo et al 2008), (Bravo, and Brito, .2012), (Mohammed, et al 2012.) Furthermore, rubber incorporated into concrete has been proven to enhance the resistance to freeze-thaw deterioration (Paine, and Dhir, 2010), (Richardson, Coventry, Dave, Pineaar, 2011), and (Richardson, Coventry, and Ward, 2011).

It is believed rubber crumb has similar qualities to traditional air-entraining agents, which create minuscule pores (gel pores) that are so small, temperatures can fall to -78°C without the formation of ice crystals. These pores allow for the release of pressure and therefore protection from freeze-thaw forces (Neville, and Brooks, 2010). Benazzouk *et al* (2006) highlighted the ability of rubber crumb particles to 'artificially entrap air'. Khaloo, Dehestani and Rahmatabadi (2008) suggest this entrapment of air is due to the non-polar rough surfaces of the rubber particles, which entrain air, thus providing freeze-thaw protection.

Additionally, Benazzouk (2007) studied the hydraulic behaviour of rubber particles and discovered that "rubber additives tend to restrict water propagation and reduce water absorption." Laźniewska-Piekarczyk (2013) explains that this water repellent characteristic "will dramatically improve the durability of concrete exposed to moisture during cycles of freezing and thawing," thus aiding the protection of concrete from freeze-thaw damage.

It is well recognised that for every additional percent of entrained air added through air-entrainment agents, the compressive strength decreases by about five to six percent. Similarly, since research started investigating the use of rubber within concrete it has been accepted that there is a compressive strength loss. The overall consensus is the greater the quantity of rubber the larger the reduction in compressive strength (Topcu, 1994), (Li, et al 1998), (Khatib, and Bayomy, 1999), Zheng, Huo,. and Yuan, 2008), (Ganjian,, Khorami, and Maghsoudi, 2009) and (Atahan, and Yücel, 2012). However it must be noted, that the majority of this research has used rubber crumb as a substitute for fine or coarse aggregate.

The necessity to examine the rubber crumb particle, was recognised by Fattuhi and Clark (1996) who recommend that there is a need to investigate the rubber in terms of 'origin, size and shape' and to determine the effect each parameter has on concrete properties. Relatively little research has been carried out into these parameters, although Paine and Dhir (2010) suggested the freeze-thaw resistance increases as the rubber particle sizes decrease. Zhu *et al* (2011) recognised that "the size of crumb rubber has an influence on the freeze-thaw resistance of concrete," although this research introduced rubber as a sand replacement rather than additive.

This research was informed by previous work (Richardson et al 2010) who determined that the optimum quantity of rubber crumb content for the most effective freeze-thaw protection was 0.6% by weight.

2 METHODOLOGY

2.1 Mix design

The mix design was influenced by the cube size, as well as being a commonly used commercial strength. 100mm cubes were chosen for reasons of sustainability and this was due to using significantly less material than a 150mm cube which would use 3.38 times more materials. The handling and moving of the cubes also caused health and safety concerns, as each 150mm cube weighed on average 5.2 kg more than the 100mm cubes. Furthermore the surface area to volume ratio for the 100mm cube is 0.67 times greater than the 150mm cube which provided a more severe testing regime.

The 30C characteristic test mix, as displayed in Table 1, was designed to enable the concrete to be compacted into the 100mm cubes more effectively, with a relatively low water cement ratio for additional freeze/thaw protection. The coarse aggregate was composed of washed and graded marine sandstone gravel.

Table 1 – Mix design

Material	Quantities per m ³ (kg)
Cement (CEM 1- 42.5 N/mm ²)	403
Fine aggregate - Sand (0 - 4 mm)	837
Coarse aggregate (4 - 10 mm)	336
Coarse aggregate (10 - 20 mm)	621
Water content (ratio)	177.3 (0.44)
Rubber crumb (where applicable)	14.25 (0.6% of weight)

The rubber crumb was graded into five particle sizes, increasing in instalments of 0.5mm, from < 0.5 to 2.5mm. The graded rubber crumb was added to each concrete mix at 0.6% by weight. The cubes were batched in accordance with BS 1881 : Part 108 : 1983. All cubes were cured for an initial 48 hours in their moulds, covered with LDPE sheet before being removed from the moulds and placed in a water-curing tank at a temperature of 19°C.

2.2 Test Programme

The key elements for examination were: freeze-thaw performance, compressive strength and rubber crumb distribution. These tests were based upon the British Standards Institution (BS) and American Society for Testing and Materials (ASTM).

2.2.1 Density

The density of concrete can be used to determine the air content (Neville and Brooks 2010). The test was carried out in accordance with BS 12390-7 density of hardened concrete.

2.2.3 Freeze/thaw

A combination of ASTM C 666 and BS CEN/TR 15177:2006 were used to establish the principles of the freeze-thaw cycle. Time was a constraint with this research, so the initial decision was to follow the BS that recommended 56 cycles compared to the ASTM which states “300 cycles or until its relative dynamic modulus of elasticity reaches 60% of the initial modulus.”

Procedure B ‘Rapid Freezing in Air and Thawing in Water’ taken from ASTM C 666 was the chosen method of research. A pilot study established the optimum duration of each freeze/thaw cycle. Pulse velocity is an established method used to assess the internal structure of concrete. This test measures the time taken for ultra sound waves to travel through the concrete. Freeze-thaw cycles create surface micro cracks, these initiate damage and through repeated freeze/thaw cycles, the crack propagation creates internal damage to the concrete, which in

turn slows the ultra sound waves, thus increasing the transmission time. This test was carried out every 7 cycles in accordance with BS CEN/TR 15177 and BS EN 12504-4 [28].

The pulse velocity measurements were used to determine the relative modulus and breakdown of the concrete when subject to freeze-thaw cycles. The durability factor was calculated at the end of cycle 56 and cycle 70, to discover if the modulus of elasticity had reached 60% of the initial modulus at which point the test would be terminated due to a significant failure occurring. The Equations 1 and 2 are displayed in the ASTM C666 – 97, standard 9.1 and 9.2, as displayed below.

Durability factor Equation [1]

$$DF = \frac{PN}{M} \quad (1)$$

DF = durability factor of the test specimen

P = relative dynamic modulus of elasticity at N cycles (%)

N = number of cycles at which P reaches the specified minimum value for discontinuing the test or the specified number of cycles at which the exposure is to be terminated, whichever is less

M = specified number of cycles

P is calculated using the Equation [2];

$$P = \left(\frac{n_1^2}{n^2} \right) \times 100 \quad (2)$$

P = relative dynamic modulus of elasticity after c cycles of freezing and thawing (%)

n = fundamental transverse frequency at 0 cycles of freezing and thawing

n₁ = fundamental transverse frequency after c cycles of freezing and thawing

c = number of freeze/thaw cycles carried out

Mass lost per cube, was used to determine the degree of freeze-thaw action.. Furthermore, this test gave a greater insight into the changes each cube was subject to throughout the entire test period. The unfrozen cubes were weighed every 7 cycles, immediately before the pulse velocity test.

2.2.4 Compressive strength

This research measured the compressive strength of the concrete at three separate occasions. The first occasion was after 3 days, at the same time the cubes started the freeze/thaw cycle, this was to obtain an initial control strength pre freeze thaw. The second occasion was after 28 days, this was to establish the effect the addition of rubber particle size had on the strength of the concrete. The third and final occasion was post freeze thaw cycles, and this was to measure the strength reduction following the freeze-thaw action and to identify which batch performed most effectively

2.2.5 Rubber crumb distribution

The rubber distribution was examined using the principles outlined in TR 32 (Concrete Society 1989). It was essential that the rubber crumb was evenly distributed within the concrete to ensure a uniform freeze/thaw protection. There was the possibility the rubber could either group together or rise to the top of the cube during compaction, which would be due to the rubber being less dense than the concrete mixture. The combination of the tests provided a holistic overview of rubber crumb performance when used in concrete

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Slump and consistency

The BS EN 12350 – 2 slump test was used to monitor consistency and the test results are within the range, 60 to 70mm for all batches. The plain concrete had the slightly higher slump when tested.

3.2 Density

The density of concrete can be used to indicate the air content (Neville and Brooks, 2010). Figure 1 indicates the smaller the rubber crumb particle, the greater the air entrainment, and consequently the authors recommend the particle size < 0.5mm as offering the greatest potential for freeze-thaw protection.

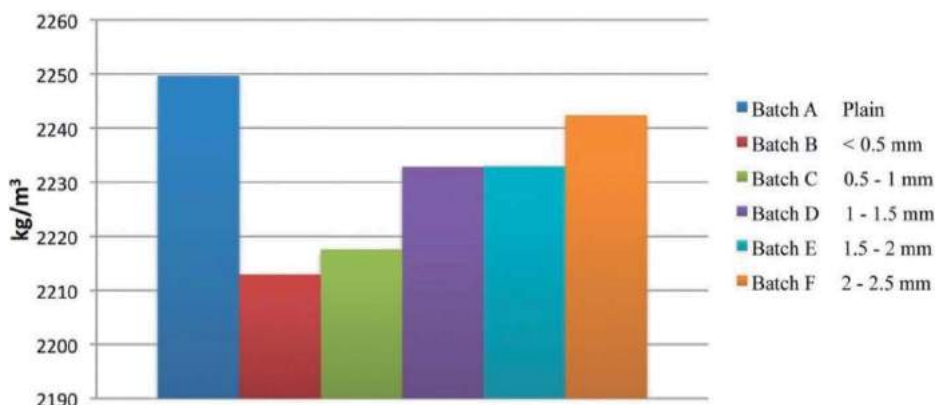


Figure 1 – Mean Density Comparison

3.3 Freeze/thaw, Pulse velocity

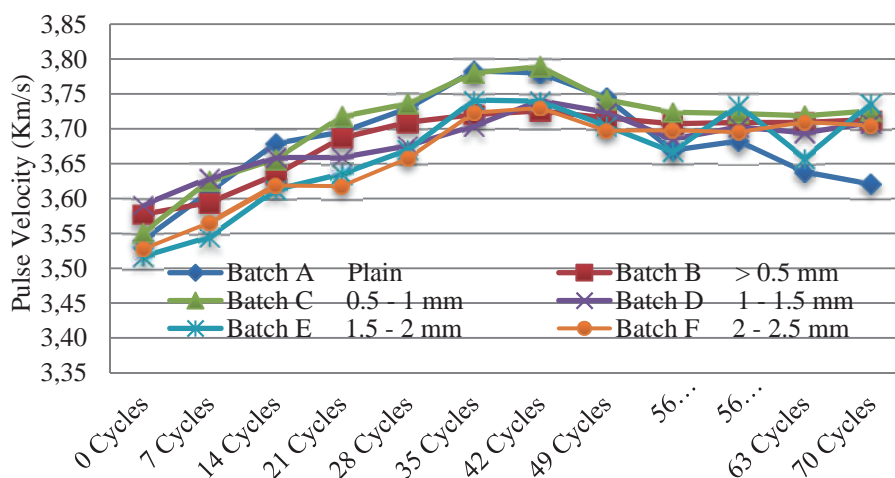


Figure 2 – Mean Pulse Velocity Comparison

At the conclusion of the planned 56 freeze/thaw cycles, the plain concrete cubes had not failed, as the modulus of elasticity, measured using pulse velocity, had not yet reached 60% of the initial modulus, therefore the test was extended for a further 14 cycles, to provide further potential for freeze/thaw deterioration of the cubes. The pulse velocity for all batches over the test period can be seen in Figure 2. It is evident that the pulse velocity for all batches consistently increased over the first 42 cycles. The pulse velocity increasing during curing is due to an increase in compressive strength during the freeze/thaw programme. To provide an accelerated test programme, the cubes started the freeze-thaw cycle after 3 days, and they continued to cure and increase in strength. However the most notable aspect of this test is the decrease in the plain cubes pulse velocity from cycle 42 to cycle 70, where for the same period the cubes with rubber

crumb were relatively stable. Seventy freeze/thaw cycles provided an insight as to what may be expected in the longer term with regard to freeze/thaw durability.

3.4 Mass lost

During the freeze-thaw cycles, all batches experienced a mass loss, although at different rates. The plain concrete cubes had the greatest loss of -0.6%. Batch B lost -0.07%, batch C -0.11%, batch D -0.35%, batch E -0.39%, and batch F -0.45%.

3.5 Compressive strength

The full comparison of compressive strength illustrated in Figure 3, is a graphical representation comparing the individual cubes at various stages of the test programme. The increase of strength from the start of the freeze-thaw cycle at three days to the post freeze-thaw cycle strength reveals the concrete has continued to cure during at least part of the freeze-thaw cycles. The strength of the 28 day old cubes is higher than the post freeze-thaw strength, which displays the effects of the freeze/thaw action and temperature on the curing process.

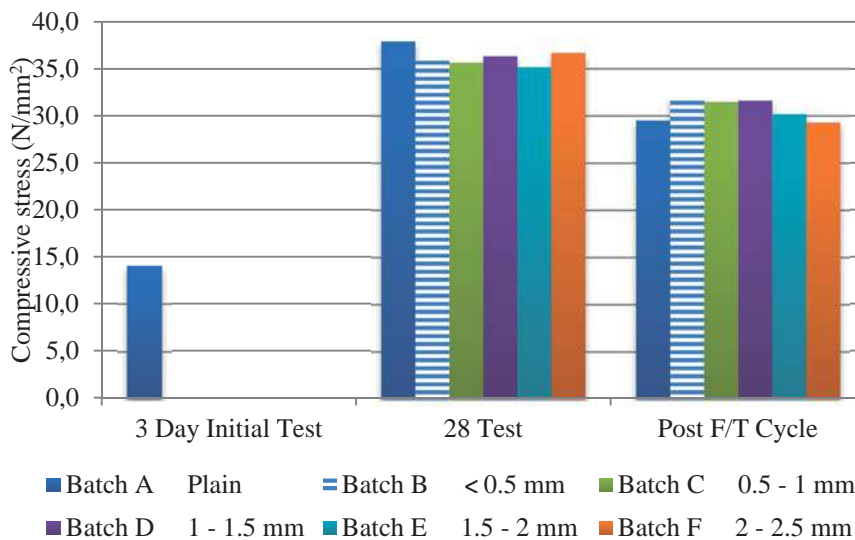


Figure 3 – Total compressive strength comparison

The <0.5mm rubber crumb additive achieved the best performing freeze/thaw performance as displayed in Figure 4.

3.6 Durability factor

The durability factor shows that the cubes continued to cure during the freeze/thaw programme, hence the values achieved exceeding 100%. What is evident from this test, is that Batch A, the plain concrete, has the lowest durability factor (101.3%). Batch E marginally provides the best durability factor (105.2%). All of the concrete samples containing rubber crumb outperformed the plain concrete with regard to freeze/thaw durability.

3.7 Rubber crumb distribution

The cubes were cut and split centrally using a water cooled masonry saw to expose a cross section, displaying the rubber crumb distribution. When all of the cubes were examined there was an equal distribution of rubber crumb through the section, and this equal spacing of the rubber crumb is essential to provide an even freeze/thaw protection to the cubes.

3.7.1 Rubber crumb detail

Figure 4 displays the irregular nature of the <0.5mm rubber crumb surface finish when viewed at x500 magnification. The irregular surface will entrap air and create an air void system for freeze/thaw protection and the displays fibrous materials attached to and within the <4mm rubber crumb granules viewed at 500x magnification. The fibrous materials may provide further freeze/thaw protection.

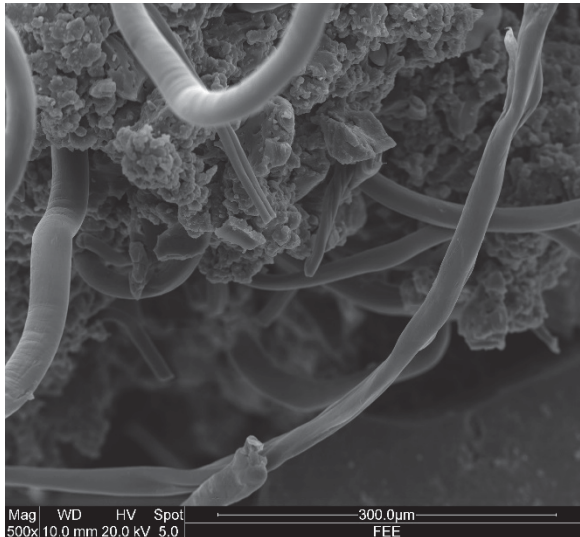


Figure 4 – rubber crumb and fibrous materials

4 CONCLUSION

When all of the results were analysed, there was a notable improvement in freeze/thaw resistance between plain and rubber crumb concrete. The optimum rubber crumb particle size that performed best was <0.5mm. There was no definitive correlation between the compressive strength and the rubber crumb particles size, although the rubberised concrete had an average strength loss of 5.24% after 28 days.

It was established that the rubber crumb had non-polar rough surfaces, which supported the theory claiming this is how air is entrained. Consequently, the smaller the particle size the greater the surface area for the same mass of rubber and thus, the greater the opportunity to entrain air. This premise was supported by the use of an air entrainment pressure test, which discovered that the batch with rubber smaller than 0.5 mm entrained 3.3%, compared to plain concrete of 1.9%. The density test also suggests that the smaller the particle size, the greater the air entrained, and this provides freeze-thaw protection. The quality of the concrete used was relatively freeze/thaw resistant without any additives and this was thought to be due to the low water cement ratio using during the batching process. Low water cement ratio equates to low pore sizes and spacing and low permeability.

The compressive strength, post freeze-thaw cycles reveal the plain concrete had the weakest strength, supporting the evidence that the addition of rubber crumb provides freeze-thaw protection. Furthermore, the post freeze-thaw compressive strength test found the concrete with the rubber crumb smaller than 0.5 mm had the highest strength, indicating this batch had the least amount of structural damage.

The rubber crumb was distributed evenly throughout all batches, generating an even distribution of entrained air and therefore an even protection. This research indicates that a rubber crumb particle size smaller than 0.5mm is the optimum size to afford maximum freeze/thaw protection in concrete when using a waste product within the concrete supply chain.

The benefits of this research illustrate a potential means of reducing the environmental impact of waste tyres whilst improving the concrete product and lowering the life cycle costs.

REFERENCES

American Society for Testing and Materials (2008) *C666 – 97 Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing*. Pennsylvania: American Society for Testing and Materials.

American Society for Testing and Materials, *C 672 _C0672M-03 Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to De-icing Chemicals*, Pennsylvania: American Society for Testing and Materials.

Atahan, A. O. and Yücel, A. Ö. (2012) 'Crumb rubber in concrete: Static and dynamic evaluation' *Construction and Building Materials*, 36, pp. 617-622.

Benazzouk, A., Douzane, O., Mezreb, K. and Queneudec, M. (2006) 'Physico-mechanical properties of aerated cement composites containing shredded rubber waste' *Cement & Concrete Composite*, 28, pp. 650-657.

Benazzouk, A., Douzane, O., Langlet, T., Mezreb, K., Roucoult, J. M. and Queneudec, M. (2007) 'Physico-mechanical properties and water absorption of cement composite containing shredded rubber wastes' *Cement & Concrete Composites*, 29, pp. 732-740.

Bravo, M. and Brito, J. D. (2012) 'Concrete made with used tyre aggregate: durability-related performance' *Journal of Cleaner Production*, 25, pp. 42-50.

British Standards Institute (2006) *PD CEN/TR 15177:2006 Testing the freeze-thaw resistance of concrete – Internal structural damage*. London: British Standards Institute.

BS EN 12350 – 2: 2009 Testing Fresh Concrete – Part 2. Slump Test

BS EN 12504-4:2004. Testing concrete. Determination of ultrasonic pulse velocity

BS 1881 : Part 108 : 1983, Testing concrete. Method for making test cubes from fresh concrete

BS 12390-7:2009 Testing hardened concrete. Density of hardened concrete

BS EN 12350-7:2009 Testing fresh concrete. Air content. Pressure methods

Concrete Society, (1989), *TR 32, "Analysis of Hardened Concrete, a guide to test procedures and interpretation of results"*, Report by a joint working party of the Concrete Society and the Society of the Chemical Industries, UK.

Elbaba, I. F. and Williams, P. T., (2013) 'Hydrogen production from the pyrolysis-gasification of waste tyres with a nickel/dolomite catalyst', *Fuel*, 103(April, 2013), pp. 528-536.

Evans, A. and Evans R, (2006) *UK waste tyre management best practice: Handling of post-consumer tyres – collection & storage*, Oxon: The waste & resources action programme.

Fattuhi, N. I. and Clark, L. A. (1996) 'Cement-based materials containing shredded scrap truck tyre rubber' *Construction and Building Materials*, 10(4), pp. 229-236.

Ganjian, E., Khorami, M. and Maghsoudi, A. A. (2009) 'Scrap-tyre-rubber replacement for aggregate and filler in concrete' *Construction and Building Materials*, 23, pp. 1828-1836.

Khallo, A. R., Dehestani, M. and Rahmatabadi, P. (2008) 'Mechanical properties of concrete containing a high volume of tire-rubber particles' *Waste Management*, 28, pp. 2472-2482.

Khatib, Z. K. and Bayomy, F. M. (1999) 'Rubberized Portland cement concrete', *Journal of materials in civil engineering*, 11, pp. 206-213.

Łaźniewska-Piekarczyk, B. (2013) 'The type of air-entraining and viscosity modifying admixture and porosity and frost durability of high performance self-compacting concrete' *Construction and Building Materials*, 40, pp. 659-671.

- Li, X., Li, F. and Li, J. S. L. (1998) 'Properties of concrete incorporating rubber tyre particles' *Magazine of concrete research*, 50, pp. 297-308.
- Mohammed, B. S., Hossain, K. M. A., Swee, J. T. E., Wong, G and Abdullahi, M. (2012) 'Properties of crumb rubber hollow concrete block' *Journal of Clean Production*, 23, pp 57-67.
- Neville, A. M. and Brooks, J. J. (2010) *Concrete Technology*. 2nd Ed. Essex: Pearson.
- Paine, K. A. and Dhir, R. K. (2010) 'Research on new applications for granulated rubber in concrete' *Construction Materials*, 63(February), pp. 7-17, doi: 10.1680/coma.2010.163.1.73.
- Richardson, A., Coventry, K. and Ward, G, (2011) 'Freeze/thaw protection of concrete with optimum rubber crumb content', *Journal of Cleaner Production*, 23(1, March 2012), pp. 96-103. doi: 10.1016/j.jclepro.2011.10.013
- Richardson A.E., Coventry K., Dave U, Pineaar J, (2011), "Freeze/thaw protection of concrete using granulated rubber crumb", *The Journal of Green Building*, Vol 6, Number 1, Winter, USA, pp 83 -92 doi/abs/10.3992/jgb.6.1.83
- Siegle, L (2006) *Recycle the Essential Guide*. London: Black Dog Publishing
- Segre, N and Joekes, I. (2000) 'Use of tire rubber particles as addition to cement paste' *Cement and Concrete Research*, 30, pp, 1421-1425.
- Topcu, I. B. (1994) 'The properties of rubberized concretes' *Cement and Concrete Research*, 24(2), pp. 304-310.
- Zheng, L., Huo, X. S. and Yuan, Y. (2008) 'Strength, Modulus of Elasticity, and Brittleness Index of Rubberized Concrete' *Journal of Materials in Civil Engineering*, 20, pp. 692-699.
- Zhu, X., Miao, C., Liu, J. and Hong, J. (2011) 'Influence of crumb rubber on frost resistance of concrete and effect mechanism', *Procedia Engineering*, 23(2012), pp. 206-213.

Impact Resistance of Concrete – Using Slit Rubber from Tyres

Kathryn Coventry

Northumbria University, Engineering and Environment, Newcastle upon Tyne, UK
Kathryn.coventry@northumbria.ac.uk

Alan Richardson

Northumbria University, Engineering and Environment, Newcastle upon Tyne, UK
Alan.richardson@northumbria.ac.uk

Jamie Rogers

Northumbria University, Engineering and Environment, Newcastle upon Tyne, UK
j.rogers@northumbria.ac.uk

Abstract: This paper examines recycled tyre rubber, which was machine cut into slits and these were added to Portland cement concrete mixes in different percentages, based on specimen volume. They were then tested to determine the impact performance of each mix in comparison to a plain non-rubberised mix. The results indicated that concrete samples containing recycled rubber, exhibited a loss in compressive strength when compared to the plain concrete mix, however, the rubber modified samples were shown to outperform the plain mix in most areas when tested for impact performance. This rubber slit product may prove beneficial in providing enhanced energy absorption of concrete and has many practical applications ranging from the construction of motorway barriers, airport runways, precast concrete blast barriers and rail system infrastructure.

Keywords: Rubber slit tyres, impact, concrete, toughness.

1 INTRODUCTION

This paper examines the benefits of using rubber slit tyres in concrete to enhance energy absorption. Fibres have a known energy absorbent qualities and display greater toughness than plain concrete. (Richardson et al 2015). A hybrid fibre/rubber slit concrete was tested along with varying doses of rubber slit tyres with regard to impact performance.

Energy saving and carbon reduction has become a global issue over the last decade. However, the rapid growth of the automobile industry and the increasing use of the car as the main means of transportation has had a considerable, adverse effect on these reductions, and has subsequently led to increasing numbers of stockpiled waste rubber tyres (Yung et al, 2004). As well as carbon emissions created in the manufacturing and the use of automobiles, the rubber tyres used on the vehicles pose an equally large problem to the planet. The waste tyres stockpiled, presents a significant environmental, human health and aesthetic problem, meaning that innovative solutions are required to be developed, in order to solve the problem (Li et al, 2004). Several studies have been carried out in order to find ways in which to re-use scrap rubber tyres. Currently, the main percentage of scrap rubber is used in a variety of rubber and plastic products, as well it being incorporated into asphalt for road surfaces and pavements. Some studies have researched and looked into the incineration of the waste tyres for the production of electricity, as well as fuel for burning in cement kilns. However, because of high capital investment involved in this process, using tyres as fuel is technically feasible but economically not very attractive (Siddique et al, 2004). Concrete is one of the most widely used materials in civil engineering and the construction environment, If positive results can be obtained from this research, the economic benefits would provide a significant long-term benefit to society.

2 TYRE DISPOSAL

According to Reschner, (2003) it is estimated that there are approximately 2-3 billion tyres stockpiled in the US alone, with similar figures replicated in many countries across the world. Due to the lack of ready available disposal/storage space throughout the US and other countries, including the United Kingdom, the disposal of scrap tyres in to landfill sites is now becoming increasingly unavailable.

2.1 Recycling of tyres

270 million tyres are manufactured annually, 10 million are recycled into new products, 125 million are used as tyre-derived fuel, 20 million are processed in to ground rubber and 30 million are used in civil engineering applications, meaning that only 27% of tyres are available to be reused (Siddique et al, 2004). At this present moment, the main uses for recycled ground rubber are rubber products such as floor mats, carpet underlay, vehicle mudguards as well as in some plastic products. In some cases, recycled rubber has been used as a fine aggregate addition in the dry process of asphalt courses. In addition, crumb rubber has been known to be used as an asphalt binder in the wet process of hot mix asphalt (Naik et al, 1995).

2.2 Classification of recycled tyres – (Slit rubber)

Once the tyres have reached the end of their life cycle they can be managed in a number of different ways depending on the desired size and texture for the future use of the material. Slit rubber particles are produced in tyre cutting machines, all of the threads are removed from the rubber, as well as the sidewalls of the tyre. The rubber resembles fibrous materials often used in concrete, ranging in many different sizes and shapes (Siddique et al, 2004).

2.2.1 Rubber type

Slit rubber particles are produced in tyre cutting machines, with all of the steel threads removed from the rubber as well as completely removing the sidewalls of the tyre. The way in which the rubber is cut leaves some of the individual particles resembling fibrous materials, similar to those that often used in concrete for improving impact, and crack control capabilities. Slit rubber is produced in many different sizes and shapes from 2mm wide by 20mm long, up to 20mm wide by 20mm long and this means that each particle is irregular when compared to one another (Siddique et al, 2004).

2.2.2 Rubber dosage

The amount of rubber used in each mix design, (rubber dosage), was determined by calculating the volume of each batch by weight and then calculating the percentage of rubber needed by weight also. The rubber particles did not replace any of the aggregate as in some studies; the basic concrete mix remained the same throughout the five different batches, and the amount of rubber was changed as required. This had the effect of changing the volume which in turn affected the density.

2.2.4 Steel fibres

The steel fibres used for testing in this study were obtained from the shredding process of the waste tyres, with the steel beads separated from the rubber by an electromagnetic separator. The steel fibres were of different lengths, diameters and shapes and they also presented irregular shapes

The steel fibre diameters varied between 0.18mm and 3mm, with the length varying between 14mm and 25mm.

2.3 Pre-treatment of rubber

Pretreatments may vary from washing the rubber in warm water to acid etching, plasma pretreatment and various coupling agents (Naik and Singh, 1991).

With alkaline pretreatment, the recycled rubber particles are left to soak in an alkaline solution (NaOH) for any time over 5 minutes and then thoroughly rinsed with water to discard any of the remaining alkaline solution. This treatment is carried out to enhance the strength of the concrete containing rubber particles. This process created a very small increase of the roughness pertaining to the surface texture of those particles (Siddique and Naik 2004). Eldin and Senouci (1993) washed the rubber with water and then thoroughly soaked the rubber particles in a NaOH solution to remove all contaminants. Similarly Rostami et al (1993) used water with a carbon tetrachloride solvent as well as water with a latex admixture cleaner to pre-treat the rubber particles before they were to be added to the concrete mix.

Serge and Joekes (2000) investigated the use of rubber tyre particles as an addition to cement paste. Among the many different treatments given to the rubber particles to enhance the hydrophilicity when mixed with the concrete, sodium hydroxide or NaOH provided the most efficacious results. Those results showed that the NaOH solution enhanced the adhesion of the tyre rubber particles to the cement paste, and mechanical properties such as flexural strength.

2.4 Impact resistant properties of rubber modified concrete

There have been a number of investigations into the impact resistance of rubber-modified concrete using a number of different variables, such as, different sizes and amounts of recycled rubber, within a m³ of concrete. Khatib and Bayomy, (1999) reported that, as the rubber content is increased within the test specimens, there was a corresponding increase in strength reduction. A specimen with a rubber content as high as 60%, by total aggregate volume, shows elastic like deformations, which are retained even after unloading. Raghvan et al, (1998) reported that the concrete beam specimens with rubber shreds or slit rubber were able to withstand an additional load after peak load. They report that this was a consequence of the rubber shreds bridging the cracks.

According to Tantala et al, (1996) the toughness (energy absorption capacity, generally defined as the area under the load-deflection curve of a flexural specimen) of a rubber modified concrete beam with 5% shredded rubber by volume of coarse aggregate, exhibited greater toughness than that of a plain control beam. However, the specimen with 10% by volume shredded rubber did not perform to the same level and showed results lower to the 5% rubber specimen. This appears to indicate that there is an optimum addition of rubber slits to a concrete product.

2.5 The effect of rubber upon compressive strength

Son et al, (2011) investigated the impact of rubber crumb in reinforced concrete columns. They reported that by utilizing waste tyre particles at sizes of 0.6mm and 1.0mm with a weight fraction of rubber 0.5% to 1%, there was an average reduction of 12% to 20% compressive strength. They also reported that the compressive load-carrying capacity of the column specimens decreased with the increase of rubber content. It was discovered that by utilizing 1% rubber content this could produce an 18% reduction in compressive load-carrying capacity of columns constructed with 24 and 28 MPa concrete. Atahan and Yuçel (2012) reported that the compressive strength decreased with the increase in the amount of rubber added to the mix. They suggest that the strength of 100% of the specimens was 93% less than the strength of the control specimens. Ganjian et al, (2009) carried out an investigation in which scrap tyre rubber was used as a replacement for aggregate in concrete. Concrete containing 5%, 7.5% and 10% chipped and ground rubber by weight of coarse aggregate, showed that the strength of the concrete samples containing chipped rubber was reduced. This informed the mix design as used

herein.

3 CONCRETE MIX DESIGN

The concrete used in the batching process for this study was chosen because the cement content was sufficient to coat the recycled rubber and steel particles. Table 1 displays the mix design as used.

Table 1 – Concrete mix design

Material	kg/m ³
CEM 1 (PC) 42.5	360
Sand <4mm coarse	700
Aggregate 20mm graded down marine aggregate	1150
Rubber (slit)	Variable
Steel fibres	30
Water cement ratio 0.5	180

The aggregates are UK sourced, and the cement type is defined within the BS EN 197 British Standards Institution (2000). The water used, described as potable, was supplied from Northumbrian water and contained the following chemicals:

Average of 78.750 mg/l dissolved sulphates (Richardson et al, 2011).

- Sodium content in the water ranged between 13 & 17 mg/l (average of 15mg/l) which when in form of sodium sulphate can be harmful to concrete (Darby et al 2002)
- Chloride with an average of 14.75mg/l

Workability of fresh concrete containing slit rubber particles does not decrease when percentage of rubber is 10% and under, however additional water is needed in order to thoroughly surface coat all of the additional rubber particles prior to batching.

3.1 Test Programme

The rubber slit particles were pre-treated with sodium hydroxide NaOH at a dilution rate of 2kg of NaOH to 7 litres of water. The batching and manufacturing process entailed the use of 15 No 150mm concrete cubes for compression testing, the variables were five different amounts of rubber used in each batch, 0%, 2%, 5%, 10% and a hybrid mix containing 2% rubber and steel fibres.

In addition 15 No, 400mm x 100mm x 75mm concrete beams for impact testing were batched, again with different amounts of recycled rubber included in the mix. Three beams were used for each concrete type.

3.2 Impact test

Using the Instron CEAST 9340 drop hammer apparatus, a load was applied to the sample beams through a three point loading frame.

The Instron CEAST 9340 is essentially a drop hammer test, which works by releasing a half round striker bar (tup) at a defined force. The tup then hits the concrete beam and generates data from the impact of the collision.

For the purpose of this experiment the span of the two roller supports was set to 300mm, with the falling height of the striker bar increased to 150mm to allow more energy to be released than was being absorbed, this creating visible cracking on the sample beams. Total mass of the unloaded tup hammer was 8.73kg with an additional mass of 5.000kg.

3.3 Compression test

After the 28-day curing period, the compression strength tests were undertaken to BS EN 12390-3:2002 standard. The ELE Autotest 3000 compression apparatus was used to test the sample concrete cubes, with the addition of a clock gauge placed within the machine in order to measure compression movement in mm.

4 Impact Results

All impact tests were carried out using the Instron CEAST drop hammer apparatus; in total, five different mixes were tested, all with the different percentages of rubber particles. The control mix, was the plain concrete mix, containing no rubberised materials. From the three tests carried out, an average was taken from the results to compare with all other values, and most importantly to compare with the plain control mix. It is an important fact to note that during the impact testing, using the same testing set up, all three of the plain concrete samples were broken due to the impact.

The mean value results from the concrete impact test can be seen in the Table 2.

Table 2 – Impact results from plain concrete

Reference	Time to peak load (m.s.)	Peak load (N)	Area under chart to peak load	Peak load to break time (m.s)	Peak maximum deformation (mm)	Deformation at break (mm)
Plain	0.74	19948	3496.9	0.34	1.29	1.72
2% Rubber	0.50	26120	4346.2	0.31	0.60	0.65
5% Rubber	0.72	20182	3751.9	0.59	0.83	1.14
10% rubber	1.03	13585	5277.4	0.70	1.72	2.33
Hybrid	0.68	22805	4203	0.31	0.91	1.07

Using the the plain beams as a benchmark, the results obtained from the test were plotted onto a chart in order to compare the different respective performance of each beam type. The average impact force and deformation is displayed in Figure 1.

Examining Figure 1, and data Table 2, it was determined that even though the 10% mix had the lowest energy in terms of peak force, the deformation carried on for a much prolonged period of time when compared to the others mixes. This meant that it exhibited the highest energy absorption results of all mixes. The overall toughness (energy absorption capacity, generally defined as the area under the load-deflection curve of a flexural specimen) of the 10% mix, when compared to the control mix, was calculated at 50.92% higher, even though it showed a 31.90% loss in peak force, when compared to the plain beams.

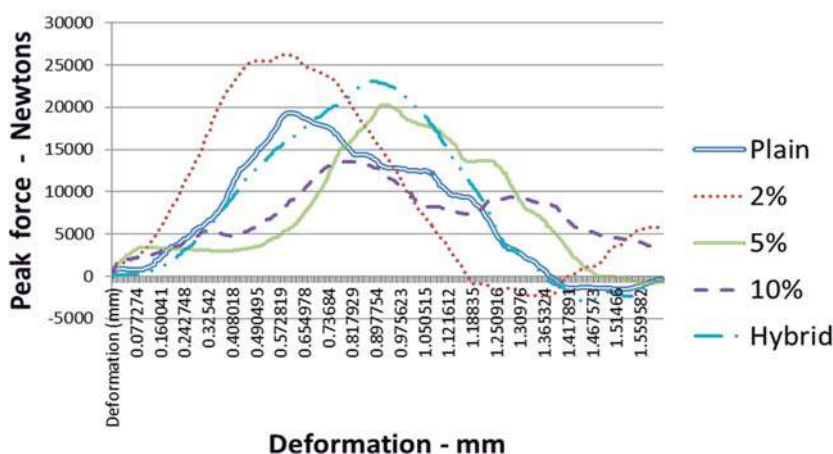


Figure 1 – Average impact data (Force/deformation)

The data taken from tests, as documented in Tables 3-6, and the area under the force deformation curve on Figure 1, show that all of the rubber-modified concrete exhibited a greater toughness than the plain mix. The 2% mix exhibited a 30.94% increase in peak force and 24.29% increase in deformation. The 5% rubber mix gave a 1.17% higher value in peak force and a 7.29% greater deformation value. The hybrid steel and rubber mix peak force was an increase of 14.32% with the deformation also increasing by 20.19%.

4.1 Compressive test results

All of the sample concrete cubes were tested after 28 days of curing in a ELE Autotest 3000 compression machine to BS EN 12390-3:2002. When analysing the results it can be seen that the data obtained replicates that of several authors, such as; Rostami et al.,1993, and Eldin and Senouci, 1993. As expected the partial inclusion of the rubber particles to the concrete mixture caused a progressive loss in compressive strength for all the tested rubber modified specimens. When compared to the control plain concrete mix, all of the tested specimens, on average, compressed to a greater value under a lower applied pressure. As illustrated in Table 7, all of the three rubber-modified concrete mixes, and the hybrid mix, exhibited predictable rubberised characteristics.

The concrete mix that had a 2% rubber content, exhibited an increase in strain of 20.72% when loaded in compression and compared to the plain mix. The same concrete displayed a reduction in compressive strength of 4.79 N/mm². The 5% rubber concrete mix exhibited a 4.19% increase in strain and 9.75 N/mm² less stress (Ultimate compressive strength).

The 10% concrete specimens gave an average value of 13.17% increase in strain when compared to the plain control mix, however this was obtained with a reduction in compressive strength of 13.17 N/mm² compared to the plain mix.

The hybrid mix containing 2% rubber and recycled steel fibres gave the largest compression value. It was tested at an average of a 38.74% greater strain than the control mix. This mix also gave the highest stress value of the 4 modified mixes, the average being taken at 29.28 N/mm², 3 N/mm² less than the control mix but still an improvement on the previous values. Figure 2 shows the percentage comparison for the strain values.

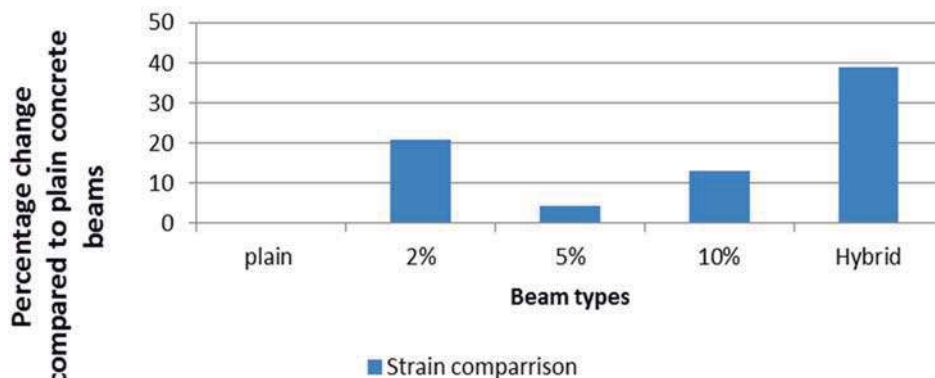


Figure 2 – Strain comparison

The plain concrete mix was abrupt from the moment of maximum force. In contrast to this, the rubber modified specimen's failure duration was far more gradual due to the concrete becoming more flexible and rubberised with the increasing inclusion of the rubber particles. All of the tested rubber modified specimens were able to withstand loads beyond the initial failure. Failure of the plain concrete samples was characterised by the separation of pieces of the concrete face from the sample. In contrast to the plain control specimens; samples containing rubber particles were not characterised at failure by detachment of the concrete face due to the bridging of the cracks by the rubber slits. Despite having a lower strength when compared to the

plain mix, pieces of concrete had to be forcibly removed by hand in order to observe the damage, and in some cases this proved to be too difficult as the rubber particles were bridging over the cracks in high numbers.

5 Conclusion

This paper presents the results of an investigation, carried out to determine whether the addition of slit rubber particles from recycled tyres would improve the impact qualities of Portland cement concrete. The findings are as follows:

- The concrete specimens containing rubber slit pieces display greater degrees of toughness when compared to plain concrete. The hybrid mix composed of slit rubber particles, and steel fibres, does have an enhanced effect of improving the impact capabilities of concrete.
- The addition of the slit rubber particles prevented the concrete from breaking into two pieces whilst subject to impact forces, as well as preventing pieces of concrete from separating off whilst under slow compressive loads. This was due to the cracks being bridged by the rubber within.
- The density of the rubber-modified samples was less than that of the plain concrete samples. This is due to the lower unit weight of the rubber particles and the air that they entrap with the rough surface texture.
- The addition of slit rubber particles provided a reduction of compressive strength when compared to plain concrete, which may limit the use of the material in many construction and structural applications.
- The positive properties as detailed herein, could be advantageous for a number of construction applications such as, driveways and motorway barriers. If the demand for rubber-modified concrete were to increase, it would decrease the need for disposal of used rubber tyres.

REFERENCES

Atahan AO, Yucel AO, (2012), "Crumb rubber in concrete: Static and dynamic evaluation", *Construction and building materials*, Vol 36, pp 617-622.

British Standards Institution, BS EN 197-1(2000), Cement – Part 1: Composition, Specifications and conformity criteria for common cements.

British Standards Institution BS EN 1008:2002, Mixing Water for concrete – specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete

Eldin NN, Senouci AB,(1993),"Rubber-tire particles as concrete aggregates", *ASCE Journal of materials in civil engineering*, Vol 5(4), pp 478-496.

Ganjian E, Khorami M, Maghsoudi AA, (2009), "Scrap-tyre-rubber replacement for aggregate and Filler in concrete", *Construction and building materials*, Vol 23, pp 1828-1836.

Khatib ZH, Bayomy FM,(1999),"Rubberized Portland Cement concrete", *ASCE Journal of materials in civil engineering*, Vol 11(3), pp 206-213.

Li G, Stubblefield MA, Garrick G, Eggers J, Abadie C, Huang B,(2004), "Development of waste tire modified concrete", *Cement and concrete Research*, Vol 34, pp 2283 – 2289.

Naik TR, Singh SS, (1991), "Utilization of discarded tires as construction materials for transport facilities", *UWM Centre for By-Products utilization*, Report number CBU-1991-02, pp 16.

Naik TR, Singh SS, (1995), "Effects of scrap-tire rubber on properties of hot mix asphalt concrete – a laboratory investigation", *UWM Centre for by-products utilization*, Report No. CBU-1995-02, pp 93.

Papakonstantinou CG, Tobolski MJ, (2006), "Use of waste steel beads in Portland cement concrete", *Cement and concrete research*, Vol 36, pp 1686 – 1691.

Reschner K, (2003), "Scrap tyre recycling", *Waste management world*, Available at: <http://www.waste-management-world.com/articles/2003/07/scrap-tyre-recycling.html> (Accessed 13/11/13)

Richardson AE, Coventry KA, Ward, (2011), "Freeze thaw protection of concrete with the optimum rubber crumb content", *Journal of cleaner production*.

Richardson A E, Coventry K, (2015), "Dovetailed and hybrid synthetic fibre concrete – impact toughness and strength performance", *Construction and Building Materials*, DOI 10.1016/j.conbuildmat.2015.01.003

Rostami H, Lepore J, Silverstraim T, Zundi I,(1993), "Use of recycled rubber tires in concrete", *Proceedings of the international conference on concrete 2000*, University of Dundee, Scotland, UK, pp 391-399.

Serge N, Joekes I, (2000), "Use of tire rubber particles as addition to cement paste", *Cement and Concrete Research*, Vol 30 (9), pp 1421-1425.

Siddique R, Naik TR, (2004), "Properties of concrete containing scrap-tire rubber – an overview", *Waste Management*, Vol 24, pp 563-569.

Tantala MW, Lepore JA, Zandi I, (1996), "Quasi-elastic behavior of rubber included concrete. In: Ronald Mersky (ED)", *Proceedings of the 12th international conference on solid waste technology and management*.

Yung WH, Yung LC, Hua LH,(2003), "A study of the durability properties of waste tire rubber applied to self-compacting concrete" *Construction and building materials*, Vol41, pp 665-672.

Study of Natural Ventilation for a Modular Façade System in Wind Tunnel Tests

Helenice Sacht

Federal University of Latin American Integration, Latin American Institute of Technology, Infrastructure and Territory, Civil Engineering of Infrastructure, Foz do Iguaçu, Paraná, Brazil

helenice.sacht@unila.edu.br

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

braganca@civil.uminho.pt

Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

malmeida@civil.uminho.pt

Rosana Caram

Institute of Architecture and Urbanism, University of São Paulo, São Carlos, Brazil

rcaram@sc.usp.br

ABSTRACT: Wind tunnel tests are a reliable tool to determine the effect of natural ventilation on buildings. This paper presents results of wind tunnel tests conducted to evaluate the influence of ventilation modules positioning on a façade system. Modules positioning was modified, resulting in different façade configurations. The tests were carried out with the use of a model, varying the position of the ventilation modules in the façade configuration. The cases tested were six ventilation modules positioned below the window-sill (ventilated window-sill), and three ventilation modules positioned above and below the façade. The façade system proposed was movable and interchangeable so that the same basic model could be used to test the possibilities for ventilation. Wind speed measurements were taken inside and outside the model for the different façades configurations to evaluate the best performance in relation to natural ventilation. Single-sided and Cross ventilation were considered for wind speed measurements. Results show the use of six ventilation modules positioned below the window-sill, forming a “ventilated window-sill” is the best solution in terms of natural ventilation.

Keywords: Natural ventilation, Wind tunnel tests, Ventilation modules, Modular façade system.

1 INTRODUCTION

Natural ventilation is the movement of air through specific building openings due to the natural forces produced by wind and temperature differences. Nowadays natural ventilation has gained prominence, because the correct use of it can reduce the energy consumption for cooling systems and improve the thermal comfort of users. The two fundamental principles of natural ventilation are stack effect and wind driven ventilation.

About wind velocities Olgyay (1998) e Evans (1957) point out that air velocities up to 0.25 m/s are imperceptible, not causing cooling sensation in users. For these authors, speed values between 0.25 and 0.50m/s are pleasant and provide fresh feeling. Evans and Schiller (1994) point out that values up to 0.5m/s have no cooling effect, and above this value it originates a perceptive movement for cooling effect.

The air velocity required for comfort is based on the health of users, as the supply of oxygen and removal of contaminants. The maximum speed of indoor air is defined by factors such as physiological comfort, type of building and use. For office and commercial buildings, the limit is

0.8m/s, for industrial spaces 1.5m/s is acceptable this values to assist in the removal of toxic substances, heat or other harmful conditions. For residential buildings the maximum speed indoor air recommended is 1 m/s (Military Handbook, 1990).

For ventilation studies, wind tunnel tests are a reliable tool for determining the effects of wind loads on civil engineering structures and also to determine the influence of natural ventilation in buildings, which is the specific purpose of this research. The natural ventilation, renewing the air in a closed environment without using mechanical elements, can lead to energy savings by avoiding air conditioning system use and, in addition, provide air quality.

In a wind tunnel, speed and wind direction are controlled and small models are used to simulate the natural ventilation of buildings. There are some studies in this area in terms of measurements of velocity, pressure and air change rate to analyse the characteristics of cross ventilation (Murakami et al., 1991). Jiang et al. (2003) present a comparison of results obtained from wind tunnel tests and numerical simulation of airflow. This type of simulations can also be considered to allow the study of natural ventilation in buildings.

The wind tunnel tests performed with reduced scale models are important for:

- Increasing the reliability and effectiveness of construction and also reducing the costs of projects;
- Allowing evaluation of the influence of other buildings, surroundings and ground in the ventilation of buildings;
- Evaluating the quality of indoor air in relation to the dispersion of pollutants and contaminants;
- Allowing a more efficient study of the ventilation of indoor environment and optimize the distribution of windows for a better environmental comfort (in the case of this research).

Furthermore, wind tunnel tests can be used, for example, to study cases as direct cross-ventilation and the ventilation positioned downwind or windward and also the positioning of the opening to the wind (positioned at normal or parallel to the flow direction of ventilation).

The definition of the model characteristics is fundamental to the realization of wind tunnel tests. The phenomenon observed in the model and in the prototype (the real building) has to be equivalent, if the rules of physics and conditions contour are similar. The model and the building are not the same, but the relationship between the parties, height and length ratio allows recognizing the prototype in the model and vice-versa (Cóstola, 2006).

This paper presents results of wind tunnel tests conducted to evaluate the influence of ventilation modules positioning on a façade system. The modules positioning was modified, resulting in two different façade configurations.

2 METHODOLOGY

2.1 The wind tunnel

The wind tunnel (atmospheric boundary layer) of the Laboratory of Environmental Comfort and Applied Physics, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Urbanism, UNICAMP operates with an axial fan sucking air and was used in this work. Figures 1 and 2 respectively present a view from the exterior of the axial fan and a general illustration of the wind tunnel.

The wind tunnel used has a cross-section of the chamber test of 0.9m width by 0.8m height with an area of 0.72m². Inside the wind tunnel, turbulence is generated by means of a roughened surface and zero pressure gradient (due to the need to generate a turbulent boundary layer).

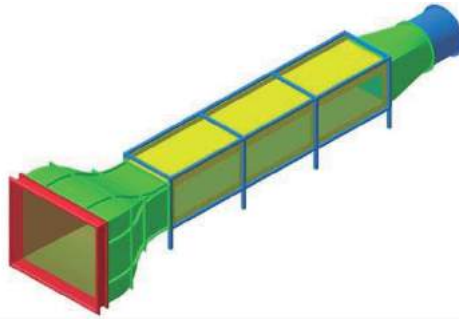


Figure 1. Wind Tunnel - UNICAMP. Figure 2. Wind Tunnel Overview

Besides these features the wind tunnel has other details, such as:

- Total length of the tunnel of 9.03m;
- Length of the test section of 4.80 m;
- Diameter of the fan blades of 1.20 m, in a total of 16 blades; and
- Wind tunnel output diameter of 1.25m.

2.2 Definition of the model

As the dimensions of the test section of the wind tunnel are 0.9m in width by 0.8m height, with a total cross-sectional area of 0.72m², the rate of the obstruction test section is recommended to be 5% acceptable up to 7%. Therefore, the model should block up to 7% area, namely the frontal area of the model, perpendicular to the wind, should be maximum 0.05m². There are no restrictions of dimensions in the horizontal direction along the wind tunnel.

The model was built in the scale 1:20, with dimensions of 0.16m in height, 0.28m in width and 0.28m length and the frontal area is 0.045m². The cross-sectional obstruction of the wind tunnel is 6.3%. Table 1 presents the dimensions of the model and real dimensions.

Table 1. Dimensions of the Model.

Measures	Real Dimensions (m)	Models Dimensions (m)
Height	3.20	0.16
Width	5.65	0.28
Length	5.65	0.28
Scale		1:20
Section area of the wind tunnel (m ²)		0.72
Frontal area of the model (m ²)		0.045
Cross-sectional obstruction of the wind tunnel (%)		6.3

The model was constituted by wood paper with thicknesses of 1, 2 and 3 mm and connected by PVA glue (Figures 3 and 4).



Figure 3. Model. Figure 4. Open Model.

Afterwards, the parts in acrylic (variations of facades with 2.5m x 2.5m and 2mm thickness) were cut in the Laboratory of Automation and Prototyping for Architecture and Construction (LAPAC), Faculty of Civil Engineering, Architecture and Urbanism (FEC) UNICAMP (Figure 5).

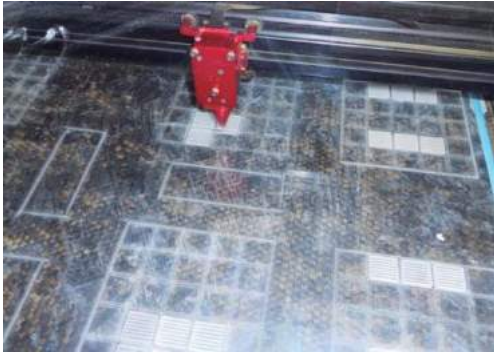


Figure 5. Prototypes confection of the facades in acrylic, then creasing the cuts are started on the laser cutter.

The facades proposed are mobile and interchangeable in order to take advantage of the same base model to test possibilities of ventilation. Two variations of facade positions, whose characteristics will be presented below, were built. Each ventilation module has dimensions of 0.50 x 0.50 m.

The cases tested were six ventilation modules positioned below the window-sill (ventilated window-sill) (01A), and three ventilation modules positioned above and three below the façade (01B). Each of these cases was tested twice, considering the door for ventilation exit open or closed (Figures 6, 7 and 8).

The purpose for these tests was to evaluate the internal and external speeds for each configuration of facade presented earlier. These tests were important to emphasize how such variations influence to obtain more efficient natural ventilation. The most important in the velocity measurements in the wind tunnel in this research are the indoor values relative to the speed of incidence on the facade.

To measure the internal speeds of the model in the wind tunnel, three sensors hot wire anemometer thumbnails were installed inside, through holes in the bottom. The internal sensors (P2, P3 and P4) were positioned at a height of 0.80m from the floor in the scale of 1/20, which corresponds to a person sitting. In addition, two external sensors were installed on the outlet air opening (door) (P5 and P6), in order to obtain the wind speed when leaving the model (Figure 9).

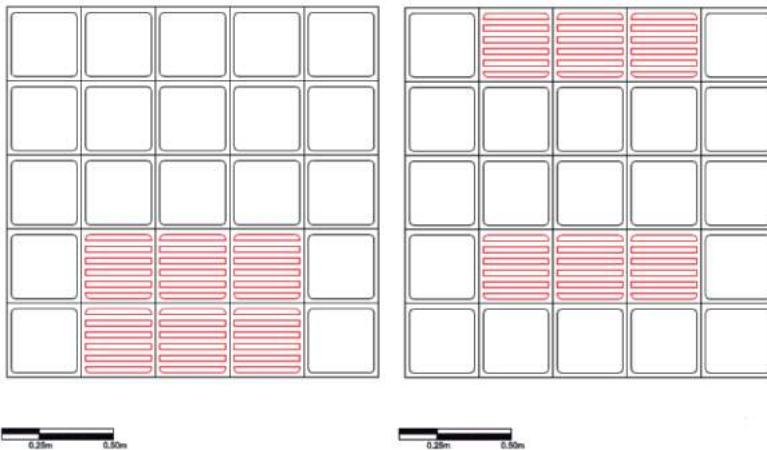


Figure 6. Case 1A: Ventilated window-sill. Figure 7. Case 1B: Three ventilation modules positioned above and three below the façade.

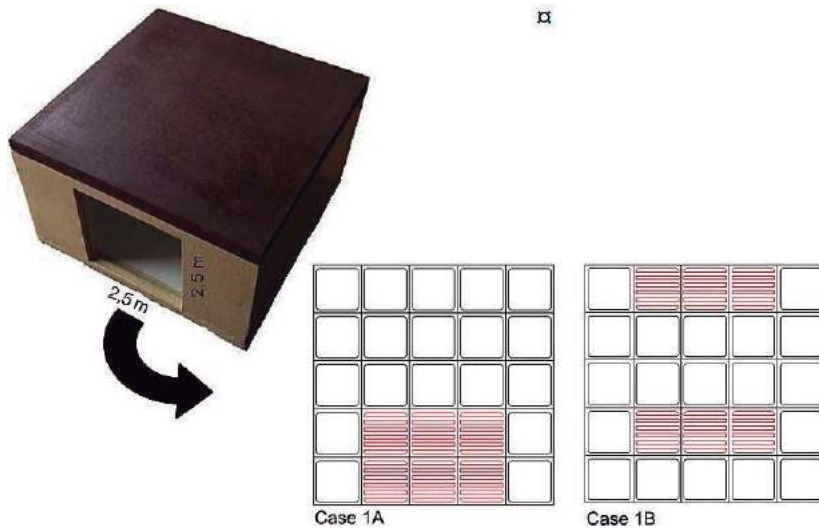


Figure 8. Configuration of facades to wind tunnel tests.

In the main model facade was installed the sensor (P1) for the purpose of measuring the speed of the external wind before reaching the physical model. The Figure 10 presents the model positioned inside the wind tunnel with the front sensor (P1).

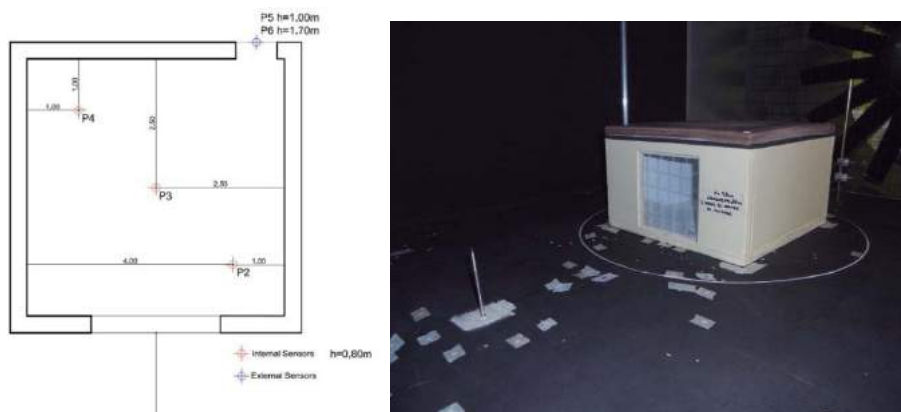


Figure 9. Positioning of sensors in the model. Figure 10. Model positioned inside wind tunnel.

3 RESULTS

Measurements were performed to compare the speeds of the two variations of facades studied in order to determine which one offers the best performance relative to natural ventilation. Internal and external speeds were quantified by tests in the wind tunnel.

The results of wind tunnel tests were performed by comparing internal speeds and the wind speed of incidence, close to the facade in order to determine the configuration that offers the best ventilation conditions.

3.1 Measurements of wind speed

Tables 2 and 3 present values of the average air velocity at specific points observed in the model described previously (three internal and three external points), according to the configuration of the façade.

About the speed measured inside and outside of the model:

- V1 = Wind speed at the point P1 to the facade 6m and 1.55m in height;
- V2 = Wind speed at point P2 in the edge to 0.80m in height;
- V3 = Wind speed at the midpoint P3 to 0.80m in height;

- V4 = Wind speed at point P4 in the edge to 0.80m in height;
- V5 = Wind speed at point P5, in the air outlet (door) to 1.00m in height;
- V6 = Wind speed at point P6, in the air outlet (door) to 1.70m in height.

Table 2. Case 01A: With and without cross ventilation - Average Speeds by Frequency

Frequency (Hz)	Average Speeds by Frequency (m/s)											
	V1		V2		V3		V4		V5		V6	
	1AO	1AC	1AO	1AC	1AO	1AC	1AO	1AC	1AO	1AC	1AO	1AC
3	1.67	1.24	0.61	0.59	0.78	0.59	0.64	0.57	0.84	-	0.94	-
5	2.39	2.42	0.65	0.59	0.98	0.59	0.79	0.57	1.29	-	1.49	-
7	3.91	3.38	0.81	0.59	1.88	0.59	1.12	0.57	2.10	-	2.25	-
9	5.33	4.83	1.14	0.59	2.63	0.60	1.35	0.57	2.82	-	2.94	-
11	6.05	5.97	1.53	0.60	2.88	0.61	1.44	0.58	3.23	-	3.35	-
13	7.06	7.20	1.64	0.60	3.41	0.64	1.76	0.58	3.81	-	3.94	-

Case 01A:

1AO= Case 01A with cross-ventilation (open door)

1AC= Case 01A without cross-ventilation (closed door)

Table 3. Case 01B: With and without cross ventilation - Average Speeds by Frequency

Frequency (Hz)	Average Speeds by Frequency (m/s)											
	V1		V2		V3		V4		V5		V6	
	1BO	1BC	1BO	1BC	1BO	1BC	1BO	1BC	1BO	1BC	1BO	1BC
3	1.48	1.44	0.64	0.59	0.74	0.59	0.59	0.57	0.78	-	0.90	-
5	2.44	2.26	0.69	0.59	0.85	0.59	0.67	0.58	1.28	-	1.52	-
7	3.63	3.78	0.86	0.60	1.41	0.60	0.72	0.58	1.91	-	2.19	-
9	5.51	5.48	1.10	0.60	2.15	0.61	0.85	0.59	2.75	-	3.06	-
11	5.34	4.96	1.37	0.61	1.83	0.61	0.89	0.59	2.87	-	3.26	-
13	7.41	6.74	1.46	0.62	2.66	0.64	1.13	0.60	3.87	-	4.29	-

Case 01B:

1BO= Case 01B with cross-ventilation (open door)

1BC= Case 01B without cross-ventilation (closed door)

For a better analysis of the results were prepared graphs showing the air velocities inside and outside the model studied as a function of the speed of 6m from façade and height of 1.55m (V1). It is observed in most cases, for cross ventilation, a linear trend in velocity variation in the measured points. The highest values were observed in the velocities measured for points outside the model, positioned at the outlet air opening (P5 and P6) (Figures 11 and 12).

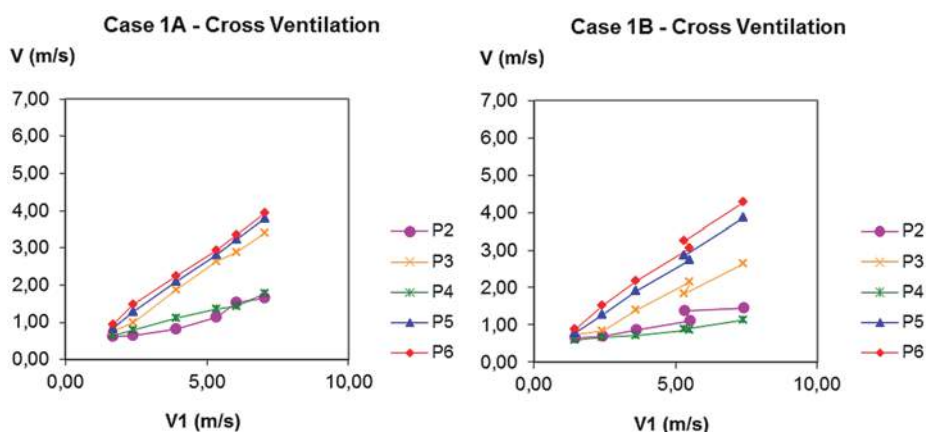


Figure 11. Case 1A with cross ventilation: Speeds in internal points and speed on the facade (V1). Figure 12. Case 1B with cross ventilation: Speeds in internal points and speed on the facade (V1).

For these cases, that present the elements of grid positioned vertically (1A and 1B), the effective opening area on the facade was 0.61m² and the area of door was 1,45m², thus the area of the

air outlet is higher than the input. According to Chávez and Freixanet (1995), the larger the size of the air outlet opening in comparison with the input, the greater the acquired wind speed; this may explain the fact that higher speeds are positioned at the points air outlet port (P5 and P6).

Among the points measured inside the model, the one positioned at the center (P3) resulted in higher values of speed for the cases analyzed, followed by P2 and P4 points values.

For Point P2 located inside the model, on the edge next of the façade, the lowest values of speed were observed for the Case 1B. For the P5 point (the lowest point of the air outlet) were observed lower speeds for Case 1B. Based on the cases without cross ventilation, in other words, with the model door closed, the same results were observed practically for the evaluated facades (Figures 13 and 14).

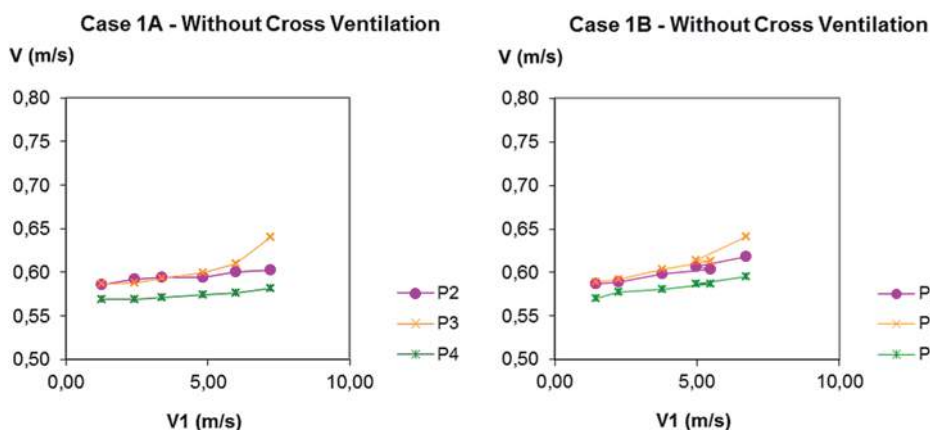


Figure 13. Case 1A: Without cross ventilation: Speeds in internal points and speed on the facade (V1). Figure 14. Case 1B: Without cross ventilation: Speeds in internal points and speed on the facade (V1).

4 CONCLUSIONS

Based on the results obtained by the wind tunnel tests it was observed that the best configuration of facade in terms of natural ventilation was a ventilated window-sill. This solution was better than ventilation modules positioned separately above and below the façade.

It was observed that the cross ventilation provides higher speed and a better internal global distribution of air inside. Probably, the height difference between the openings of the second solution (ventilation modules positioned separately) was insufficient to improve ventilation.

For cases with openings in only one of the facades (without cross ventilation), the ventilation is low, about the same regardless of the type of solution. Probably, the average speed of the internal wind will not change significantly with increasing the size of the inlet opening for cases without cross ventilation. These results prove the necessity of having openings opposite or adjacent to occur better natural ventilation.

REFERENCES

Chávez, J. R. G.; Freixanet, V. F. 1995. *Viento y arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico*. México: Trillas, 196 p.

Cóstola, D. 2006. *Ventilação por ação do vento no edifício: procedimentos para quantificação*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo.

Evans, B.H. 1957. *Natural Air Flow Around Buildings*. Texas Engineering Experiment Station Research Report No. 59, Texas A. & M. College, College Station, TX.

Evans, J. M.; Schiller, S. *Diseño bioambiental y arquitectura solar*. 3. ed. Buenos Aires: UBA, 1994.

Jiang, Y; Alexander, D.; Jenkins, H.; Arthur, R.; Chen, Q. 2003. Natural ventilation in buildings: measurement in a wind tunnel and numerical simulation with large-eddy simulation. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, n. 91. 331–353. Elsevier,

Matsumoto, E. 2008. *Calibração do túnel de vento de camada limite atmosférica e ensaios de aberturas em edificações utilizando modelos reduzidos*. Projeto de Pesquisa Pós-Doutorado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo-FEC, Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. Campinas.

Military Handbook (MIL-HDBK). 1990. *Cooling Buildings by Natural Ventilation*. Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command. Alexandria, USA.

Murakami, S.; Kato, S.; Akabayashi, S.; Mizutani, K.; Kim, Y. D. 1991. *Wind tunnel test on velocity–pressure field of cross-ventilation with open windows*. ASHRAE Trans. 97 (Part 1), pp 525–538.

Olgay, V. 1998. *Arquitectura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili.

Sacht, H. M. 2013. *Módulos de Fachada para Reabilitação Eco-Eficiente de Edifícios*. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Portugal, Guimarães.

Evaluation of the Influence of Early Age Shrinkage on the Control of Mortar Cracking

Matthias Eckert

University of Algarve, Higher Institute of Engineering, Civil Engineering Department, Faro, Portugal
mabaec@yahoo.de

Miguel José Oliveira

University of Algarve, Higher Institute of Engineering, Civil Engineering Department, Faro, Portugal
mjolivei@ualg.pt

A. Bettencourt Ribeiro

National Civil Engineering Laboratory, Materials Department, Lisbon, Portugal
bribeiro@lnec.pt

ABSTRACT: Early age cracking of modern concrete/mortar has reemerged as a problem with the use of high strength materials. The cracked concrete facilitates the flow of liquid and gas into the concrete which attack the reinforcement. These factors reduce the durability of concrete structures and consequently the lifetime of the buildings. In this work it was tested the combined effect of expansive admixtures and set retarders in the early age shrinkage evaluate and microstructural development, in order to identify the influence of setting on the efficiency of the expansive action and crack proneness. It was found that a clear improvement in cracking resistance can be obtained, by adjusting the setting time of the mixtures. Mass loss, total and chemical shrinkage and the influence of superplasticizer were also evaluated.

Keywords: Shrinkage, Cracking, Young's Modulus, Expansive Admixtures, Set retarder.

1 INTRODUCTION

The macro and micro cracking of concrete/mortar is an undesirable phenomenon which occur shortly after casting, in pavements, slabs, bridge decks, rehabilitation layers, etc. This phenomenon accelerates the deterioration of concrete/mortar, which causes premature anomalies (Eckert, 2014). To ensure that concrete structures have a long life time, premature cracking should be eliminated. Nowadays it is attributed a special attention to environmental, economic and social sustainability, where interest arises in innovating construction materials, providing them features of high durability and simultaneously use materials that reduce environmental impact (e.g.: fly ash).

Early age cracking results often from concrete/mortar shrinkage. When shrinkage is associated with self- or external-restraint it creates stresses, increasing the cracking susceptibility. Several types of shrinkage may be identified: plastic, chemical, autogenous, thermal and drying, which are influenced by environmental factors and inherent properties of the material. Plastic shrinkage occurs a few hours after casting, before and during initial setting, when the mortar is in the transition stage between liquid and solid phases (Bentur, July 2002). Chemical shrinkage results from the densities of the reactants and the products of the reaction, since the volume of cementitious products is lower than the sum of the volume of the anhydrous phases and water (Tazawa, Miyazawa, & Kasai, 1995). Autogenous shrinkage is a macroscopic reduction of volume under constant temperature and without any moisture migration to or from the mortar. Drying shrinkage is defined as the time dependent deformation due to loss of water at constant temperature and relative humidity (Hansen, 1987). Creep may be defined as the increase in deformation with time, excluding shrinkage, under sustained stress (Soroka, 1993). Creep plays a key role in assessing the risk of cracking in early age, because it is the main factor that causes

relief of tensile stresses. The environmental factors that affects shrinkage are temperature, wind speed and relative humidity (RH), but also the size and shape of the concrete/mortar elements are important. The inherent factors are the properties of the constituents and the mixture proportioning which determines the microstructural compactness and pores size (e.g.: w/c, aggregate size, particle size distribution, aggregate stiffness, presence of mineral and chemical admixtures).

The self-restraint cracking may occurs in any material that dries or cools not uniformly by diffusion of moisture or heat. The moisture or heat gradients combined with the effect of self-restraint provided by the aggregate, steel-reinforcement, or only by the own cement paste generate compressive stress in the core and tensile stresses on the surface of concrete elements (Klemczak & Knoppik-Wróbel, 2011). When the tensile stress is higher than the tensile strength micro cracking occurs. The external-restraint cracking is caused when the concrete elements are restrained by surrounding structures witch inhibit the shrinkage, inducing high tensile stresses and macro cracking takes place. In practical terms a superposition of both effects occurs, first the micro cracking takes place and later the macro cracking develops from the first.

To evaluate the cracking sensibility we used the ring test, also designed by Coutinho ring test (De Sousa Coutinho, 1954). This kind of cracking tests was used over 90 years (Moon & Weiss, 2006), and many adaptations were done, the most of them to improve the cracking sensibility. The principle of this test is relatively simple: the concrete is cast around a restrictive core (usually steel), against which the concrete shrinks. In the concrete ring tensile stresses are developed and if they are high enough cracking .The material performance is evaluated by a crack characterization in terms of: maximum thickness, average thickness, number of cracks and cracking time.

2 EXPERIMENTAL PROGRAM

2.1 Material and mix proportion

The coarse aggregate is crushed limestone, grade 4-12,5 mm, and the fine aggregate is a siliceous river sand, grade 0-2 mm. The cement is CEM II/A-L 42,5 R and the Fly Ash is Class F (ASTM). The expansive admixture is based on calcium hydroxide formation and the set retarder is a stabilizer of the cement hydration. The two superplasticizers are based on polycarboxylic ether. Additional information can be read on the Master Thesis of reference (Eckert, 2014).

Seven mixtures were investigated, summarized on table1. The dosage of expansive admixture (EA) used throughout the experiment was 20 kg /m³, as recommended by the manufacturer. The water/binder (cement + fly ash) was 0.43, or 0.41 whereas the expansive is also considered as a binder. According to Powers (Powers & Brownyard, 1948), a w/c \geq 0.42 allows enough water to hydrate all the cement and thus self-desiccation is minimal, whereby the shrinkage comes mainly from the drying. The set retarder (SR) dosage was chosen the way to cover a wide range of setting times, which permits to link the degree of development of the microstructure of mortar with the efficiency of expansive admixture. The initial and final setting times were determined as described in (NP-1387, 1976). The superplasticizer (SP) dosage was established in order to satisfy a previously defined slump flow of 70 \pm 2 cm, which allow self-compacting behavior. The mixture proportion of the other constituents was adapted from Oliveira (Oliveira, 2012). The use of a coarse aggregate was required because a simultaneous investigation work was realized with concrete (dos Santos, 2014; Eckert, 2014). In this work all tests were done on mortar, eliminating the coarse aggregate by sieving the fresh concrete throw the nominal size sieve opening of 4,75 mm. The amount of materials in kg/m³ follows: sand - 770,2; coarse aggregate – 754,4; CEM II 42,5 - 283,8; Fly Ash – 172,3; water-194,5, the other materials are given on table 1.

Table 1. Mix proportions (kg/m³)

Composition	Glenium Sky	Ace 40	EA	SR
Sky Reference	8,3	-----	-----	-----
Sky Expansive	10,4	-----	20,0	-----
Sky Retarder	10,4	-----	20,0	0,46 (0,1% binder)
Ace Reference	-----	3,3	-----	-----
Ace Expansive	-----	3,3	20,0	-----
Ace 0,1% Retarder	-----	3,3	20,0	0,46 (0,1% binder)
Ace 0,3% Retarder	-----	3,3	20,0	1,37 (0,3% binder)

2.2 General curing conditions

The demoulding of all specimens was done when the compressive strength reached a value between 2 and 5 MPa, to measure the earliest possible shrinkage strains. The specimens were cast in a climate chamber (CC) with 20 °C and 45 % RH, and they were kept there after demoulding. At the 2nd day the mortar specimens were placed in a ventilated oven at a temperature of 30°C, in order to accelerate the drying process.

2.3 Mechanical properties

Compressive strength (f_{cm}), splitting tensile strength (f_{ctm}), and young's modulus (E₀) of mortar were examined in prisms 4x4x16cm. The samples were removed from the oven after the occurrence of cracking of the mortar rings or after 1 hour, when the composition didn't crack. For each mixtures, 3 specimens were produced. One of them was tested immediately before putting the other two in the oven, which were tested one hour after removing them from the oven, when they reached thermal equilibrium with the surrounding.

2.4 Chemical shrinkage

The chemical shrinkage test was performed in order to evaluate the influence of the EA on the hydration reactions. This test was done in accordance to the ASTM Standard C 1608- 07 technique A, but curing temperature was 20 °C. Four cement paste compositions were done with increasing EA content shown on table 2. The readings were performed after 1,2,3,4,5,8 hours, and 2,3,4,5,6,7,14 and 28 days.

Table 2 Paste compositions for chemical shrinkage tests (g)

Compositions	Cement	Fly Ash	Water	Ace 40	EA	w/b
Ace Reference					-----	0,43
Ace Expansive	93,33	56,67	63,97	1,09	6,58	0,41
Ace 3X Expansive					19,74	0,38
Ace 6X Expansive					39,48	0,34

2.5 Free total shrinkage and mass loss

The specimens used for these two tests were prisms 2,5x2,5x28,5cm with the same cross section as the restricted rings, in order to eliminate the scale effect. After demoulding, which followed the procedure presented before, the prism specimens were sealed on one side to simulate the protection of the core ring from the ring test, and provide equal exposure conditions. The free shrinkage specimens were taken of the oven at the cracking time or after 1 hour when the composition didn't crack and were put again in the CC. Prism readings were performed: after demoulding; after 1day; before placing in oven; immediately after removing from the oven; after removing from oven when it reached thermal equilibrium with the environment; 7, 14 and 28 days. Two additional mixes were done with the CC at RH of 70%.

2.6 Ring test

- Equipment properties

The equipment was designed by Coutinho (De Sousa Coutinho, 1954) in 1954 at the LNEC. The outer ring and the base was made with steel and the inner ring was of aluminum whose strain, induced by the shrinkage of mortar, was measurable with the technology at the time. The strings to measure the strain were unable to be used, that's why the real tensile stress couldn't be taken. The geometrical and physical properties of the equipment are presented in table 3 and figure 1.

- Specimen preparation and curing conditions

Three specimens were used for each mixture; the fresh mortar was casted around the aluminum rings and the top surface was smoothed with a trowel to ensure a better detection of the cracks. The cross section of the ring is 25x25 mm (see the geometry of the ring in table 3). During the period of time the specimens remained in the formwork, one face was exposed to the CC conditions, while the other 3 faces were covered by the formwork. After the second day, the rings were demoulded and put in a ventilated oven at 30°C. The thermal variation leads to expansion of the aluminum core-ring, inducing additional stresses in the mortar (Kovler, Sikuler, & Bentur, 1993) and thus cracking could be reached. To better control the cracking time of the rings, the specimens only remained in the oven during the day period (8h), and during the night period (16h) they were placed in the CC. After 7 days the order was reversed, because of a lack of space in the oven. The specimens were taken of the oven on the end of the cracking day or after 2 weeks without cracking. The specimens were taken of the oven on the day of the cracking or after 2 weeks. Summarizing the curing conditions, the rings were exposed to 3 different drying conditions: during the plastic phase only the top face was exposed to drying (CC), causing moisture gradients and the respective contraction gradients; after demoulding only the face in contact to the core ring was not subjected to drying (CC), in this case the moisture gradients are negligible; after 2 days the specimens were put in the oven at 30°C also with only one face protected from drying.

Table 3. Properties of the ring test equipment

h (mm)	r(mm)	r_i (mm)	r_e (mm)	E_1 (MPa)
25	87,5	75	100	96200
α_0	α_1	μ_0	μ_1	E_0
1,00E-05	2,30E-05	0,2	0,3	(t, mix)

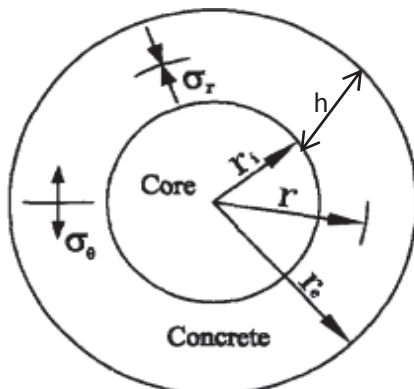


Figure 1. Schematic description of the ring test (Kovler, Sikuler, & Bentur, 1993)

*h-high; r-radius; r_i -inner radius; r_e -outer radius; σ_r - elastic radial stress; σ_θ - elastic circumferential stress; α_0 - Thermal expansion coefficient of mortar; α_1 - Thermal expansion coefficient of aluminum; μ_0 - poisson coefficient of mortar; μ_1 - poisson coefficient of aluminum; E_0 - young's modulus of mortar; E_1 - young's modulus of aluminum; t-time

- Data processing

The number of micro cracks were counted after the first day because they result principally from the moisture gradients which are more intensive at an early stage (Roziere, Granger, Turcry, & Loukili, 2007). The micro cracks develop from the outer to the inner part of the ring in conformity to the contraction gradients. The cracking time, the number of cracks and the crack thickness of the macro cracks were taken at the end of the cracking day, being the macro-cracks measures determined with an electron microscope. The rings were weighed at the age of cracking and the elastic stresses were calculated with equation 1 taken form (Kovler, Sikuler, & Bentur, 1993).

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{\theta}}{E_0} = & \frac{\varepsilon + \alpha_0 T}{2} \left(1 - \frac{r_i^2}{r^2} \right) - (\varepsilon + \alpha_0 T) \\ & + \left\{ \alpha_1 T \left[\frac{r_i^2}{r_e^2} + \frac{1}{1 - \mu_0} \left(\frac{r_i^2}{r^2} \right) \right] + \frac{1}{2} (\varepsilon + \alpha_0 T) \left[1 - \frac{r_i^2}{r_e^2} \right] \left[p - q \frac{1 - \mu_0}{1 + \mu_0} \left(\frac{r_i^2}{r^2} \right) \right] \right\} \times \\ & \times \left[p + q \frac{1 - \mu_0}{1 + \mu_0} \left(\frac{r_i^2}{r^2} \right) \right]^{-1} \end{aligned} \quad (1)$$

Where: ε = free shrinkage strain of concrete; T = thermal variation; the other symbols are defined at table 3.

$$p = 1 + \frac{E_0}{E_1} \left(\frac{1 - \mu_1}{1 - \mu_0} \right) \text{ and } p = 1 - \frac{E_0}{E_1} \left(\frac{1 - \mu_1}{1 - \mu_0} \right)$$

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Setting time

A dosage of 2,3 kg Glenium Sky in 100 kg of binder was necessary to reach the required workability, which is higher than the normal dosage recommended by the manufacturer for common purposes. The initial setting time of reference mixture is 10,7 h (see table 4), which is a very long period, showing a significant retarding effect of the SP at this high dosages. The use of a SR produced a cumulative effect leading to setting times far from normal ranges. This lead us to use a second SP, commercial name Ace 40, with better performance as water reducer. The setting times of all mixtures are presented in table 4. As was expected the set retarder increased the time period of the liquid phase due to the delay of the development of a solid structure. This means that the initial sett occurs later and even the interval between the initial and final set is larger.

Table 4. Setting times

Mixture	Initial setting time (h)	Final setting time (h)	Difference final-initial (h)
Sky Reference	10,7	13,8	3,07
Sky Expansive	9,8	12,2	2,40
Sky Retarder	14,4	16,8	2,43
Ace Reference	4,1	5,6	1,52
Ace Expansive	4,3	5,8	1,52
Ace 0,1% Retarder	5,0	6,9	1,87
Ace 0,3% Retarder	7,8	9,8	1,97

3.2 Mechanical properties

Table 5 presents the compressive and tensile strength test results at 2 days as well as the results of elastic modulus. The f_{cm} , of the mixes with Sky are somewhat lower than that with Ace, because of the high dosage of SP used, which retard the cement hydration. The same is not observed for f_{ctm} and E_0 , at 2 days, which may be related with the effect of the expansive admixture. If the expansive action is produced when the solid skeleton is more developed, the occurrence of microcracking is more probable and hence lower f_{ctm} and E_0 is expected. The values obtained in the two environments (CC and oven) are similar due to quick drying in the oven, which strongly reduce the hydration rate. The introduction of EA improved the mechanical properties due to reduction of the w/b ratio, leading to the formation of a denser microstructure.

Table 5. Mechanical properties at the failure

Composition	Compressive strength (MPa)		Tensile strength (MPa)		Elastic modulus (GPa)	
	Specimens kept in the CC	Specimens kept in the oven	Specimens kept in the CC	Specimens kept in the oven	Specimens kept in the CC	Specimens kept in the oven
Sky Reference	18,8	20,7	3,8	4,1	15,8	17,0
Sky Expansive	21,0	21,5	4,7	4,3	18,5	17,3
Sky Retarder	20,5	21,7	4,0	4,1	17,3	17,1
Ace Reference	19,4	20,3	3,7	3,5	14,7	14,1
Ace Expansive	22,0	22,0	3,8	3,7	16,5	15,9
Ace 0,1% Retarder	23,3	23,8	3,6	4,0	16,7	17,4
Ace 0,3% Retarder	23,7	23,8	4,1	3,9	17,5	16,9

3.3 Chemical shrinkage

Fig.2 shows the chemical shrinkage of the mixtures made with superplasticizer ACE. The use of high dosages of EA (3x and 6x) leads to a decrease of the volumetric shrinkage. The two curves with the lowest shrinkage diverge from the other two after 2 hours. This threshold may indicate the instant of beginning the large formation of different hydration products namely ettringite or portlandite. Since the volume of the products does not exceed the volume of the reactants, the expansion due to the formation of these products may only occur when there is a solid structure to support tensions, otherwise the liquid phase accommodate the volume change as shrinkage. The lower the w/b ratio the closer are the binder particles and consequently higher is the restraint to accommodate the formation of new solid phases in the microstructure.

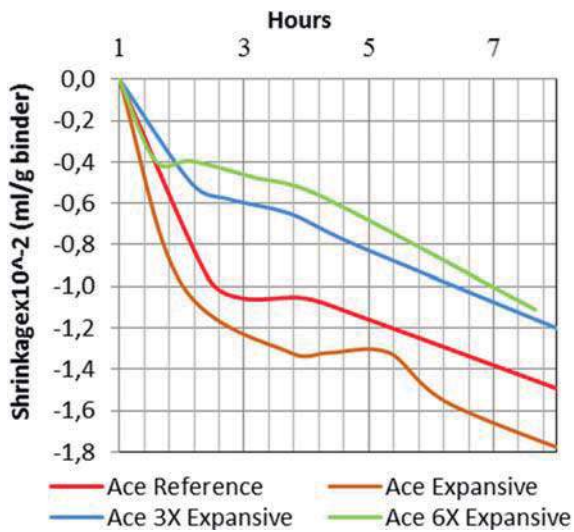


Figure 2. Chemical shrinkage in the first hours

3.4 Free mass loss

Fig. 3 shows the mass loss of all mixtures. It is clear that the EA reduces the mass loss. This can be due to two reasons: water consumption by the expansive reactions which is no longer available for evaporation, and therefore there is less evaporable water; a denser microstructure in the presence of EA, i.e. the porosity reduces more rapidly and thus loses less water. Otherwise, the SR increases the water loss, due to retardation of the hydration reactions. As expected, a lower relative humidity and a higher temperature increased the evaporation rate and consequently the mass loss too.

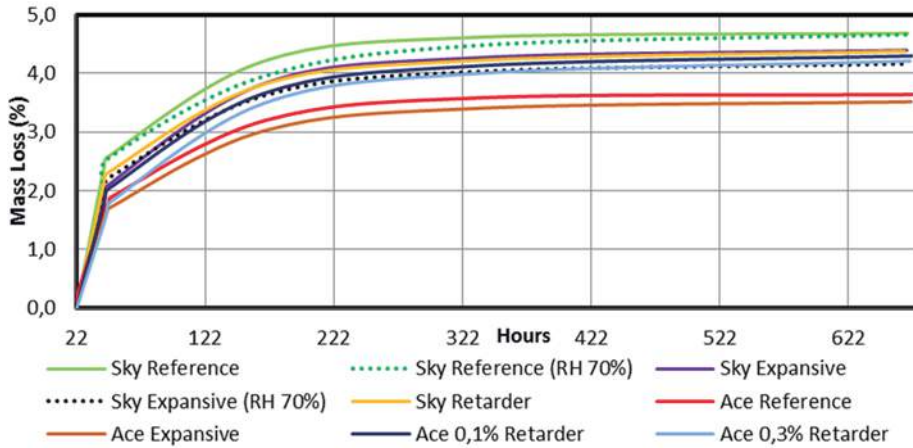


Figure 3. Mass loss of the free shrinkage specimen since the age of 22h

3.5 Free total shrinkage

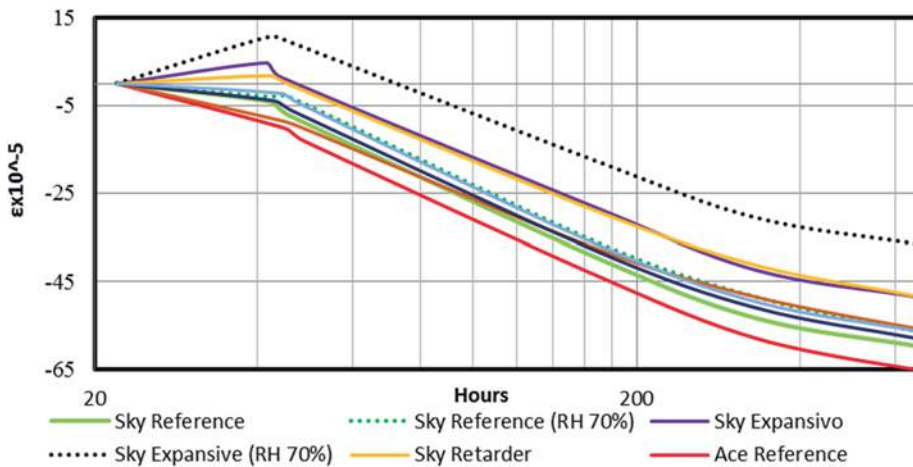


Figure 4. Free shrinkage strain since the age of 22h

Fig. 4 shows the free total shrinkage. It may be observed that the reference mixtures only show shrinkage, but some mixtures with EA show expansion at early age, however, it should be mentioned that the measurements were initiated at 22 hours. Comparing the reference mixtures with the others it can be seen that the EA not only induces an initial expansion but also decreases the long-term shrinkage. Despite losing more water, Sky Reference shrunked less than Ace Reference, probably due to a smaller average pore radius. It can be concluded that the SR extends the expansionary phase for a longer period of time but does not change the shrinkage curves shape. This may lead to reduction of the cracking sensibility, since the time period to reach the same shrinkage value is increased, which is important for tensile strength development. It is also expected that the SR reduces the autogenous and thermal shrinkage, by reducing the rate of heat of hydration. The change of pore size also have a positive effect on tensile stresses due to drying shrinkage (Zongjin, Meng, & Bauguo, 2002). However, in this study

there was a higher mass loss over the 28 days by presence of SR, also a secondary effect of the presence of SR in the initial larger pore structure, and thereby, more water was evaporated from the pores. It can be seen that a higher temperature, in the oven, increases the shrinkage rate because of a rise of autogenous and drying shrinkage.

3.6 Ring test

Tensile stresses on mortar were due to shrinkage and thermal changes, since the coefficient of thermal expansion of mortar and aluminum are different. It can be seen in Fig. 5 that the degree of restraint is conversely proportional to the thickness of the mortar ring i.e. for the same E0 and ϵ the σ_θ gets higher when Ri/Re increases. It is necessary a shrinkage strain of 0,0415% to equalize the tensile stresses induced by a temperature rise of 10°C having Ri/Re = 0,75 used in the tests. Table 7 show the tensile strength obtained in ring mortar at the interface with the aluminum, using equation 1. The characteristics of the mortar and aluminum used for the calculation are presented in table 3. The free shrinkage presented, ϵ , is the free shrinkage of the prisms kept under similar environmental conditions.

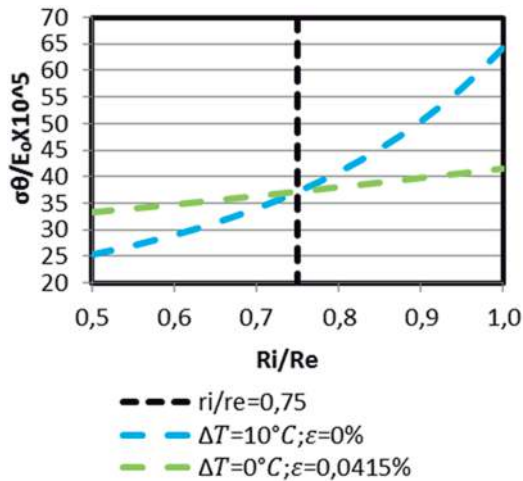


Figure 5. Degree of restraint versus mortar ring thickness. Stress levels induced by thermal expansion and free shrinkage.

Table 7. Ring test: physical parameters at failure

Composition	σ_θ (MPa)		σ_θ / f_{ctm} (%)		RML (%)	Macro cracks				Micro cracks
	CC	Ov	CC	Ov	Ov	No. (unit)	Time (H)	AT (μm)	AAT (μm)	No. (unit)
Sky Reference	0,6	4,3	15,6	106	2,16	1	1	630	630	0,0
Sky Expansive	-0,8	3,0	-16,5	69	3,84	1	4	270	270	5,7
Sky Retarder	-0,1	3,2	-9,7	78	4,15	2	1,75	11	22	1,3
Ace Reference	1,4	4,3	36,7	122	1,57	0,5	1	50	25	7,5
Ace Expansive	1,2	4,4	33,1	119	1,34	1	1	50	50	8,3
Ace 0,1% Retarder	0,6	4,2	16,7	105	1,62	0,5	1	50	25	5,0
Ace 0,3% Retarder	0,4	3,8	8,6	99	3,53	0	∞	0	0	4,3

O- Oven; AT- Average Thickness; AAT- Accumulated Average Thickness; RML-Restrained Mas Loss

There was a significant increase of the stress level in the oven (average of 7x) due to the difference in the coefficient of thermal expansion. The negative values of stress indicate that the mortar are in expansion, but they do not really represent a compression state because the rings weren't restricted at the outer radius. The positive values indicate a tensile stress state.

The σ_θ / f_{ctm} ratio at the CC conditions are much lower than 1 that's why no cracking occurred. In the oven, a greater σ_θ also corresponds to a higher σ_θ / f_{ctm} except to Sky Reference whose very low f_{ctm} increased the σ_θ / f_{ctm} . It should be noted that creep relaxation can mitigate near

to 50% of the induced stresses, but considering the short time of the test the tension relaxation should be minimal and values of σ/σ_{ctm} higher than 1 represent a high probability of rupture.

It was found that weight loss of specimens in restricted and not restricted conditions were different. For example, in the rings, Sky Reference loses less mass than Sky Expansive what probably is associated to the spacing between the mortar and the core ring at the expansion period. This space expose another surface for drying and consequently the shrinkage increases.

Ace 0,3% Retarder never cracked because the σ/σ_{ctm} do not reach 1. At early stage the shorter the setting time the higher the expansion peak and consequently the longer is also the cracking time. The Sky mixtures with AE cracked even though σ/σ_{ctm} is lower than 1. This apparently unexpected behaviour is well understood if we take into account the free strain used for the calculation was the measured on prisms. Effectively, the mass loss of the rings that presented initial expansion was higher than the correspondent prisms, due to the higher exposure surface, as previously indicated, and the actual stress due to shrinkage on these mixtures should be higher than the computed stress. For mixtures with Ace the number of cracks is greater the higher the elastic tensile stresses and the, σ/σ_{ctm} ratio with the exception of Ace Reference. Sky Reference had the highest average and cumulative thickness of all mixes with Sky because it had a greater σ and also a major σ/σ_{ctm} ratio.

The number of micro cracks tend to increase with the addition of EA, particularly for the SKY mixtures, and decrease with the use of set retarder. This may be related with hydration rate, an increase due to the decrement of W/B provided by the EA and a decrease due to the set retarder.

4 CONCLUSIONS

It can be concluded that the SR and EA improved the 3 mechanical properties evaluated in this work, namely: σ_{ctm} , σ_{cm} and E_0 . The EA lowered the shrinkage strain, as expected, but the SR alone seems to increase it.

In the chemical shrinkage test it was found a significant difference between mixtures with and without expansive admixtures, which should be related with period of the massive formation of the expansion products.

The EA reduces the mass loss, which may be due to the lower w/b and consequent increased compactness of the microstructure. The SR causes an opposite effect because it delays the hydration reactions, providing more time to water evaporation from an incipient solid structure. Concerning the influence of the setting times in the efficiency of the expansive product, it can be concluded that: the shorter the setting time the higher is the expansion peak; long setting times extend the expansive period and reduces shrinkage at later ages. This later effect minimizes the cracking tendency because it provides more time to develop the tensile strength. This was evidenced by the Ace 0,3% Retarder witch never cracked, in 2 tests and 3 rings made from each test. Additionally, with the other Ace mixes the number of cracks was conversely proportional to the setting time. With the Sky mixes the cracking time increased and the crack thickness decreased with the setting time. At long term the shrinkage wasn't affected by the setting time.

The EA increased the number of micro cracks but the SR produced an adverse effect what can be explained by the microstructural development.

The combination of EA and SR is a considerable alternative to conventional methods like SRA`'s or fibers because it improves the mechanical properties and it is more economical.

REFERENCES

Bentur, A. (July 2002). Overview of early age cracking em . In A. Bentur, *Early Age Cracking in Cementitious Systems; RILEM TC 181-EAS - Final Report* (pp. 1-11). Technion, Israel Institute of Technology: RILM Publications S.A.R.L.

De Sousa Coutinho, A. (1954). *A fissurabilidade do Cimentos, Argamassas e Betões por Efeito da Sua Contração*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

dos Santos, L. (2014). Estudo da influência da utilização de retardadores de presa na eficiência de adições expansivas, no controle da retração do betão. Évora: Universidade de Évora.

Eckert, M. (2014). Avaliação da Influência da Retração Inicial no Controlo da Fissuração dos Betões. Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora: Universidade de Évora.

Hansen, W. (1987). Drying Shrinkage Mechanisms in Portland Cement Paste. *Journal of the American Ceramic Society*, 70, 323-328.

Klemczak, B., & Knoppik-Wróbel, A. (2011). Early age thermal and shrinkage cracks in concrete structures- influences of geometry and dimensions of a structure.

Kovler, K., Sikuler, J., & Bentur, A. (1993). Restrained shrinkage tests of fibre reinforced concrete ring specimens: effect of core thermal expansion',. *Materials and Structures*, 26, 231 - 237.

Moon, J., & Weiss, J. (2006). Estimating residual stress in the restrained ring test under circumferential drying. (ELSEVIER, Ed.) *Cement & Concrete Composites*, 28, 486-496.

NP-1387. (1976). *Determinação dos dempos de presa*.

Oliveira, M. (2012). *Betão Autocompactável Com Retração Controlada*. Coimbra: Tese de Doutoramento.

Powers, T., & Brownard, T. L. (1948). Studies of the physical properties of hardened Portland cement paste,. *Bulletin*, 22.

Roziere, E., Granger, S., Turcry, P., & Loukili, A. (2007). Influence of paste volume on shrinkage cracking and fracture properties of self-compacting concrete. *Cement & Concrete Composites* , 29, 626–636.

Soroka, I. (1993). Creep. In I. Soroka, *Concrete in Hot Environments* (pp. 163-177). National Building Research Institute, Faculty of Civil Engineering, Technion-Israel Institute of Technology, Haifa, Israel: E & FN SPON.

Tazawa, E.-i., Miyazawa, S., & Kasai, T. (1995). CHEMICAL SHRINKAGE AND AUTOGENOUS SHRINKAGE OF HYDRATING CEMENT PASTE . *Cement and Concrete Research*, 25, 288-292.

Zongjin, L., Meng, Q., & Bauguo, M. (2002). Influence of chemical admixtures on shrinkage and cracking . In *Early age cracking in Cementitious Systems EAC'01*. Hong Kong.

Customized sandwich panels for the rehabilitation of the built patrimony

Pedro A. B. Sá e Costa

International Master in Sustainable Built Environment, University of Minho, Guimarães, Portugal
pedrosacosta@gmail.com

Joaquim A. O. Barros

Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil Azurém, Guimarães, Portugal
barros@civil.uminho.pt

ABSTRACT: Considering that the future of the construction sector in most European countries will lie in the renovation of the existing building stock, in the next coming years thousands of energy inefficient buildings will need renovation to force EU member states to reach the EU 2020 targets and implement the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). Seeing this crisis as an opportunity, this work aims to develop a concept for prefabricated customizable sandwich panels for the multifunctional renovation of buildings. More than a conventional solution, this proposal aims to combine sustainable building materials, available technologies and systems with advanced design and manufacturing tools within an integrated and mass-customizable approach of advanced building renovation prefabricated solutions. The adoption of these proposed solutions would help reducing energy inefficiency in buildings and minimize construction/renovation problems, enabling some advanced features like the incorporation of technical modules to monitor the building performance during its full lifetime.

Keywords: Prefabricated, Modulated, Panels, Renovation, Façade.

1 INTRODUCTION

The current global crisis has revealed enormous fragilities in the model of development followed by many countries. Fuelled by cheap credit, the housing sector has been particularly responsible for this situation, having been built in the past decades in Europe millions of new homes. However, this mass construction driven by low standards and high demand led most of these buildings to lack the necessary quality, both at the level of construction, indoor environment and aesthetical appeal. With the rise of private and public debt in southern Europe to unsustainable levels, construction came almost to a standstill, resulting in many new unsold empty buildings and a vast quantity of existing energy inefficient buildings constructed over the past 40 years where most of the population still lives, needing urgent retrofitting. Considering that the available housing stock has already reached a level that can guarantee the needs of the European population for the next decades, thousands of uncharacteristic buildings like these will need renovation in the next coming years, as EU member states are required to fully implement the Energy Performance of Buildings Directive to meet new high demanding energy efficiency standards until 2020 (Concerted, 2014; Official, 2010). The rehabilitation of this immense built patrimony will be an essential opportunity to revitalise the construction sector, finding a more sustainable development model based on innovative construction methods and energy efficient solutions. Having in mind that in Portugal alone the existing building stock is estimated around 3 million buildings of which 57% were built after 1971 and are energy inefficient, the potential for improvement is immense (AECOPS, 2009).

Considering this scenario, this work is based on the development of a prefabricated system of customizable sandwich panels for the multifunctional renovation of buildings, especially those built in the past four decades that are characterized by repetitive and monotonous façades

presenting an ideal opportunity for modular renewal solutions. More than a conventional solution, this prefabricated customized system consists of a new external skin that can not only renovate the outdated and unappealing aesthetics of the building, but assist in the improvement of the indoor environmental quality, minimizing energy inefficiency and also other existing construction related problems. It proposes to combine building renovation with technologic innovation, incorporating sustainable and recycled building materials, available technologies and systems with advanced design and manufacturing tools within an integrated and mass-customizable approach of advanced building renovation prefabricated solutions. This modular solution will be based on a prefabricated Fibre Reinforced Cement Composite (FRCC) panel with an inner insulation core incorporating sustainable materials to be studied in two variants: Steel Fibre Reinforced Self-Compacting Concrete (SFRSCC) and Fibre Reinforced Self-Compacting Mortar (FRSCM).

Both panels are expected not only to provide high mechanical stability to the façades, but also offer a new possibility to explore interesting visual solutions to upgrade the visual aspect of existing buildings. For increased energy performance, technical components, such as photovoltaic (PV) or solar panels could also be incorporated on the panel layout, integrating harmoniously these elements on the façades. Advanced solutions could include more sophisticated systems like energy efficient windows featuring control units connected to a domotics system that would monitor the indoor environmental quality of each compartment. At this phase of the investigation a preliminary concept has been outlined, defining the materials that constitute the main layers of the two types of panels to be tested, being the this work mainly dedicated to discuss the potentialities of these solutions in terms of structural, thermal and acoustic performance, as well as cost-efficiency.

2 STATE OF THE ART

2.1 Traditional Renovation vs. Prefabricated Building Renovation

Traditional renovation involves most of the time ineffective construction processes with low quality levels, depending excessively on the craft skills of the workers. Today, in Europe, most efforts to increase thermal performance in existing buildings consist on applying insulation materials to the entire walls, being the most popular method the External Thermal Insulation Composite System (ETICS) that uses most of the times XPS or EPS panels with different thicknesses embedded in a thin topcoat of cementitious material finish. Although ETICS is a lightweight solution with fast assembling on site and relative low cost, when used alone in rehabilitation projects it is somehow limited to protecting the outer skin of the building against temperature oscillations, not addressing other problems like the upgrading of all the technical installations. It also consists exclusively on manual processes that make it more related to traditional renovation methods, with all the associated disadvantages already mentioned above.

Prefabrication has tremendous possibilities when thinking of large building renovations, as it addresses the building as a whole, focusing on specific problems such as the compatibility of the architectural elements with all the installations and the existing façade. This method allows rapid construction due to the fast assembly of the modular elements, requiring also fewer companies and workers on site, less coordination than the traditional approach, and technical compromises reduced to a minimum, showing great potential for cost reductions. Modular elements can also assure the final expected quality level and, if well planned, this process may also avoid major disturbances to the occupants during the renovation process. Prefabrication, however, still faces many challenges concerning the development of integral optimized solutions, as buildings to be rehabilitated have always different features and requirements, leading to the difficulty in implementing standardization in the construction process. Detailing and customization possibilities are still also limited, sometimes making all prefabricated buildings look alike. Other

drawbacks are the lack of specialized workers and the complexity of logistics and process organization, especially if the whole process is not well defined on the planning phase.

2.2 Multifunctional façade systems

Today Multifunctional Façade Systems are solutions intended to be used both in new modular construction and in the rehabilitation of buildings with the highest possible level of prefabrication. Modular panels can be designed to fulfil high thermal requirements, eliminating thermal bridges in buildings, and also make use of all the advantages of prefabrication. Most importantly, they can integrate all the necessary installations, such as new windows, ducting and cabling, making the rehabilitation process more efficient. Moreover, this solution is open to the integration of new technologies, such as solar thermal and photovoltaic panels that can increase the building's energy efficiency levels, along with more advanced solutions like domotics and self-cleaning materials, opening a new chapter on the industry of prefabricated façade panels, combining the flexibility of the manufacturing process to adapt each solution to a specific type of façade or need. The options are immense but the main challenge will be the development of sustainable solutions that can reach a high cost optimisation level and the return of the investment on a reasonable period. Another important aspect for this systems to be successful will be the adoption of new design and work methods such as IDP (Integrated Design Process) and BIM (Building Information Modelling) to promote an efficient inter and trans-disciplinary planning from the project start.

3 PROPOSED CONCEPT

This work is the first step towards the development of a prefabricated customizable sandwich panel for the multifunctional renovation of buildings, by combining materials of complementary performances. The solutions for the modular panel being studied at this stage are expected not only to increase the overall energy performance of existing façades, but they must be seen also as part of a more comprehensive proposal that should encompass the incorporation of energy efficient windows and all the necessary installations to improve the overall performance of the building, like new water pipes and electricity circuits or ducts for mechanical ventilation with efficient heat recovery systems to reduce heating and cooling needs (BPIE, 2011). Passive solar design, another important feature of Nearly Zero Energy Buildings (NZEB), will be explored in this work through the study of the installation of technical modules in openings on the panel or integrated in the panel layout, such as solar collectors for domestic hot water and space heating or photovoltaic panels for electricity generation.

3.1 Materials of complementary functionalities for the panels

One of the main goals of this solution is to combine the excellent physical and mechanical properties of Fibre Reinforced Cement Composites (FRCC) in two 20 mm thin panels, using threaded steel rod connectors to bind these two external layers to an inner core of insulating material, with a Ω -shaped galvanized steel frame (Figure 1).

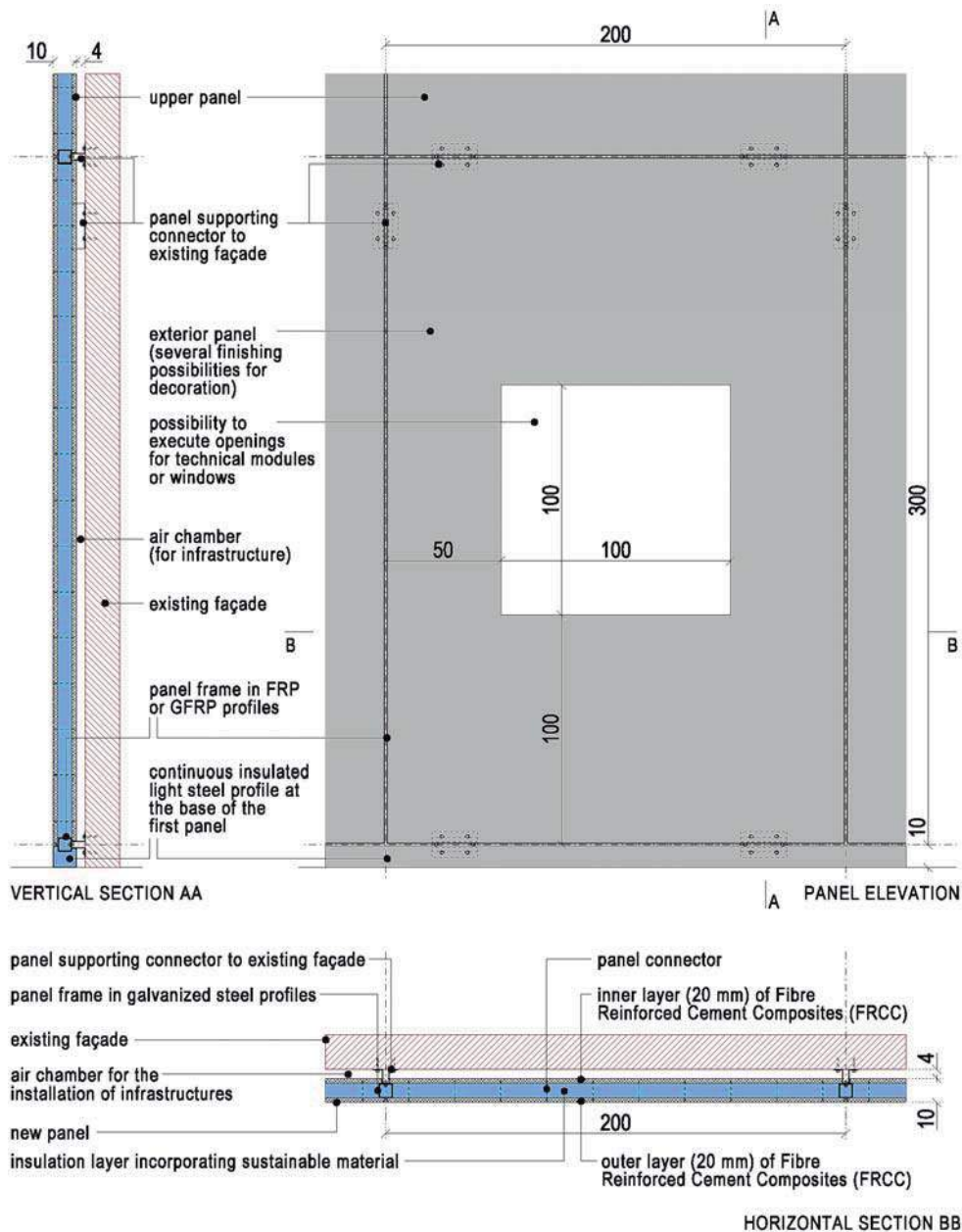


Figure 1. Proposed layout for the panel, including openings for technical modules (dimensions in cm)

3.1.1 External layers - Fibre Reinforced Cement Composites (FRCC)

Being this a non-structural modular panel, FRCC would allow reducing the volume and weight of concrete to a near minimum (20 mm), while keeping its impact resistance and crack-width control capacity through the addition of fibres. Moreover, by using FRCC, the resulting structural panels would not only allow great geometric, dimensional freedom, but would also result in a lightweight façade renovation solution.

Considering the panels and previous results already obtained on the LEGOUSE project, it is also expected that FRCC will develop a higher post-cracking tensile strength than the stress at cracking initiation, guaranteeing simultaneously high ductility, high energy absorption and the required flexural capacity (Lameiras *et al.*, 2013). However, experimental research is necessary to be conducted in order to optimize the properties of FRCC to a thickness of just 20 mm, so at this stage a preliminary concept has been outlined defining the constitution of the main layers of the panel using two different types of FRCC: Steel Fibre Reinforced Self-Compacting Concrete (SFRSCC) and Fibre Reinforced Self-Compacting Mortar (FRSCM). In both cases, the self-

compatibility and fluidity of the compositions is a prerequisite due to the geometric characteristics of the panel, mainly the thickness of the outer layers, and the obstacles to the FRCC flowability introduced by the connectors at the contour of the panel.

3.1.1.1 Steel Fibre Reinforced Self-Compacting Concrete (SFRSCC)

The composition of the SFRSCC to be used on the present work will be based on a research project that was conducted for the development of a lightweight cost competitive SFRSCC panel for building façades (Barros *et al.*, 2007). The used materials were Cement CEM I 42.5R, limestone filler, superplasticizer based on polycarboxylates (Glenium® 77SCC), water, three types of aggregates (fine river sand and coarse river sand of maximum dimension of 2.4 mm and 4.8 mm, respectively, and crushed granite 5-12 mm) and DRAMIX® RC-80/60-BN hooked ends steel fibres. Testing the compression and bending behaviour of the panel up to an average deflection of 30 mm, it was possible to verify that the maximum force was attained at a deflection of about 0.5 mm and was maintained up to a deflection of 5 mm, with its load carrying capacity decreasing smoothly after this deflection limit, but still confirming the high ductility of the panel (Figure 2).

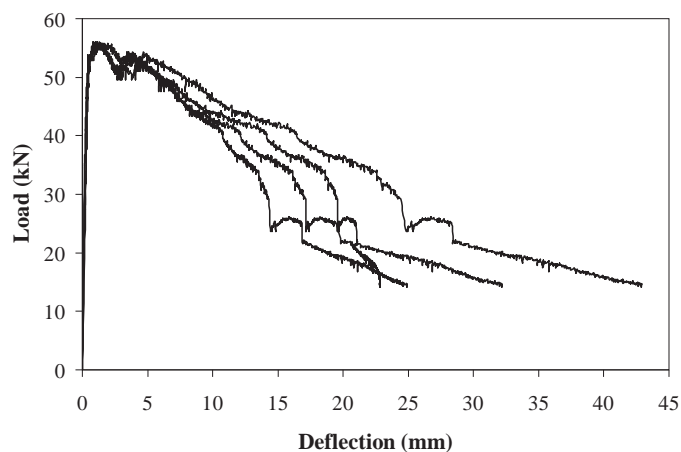


Figure 2. Force-deflection relationship obtained in a tested panel prototype (Barros *et al.*, 2007).

Furthermore, the results from this research project concluded that the designed SFRSCC could not only meet all the requirements of self-compactability, reaching a compressive strength of 25 MPa at 12 hours and 62 MPa at 28 days, with a cement content of about 360 kg/m³, but also exceeded the strength and ductility levels required by the precasting industry for façade panels (Barros *et al.*, 2007).

Although the mix design methodology is similar to the one proposed by Barros *et al.* (2007), the geometric characteristics of the panel - mainly at its contour, with a small space for the passage of the SFRSCC around the anchorage elements - imposes the use of aggregates of relatively small maximum dimension (less than 6 mm), fibres of shorter length, and mixtures of high flowability.

3.1.1.2 Fibre Reinforced Self-Compacting Mortar (FRSCM)

A Fibre Reinforced Mortar (FRM) developed in the context of the INOTEC project - "Innovative ultra high ductility material for the rehabilitation of the built heritage" (Valente *et al.*, 2014), will be tailored in order to get the required self-compacting requisites for being used to build the external layers of the second panel to be tested. This new composite will have the designation of fibre reinforced self-compacting mortar (FRSCM). In the FRM developed in the INOTEC was used cement (type I 42.5R), fly ash, fine sand, superplasticizers (SIKA Viscocrete 3002), viscosity controllers and 12 mm long glass and polypropylene fibres. The FRM was planned to be applied according to the shotcrete technology to the surfaces of existing buildings to be rehabilitated.

The tests performed with FRM samples have pointed out the high post-cracking resistance and ductility conferred by the contribution of fibres. It was also possible to verify that the values of the residual flexural tensile strength parameters ($f_{R,im}$) remained virtually unchanged from the 8th to 28th day after the manufacturing of the samples (Table 1).

Table 1. Average $f_{R,im}$, for the corresponding crack mouth opening displacements (CMOD), fracture energy, and flexural tensile strength according to the CEB-FIP MODEL CODE (Valente *et al.*, 2014)

	$f_{R,1m}$	$f_{R,2m}$	$f_{R,3m}$	$f_{R,4m}$	G_{fm} [N/mm]	$f_{ct,fl}$ [MPa]
CMOD [mm]	0.5	1.5	2.5	3.5	-	-
FRCC (8 days) [MPa]	9.00	6.03	3.72	2.44	5.26	9.56
Variation coef. (%)	15.82	18.90	19.10	18.27	17.38	12.67
FRCC (28 days) [MPa]	11.37	6.43	3.64	2.21	5.26	12.55
Variation coef. (%)	21.73	25.63	25.37	26.04	22.85	18.04

This study has concluded that the developed FRM presents a better flexural behaviour when compared with commercial FRM. For the sandwich panels of the present work, the FRM needs to be tailored in order to get the required flowability.

3.1.2 Interior connectors - Fibre Reinforced Polymers (FRP) vs. steel connectors

Despite the use of FRP connectors was pondered to replace the traditional steel alternatives, assuring the proper stress transfer between the two FRCC outer layers of the panel and avoiding corrosion and thermal bridging due to their low thermal conductivity, at this time economic reasons and the simplification of the design led this proposal to eventually continue exploring the use of steel connectors, although in a very small number (6) and with a different configuration (Lameiras *et al.*, 2013). Instead of FRP, the connector now to be used in panel #1 is a 10 cm long threaded steel rod bar with a diameter of 6 mm and sharp endings, to assure the binding of the outer concrete layers of the panel.

Due to their discontinuous nature and small diameter - and despite its high thermal conductivity - it is expected that these steel connectors will not significantly affect the thermal performance of the panel, but final results will eventually dictate if this much cheaper and widely available alternative will perform at the same level expected for the composite alternatives, in order to assess the best solution regarding cost/efficiency.

3.1.3 Pultruded Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) profiles vs. Galvanized Steel Profiles (GSP)

Initially, GFRP profiles were considered to be tested in the outer frame of the panel, as they present the same advantages of steel profiles, like high structural resistance, with additional benefits - high durability, light weight, the fact that they are corrosion free and more efficient in terms of thermal bridge paths. Recent studies have assessed the structural behaviour of composite beams made of annealed glass panes and GFRP pultruded profiles in order to determine the post-cracking behaviour of those beams, proving the structural advantages and technical viability of this material (Valarinho *et al.*, 2012). The drawback is that this composite can come at a significant cost, a variable that cannot be overlooked if the final solution is to be economically competitive. As a consequence of all the present economic and time constraints, the structure for the frame of the prototype panels will consist on galvanized steel profiles (GSP) with the same Ω -shaped section that was initially designed for GFRP, binding the FRCC outer layers and the insulation core.

It is well known that steel possesses a very high thermal conductivity and may allow for some thermal bridging to occur, but considering that in this particular situation GSP will be confined

almost exclusively to the frame at edge of the panel, it was assumed that at this point this phenomenon would not have much influence in the thermal performance of the panels, as these would be placed over an existing façade and would not be in contact with the interior environment of the building.

Concerning sustainability, galvanized steel is obtained by hot-dip galvanization and has been classified as a sustainable material by the LEED® standard (LEED, 2014). Despite the high level of energy involved, this process is considered a sustainable practice as its two main components (steel and zinc) have a high level of recyclability and metal structures protected with this method usually have a very long life span, requiring very low maintenance and being almost fully recyclable at the end of the life cycle, allowing this material to be reused again.

3.1.4 Insulation: possible materials to be used in the panels

The importance of insulation in a prefabricated panel is paramount, as the quality and thermal performance of the insulating material to be used is vital to the reduction of the energy consumption levels in the building where the panel system will be installed. The main questions concerning insulation are always related to the thermal efficiency and final price of the material, most of the time disregarding other equally important parameters that now cannot be overlooked, such as the evaluation of the environmental impacts and the consumption of renewable and non-renewable primary energy on its production.

As the panels will be assembled in consecutive layers, the insulating material will have enough stiffness and possess a low moisture absorption coefficient to be compatible with concrete in the casting process, keeping its dimensional stability, expansion and compressive coefficient and flexural strengths, avoiding as much as possible transferring shear stresses between the outer concrete layers once the panel is assembled on the façade (Sousa *et al.*, 2014). Today the most current options available in the market consist on rigid expanded or extruded polystyrene panels (EPS or XPS) and although the use of XPS panels will not be discarded due to their high stability, low price and reduced weight, a more natural and similar alternative - black cork agglomerate panels - will be the main option to be investigated in this project, as it is a sustainable material with much lower embodied energy and similar mechanical and thermal characteristics, although with a higher cost (Silva *et al.*, 2005).

3.1.5 Finishing materials and other possibilities - Titanium dioxide (TiO₂)

In terms of finishing options, and considering FRCC the main material of the panel, this study will primarily try to explore its potentialities to be not only a structural component but also the decorative layer in itself, always considering the compatibility of its physical and mechanical properties with the finishing aspect to be chosen and having in mind the final cost of the solution. The incorporation of ceramic or recycled glass finishing options will be studied in subsequent phases, but at this stage a more advanced possibility will be tested through the incorporation of a small percentage of Titanium Dioxide (TiO₂) in the concrete mixtures, as it was found that this chemical compound can act as a photocatalyst under ultraviolet (UV) light, not only promoting a self-cleaning effect on concrete, retarding the aging and degradation of the material, but also performing the depollution of congested air in the cities simply by using sunlight, atmospheric oxygen and water present as humidity and/or rain water, significantly reducing maintenance costs and helping to promote a more sustainable environment (Folli *et al.*, 2011).

3.2 Assembling of the panels on the façade

Regarding the onsite assembling phase, in this preliminary layout all panels would be supported by horizontal and vertical galvanized steel tubular profiles which, in turn, would also be connected to the façade of the building, supporting the weight of the whole system. These

profiles would not only assure all the necessary panel-panel and panel-façade connections, but also have a decisive role to the structural stability of the sandwich panel system. All the tubular profiles to be inserted between the Ω -shaped profiles would be thermally insulated in the cavity to avoid any thermal bridge on the inner side of the panel that could result in energy losses for the building. The whole system would be completed with a bead of mastic filling the gap between panels to guarantee that the façade is airtight and waterproof, avoiding any water leaks to the interior air chamber located between the existing wall and the panel.

3.3 Fabrication and installation using robotization and BIM

Robotization has been used for many years in the automobile industry, aeronautics and many other technologically advanced activities but in the construction industry it is still at an inferior level, despite improvements made in recent years. As main difficulties remain the subsistence of many non-repetitive processes and low levels of standardization (Pastor *et al.*, 2005). Implementing standardization in the construction process is one of the main challenges of prefabrication, as buildings to be rehabilitated have different features that require a certain level of detail and customization. With the evolution of robotization, its use in the construction of prefabricated concrete sandwich panels would now allow a complete integration of the various layers, components and multitude of possible assemblages based on BIM methodologies, supporting not only visual and structural design but also the best layout options. Several major construction companies have already realized this, and have recently started to invest in this technology, setting fully robotized production lines to fabricate glass reinforced cement façade panels, in order to optimize the whole manufacturing process (Figures 3 and 4).

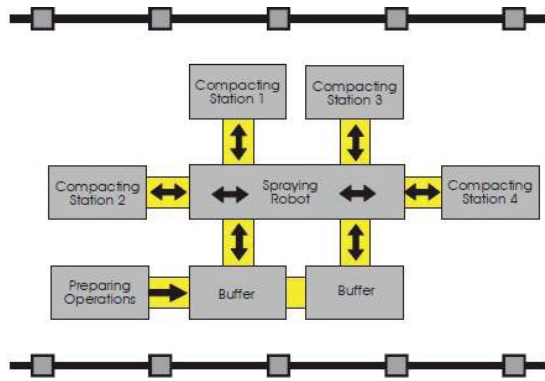


Figure 3. Examples of a robot in the casting process and a possible layout of an assembly line (Pastor *et al.*, 2005)

In a large scale fully industrialized pre-fabrication process, FRCC would be applied using robotized casting equipment completely integrated with BIM and based on parametric design, making this process more efficient than its manual alternatives and giving more control over the fibre content and orientation in the cement mixture. This process would also allow for the full customization and real-time ordering of the modules, with enormous savings of resources. BIM would enable that at each stage, if necessary, further information could be added to the model, allowing for the robot to be quickly reprogrammed to execute the necessary tasks. This approach would help to maximize productivity, flexibility, optimising performance and reducing costs.

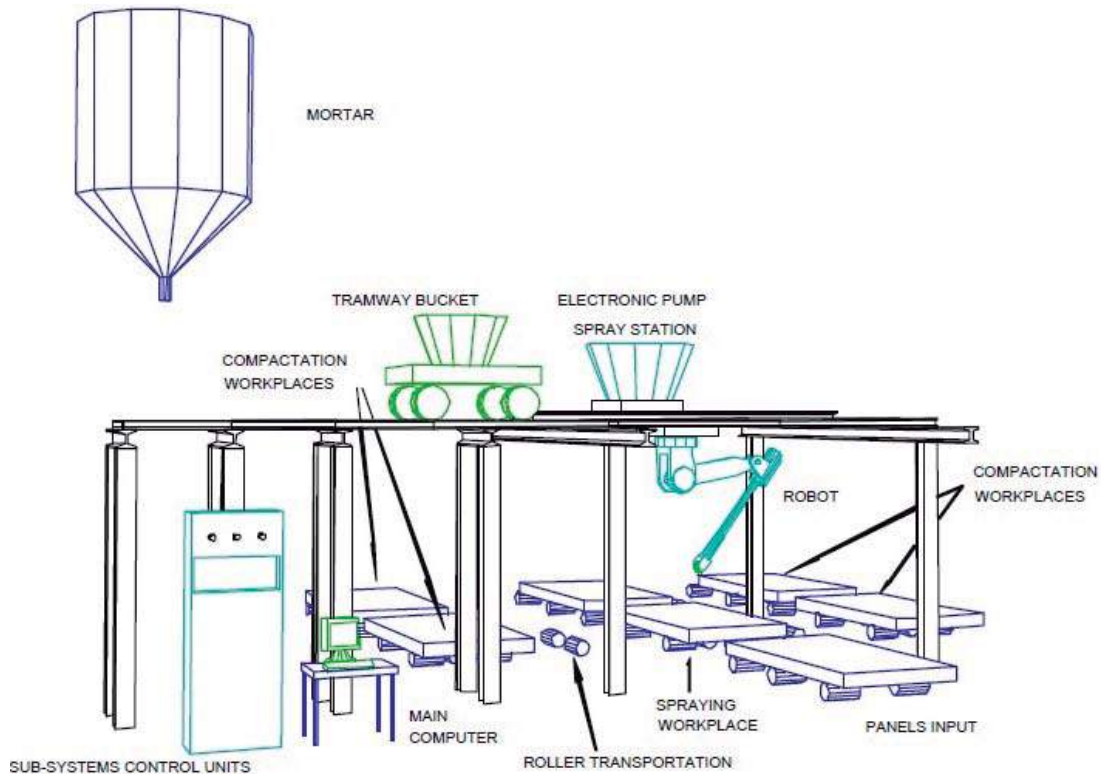


Figure 4. Example of a robotized assembly line (Pastor *et al.*, 2005)

At the project level, BIM models of the façade could incorporate not only its geometric characteristics but additional information, which associated to the parametric features of the panel objects would allow automatic analyses of the solution's structural efficiency, as well as the assessment of its energy and acoustic performance, therefore enabling optimization processes during the design phase, allowing to determine in advance the best solution (Silva, 2012).

4 CONCLUSIONS

Although the proposed system is purely conceptual at this phase, at this point the authors are building two panel prototypes of the above mentioned concept in order to assess their structural, thermal and acoustic behaviour by numerical simulation and experimental testing. The advantages of the proposed materials are based either on previous experiments and tests or by research and investigation works, already concluded or still in progress, so the feasibility of all these components working together in a high performance solution will be the main conclusion to withdraw from this research work.

REFERENCES

- AECOPS, "O Mercado da Reabilitação: Enquadramento, Relevância e Perspectivas", 2009. Available from: <http://prewww.aecops.pt/pls/daecops3/get_noticia?id=28605875> [25 June 2014]
- Barros, J.A.O.; Pereira, E.; Santos, S., 2007. "Lightweight panels of steel fiber-reinforced self-compacting concrete". Available from: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9246>> [05 December 2014]
- BPIE, Buildings Performance Institute Europe, "Principles for Nearly Zero-energy Buildings", 2011. Available from: <http://www.bpie.eu/documents/BPIE/publications/LR_executive%20summary_nZEB.pdf> [03 July 2014]
- Concerted Action EPBD, Energy Performance of Buildings, 2014. Available from: <[http:// http://epbd-ca.eu/](http://http://epbd-ca.eu/)> [18 June 2014]

Folli, A.; Pade, C.; Hansen, T.; Marco, T and Macphee, D., 2011. "*TiO₂ photocatalysis in cementitious systems: Insights into self-cleaning and depollution chemistry*", Elsevier Editions. Available from: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000888461100305X> > [06 July 2014]

Lameiras, R.M.; Barros, J.A.O.; Valente, I.; Azenha, M.A.D., 2013. "*Development of load-bearing insulated panels combining steel fibre reinforced self-compacting concrete layers and glass fibre reinforced polymer connectors – part I: conception and pull-out tests*", Composite Structures Journal, 105, 446-459.

Lameiras, R.M.; Barros, J.A.O.; Azenha, M.A.D.; Valente, I., 2013 "*Development of load-bearing insulated panels combining steel fibre reinforced self-compacting concrete layers and glass fibre reinforced polymer connectors – part II: numerically evaluation of mechanical behaviour*", Composite Structures Journal, 105, 460-470.

LEED, Leadership in Energy & Environmental Design, U.S. Green Building Council, 2014. Available from: <<http://www.usgbc.org/leed> > [05 December 2014]

Official Journal of the European Union, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), 2010. Available from: <[http:// http://epbd-ca.eu](http://epbd-ca.eu) > [18 June 2014]

Pastor, J.; Otamendi, J.; Corpas, C., 2005. "*Successful automation of a line of G.R.C. panels using simulation - Proceedings 19th European Conference on Modelling and Simulation, ECMS*". Available from: <<http://www.scs-europe.net/services/ecms2005/pdf/or-08.pdf>> [06 July 2014]

Silva, Pedro Daniel Moreira, 2012. "*Aplicação de técnicas BIM à construção modular com Painéis Sandwich*". Available from: <<http://hdl.handle.net/1822/30309>> [05 December 2014]

Silva, S. P.; Sabino, M. A.; Fernandes, E. M.; Correlo, V. M.; L. F. Boesel and R. L. Reis, 2005. "*Cork: properties, capabilities and applications*", Institute of Materials, Minerals and Mining and ASM International, Published by Maney for the Institute and ASM International. Available from: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4005/1/0105.pdf>> [03 July 2014]

Sousa, C.; Barros, J.A.O.; Azenha, M.A.D.; Lameiras, R., 2014. "*Polymer and cement-based fiber-reinforced composite materials for sandwich slabs*", BFT International, 64-73.

Valarinho, L.; Correia, J.; Branco, F. and Sena-Cruz, J., 2012. "*Experimental Investigations on Continuous Glass-GFRP Beams*", Instituto Superior Técnico/ICIST/ University of Minho, TU Delft Editions. Available from: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/20508/1/ICP-024_2012_Valarinho_et_al_ChallengingGlass3.pdf> [03 July 2014]

Valente, T.; Gonçalves, D.; Frazão, C.; Barros, J.A.O., 2014. "*Argamassa de Ultra Elevada Ductilidade para Reabilitação: Comportamento Mecânico e Durabilidade*", JPEE2014, 26 a 28 de novembro de 2014, Lisboa. Available from: <<http://www.civitest.pt/?id=207&lang=pt> > [06 December 2014]

Iluminação de escritórios: considerações sobre o uso do LED

Mariangela de Moura

Arquiteta e Urbanista. Gestão, Produção e Meio Ambiente, Centro de Tecnologia de Engenharia Civil/UFF.

mm_arquitetura@globo.com

Ana L. T. S. da Motta

Centro de Tecnologia de Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense.

anaseroa@hotmail.com.br

Mauricio Noya

Gestão, Produção e Meio Ambiente, Centro de Tecnologia de Engenharia Civil/UFF.

mauricionoya@hotmail.com

ABSTRACT: The article addresses the LED technology evaluating the use of such devices in corporate environment, where the level of demand for lighting is different due to specific activities and everyday tasks. Identifies that LEDs have emerged as a response to the need for efficiency energy with low power consumption in artificial lighting systems. Discusses benefits and limiting factors for the use of LEDs and presents two studies which assess its use in office environments. Concludes that it is necessary to ponder the exclusive use of LEDs in work environments as it is necessary to use them in a technically correct way, carrying out measurements and calculations prior to their use in this context.

Keywords: LED technology in artificial lighting, office lighting

RESUMO: O artigo aborda a tecnologia LED avaliando o uso desses dispositivos no ambiente corporativo, onde o nível de exigência de iluminação é diferenciado devido a atividades e tarefas cotidianas específicas. Identifica que os LEDs surgiram como resposta à necessidade de eficiência energética com menor consumo de energia elétrica nos sistemas de iluminação artificial. Discute benefícios e fatores limitadores de uso dos LEDs e apresenta dois estudos que avaliam o seu emprego em ambientes de escritórios. Conclui que é necessário ponderar sobre o uso exclusivo de LEDs em ambientes de trabalho assim como utilizá-los de forma tecnicamente correta, procedendo a cálculos e medições antes da sua utilização nesse contexto.

Palavras-chave: Tecnologia LED na iluminação artificial, iluminação de escritórios.

1 INTRODUÇÃO

O aumento substancial na demanda por energia elétrica é inquestionável. O crescimento do consumo, especialmente nas edificações, não deixa dúvidas a respeito.

No Brasil, edifícios residenciais, comerciais e públicos são responsáveis por cerca de 45% do consumo total de energia elétrica do País, a maior parte dos quais em função dos sistemas de climatização e iluminação artificial. (Medeiros, 2009). No mundo, os sistemas de iluminação artificial representam 20% da energia elétrica consumida. Constituem agentes relevantes no consumo total de energia das edificações, principalmente em edifícios não residenciais. (Garde, 2013; Fonseca, 2009).

Esta realidade confronta com diretrizes nacionais e internacionais de redução no consumo de energia, particularmente voltadas à eficiência energética e preservação ambiental, destacando o conceito de sustentabilidade. A temática da sustentabilidade insere-se fortemente no debate atual de diferentes campos do saber. Na Engenharia e na Arquitetura, voltadas que são ao ambiente construído (aspecto relevante na medida em que poucas atividades humanas são

realizadas sem o suporte de um ambiente construído), uma parte fundamental desse debate refere-se à eficiência energética com baixo consumo de energia nas edificações. (Labaki et al, 2008; Motta e Aguilar, 2009).

Eficiência energética é definida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Não se trata da redução do serviço energético, mas da redução do consumo de energia, em outras palavras, do uso eficiente e racional da energia elétrica. (Lamberts et al, 2004). Constitui um dos indicadores de desempenho do edifício e um requisito de sustentabilidade devido ao grande consumo de energia elétrica nas edificações, especialmente na fase de operação e uso – os edifícios de escritórios, por exemplo, com seus sistemas de climatização e iluminação artificial, consomem quase 23 vezes mais energia em sua vida útil do que a energia necessária para a sua produção. (Corcuera, 2010).

A iluminação não resta imune a esse contexto. Relacionada à sustentabilidade, articula-se com o melhor aproveitamento da luz natural, e conseqüente menor consumo de energia elétrica. A engenharia das novas edificações vem reforçando essa perspectiva ao utilizar importantes recursos nesse sentido, por exemplo, janelas estrategicamente projetadas privilegiando a incidência da luz exterior, paredes isoladas e revestimentos reflexivos.

Mas, o que dizer da iluminação artificial? Novas tecnologias buscam reverter ou mitigar os impactos ambientais do consumo de energia elétrica através de sistemas de iluminação que utilizam lâmpadas mais eficientes. É o caso da tecnologia a LED, diodos emissores de luz, hoje amplamente utilizados em diferentes segmentos, como o residencial, o comercial e o corporativo. No Brasil, sistemas com uso de LED responderam em 2011 por 10% do mercado de iluminação. Até 2020, estima-se que 75% de todos os projetos de iluminação utilizem LEDs e os 25% restantes sejam divididos entre todas as outras tecnologias convencionais existentes. (Dias e Coelho, 2011).

Certamente, esses dados e previsões associam-se aos novos paradigmas introduzidos por essa tecnologia, que representa uma ruptura na iluminação artificial tradicional. Os LEDs são reconhecidos como precursores de uma nova Era no setor de iluminação graças aos benefícios e vantagens em relação às fontes convencionais. (Gois, 2008). Por tal razão, acredita-se que num futuro próximo o mercado assistirá à substituição total das tecnologias convencionais por LEDs. Estudos apontam que a penetração dos LEDs no mundo atualmente gira em torno de 15% e que será de 50% em 2015. (Freitas, 2010; Freitas, 2011).

Não obstante, a literatura também aponta desvantagens e desafios relacionados ao uso dos LEDs. A tecnologia LED é o tema deste artigo cujo objetivo é avaliar o uso dos diodos emissores de luz em ambiente corporativo, onde o nível de exigência de iluminação é diferenciado devido a atividades e tarefas cotidianas específicas, tais como leitura de textos e trabalho em computadores. Aborda-se a tecnologia LED em seus benefícios e fatores limitadores de uso na iluminação artificial. Dois estudos de viabilidade de implantação de LEDs em escritórios são apresentados. A pesquisa tem caráter exploratório, sendo caracterizada como bibliográfica.

2 A TECNOLOGIA LED

Os Diodos Emissores de Luz (Light Emitting Diodes – LEDs na sigla em inglês) são componentes eletrônicos (chips) baseados em materiais semicondutores que, quando energizados, têm a propriedade de transformar energia elétrica em luz, emitindo luz visível. A emissão de luz se dá por efeito quântico. (Lima et al, 2009). Constituem diodos semicondutores que emitem luz quando polarizados diretamente, ou seja, produzem luz apenas pela passagem de uma corrente direta e contínua. O estímulo causado pela corrente elétrica nesses diodos é unidirecional, isto é, praticamente a luz só é produzida se a corrente passar pelo diodo na direção certa, ou seja, do ânodo para o cátodo. (Pinto, 2013).

Diferentemente das tecnologias das lâmpadas convencionais, que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, nos LEDs a transformação da energia elétrica em energia luminosa é feita na matéria, sendo por isso chamada de iluminação em estado sólido. Portanto, a grande diferença da tecnologia a LED em relação às formas convencionais de iluminação artificial é o modo de gerar a luz: ao invés de produzi-la por aquecimento de material (como ocorre com a lâmpada incandescente) ou pela ativação de um gás (como ocorre na lâmpada fluorescente), no LED a luz é gerada pela ativação de material em estado sólido. (Serbena, 2013).

Por várias décadas, os LEDs foram empregados com a única função de indicar o estado de funcionamento de produtos eletroeletrônicos. Posteriormente, com maior potência, passaram a ser utilizados como elementos sinalizadores, notadamente na iluminação pública, setor pioneiro na substituição de lâmpadas convencionais de descarga por LEDs. (Lima et al, 2009). A partir da década de 90, o desenvolvimento de LEDs com emissão de luz branca tornou possível outras aplicações. Atualmente, especialmente na iluminação residencial e comercial, setores que demandam quantidade significativa de energia para a iluminação de ambientes e planos de trabalho, essa tecnologia aparece como importante alternativa. (Kalache et al, 2013).

A literatura aponta três fatores que fazem dos LEDs dispositivos hoje bastante empregados em instalações residenciais e comerciais: i) facilidade de substituição de lâmpadas incandescentes e fluorescentes por diodos de luz branca nos sistemas de iluminação; ii) o fato de a utilização de três LEDs coloridos ou de apenas um LED RGB (que mistura luzes de três fontes monocromáticas: vermelhas, verdes e azuis) proporcionar um feixe luminoso branco ou de qualquer cor intermediária a essas três cores simplesmente com a alteração da intensidade luminosa de cada LED; e iii) o feixe direcionado de luz, característico dessas lâmpadas, semelhante ao das lâmpadas dicróicas. (Pinto, 2008; Kalache, 2013).

Com isso, o uso de LEDs disseminou-se expressivamente. No Brasil, sistemas utilizando essa tecnologia responderam em 2011 por 10% do mercado de iluminação, estimando-se que até 2020 75% de todos os projetos de iluminação do mercado utilizam LEDs e os 25% restantes sejam divididos entre todas as outras tecnologias existentes. (Dias e Coelho, 2011). Tal expansão pode explicar-se pelo reconhecimento dos LEDs como precursores de uma nova Era no setor de iluminação artificial graças a seus benefícios e vantagens perante as fontes convencionais de luz. (Gois, 2008). Não obstante, há desvantagens e desafios que ainda persistem na utilização de LEDs. Esses temas são tratados a seguir.

2.1 LEDs: benefícios e fatores limitadores de uso

Dentre os benefícios e vantagens dos LEDs, a literatura destaca: tecnologia inovadora; aplicação variada e flexibilidade de uso devido às formas e dimensões reduzidas; acionamento instantâneo; durabilidade e longa vida útil, possibilitando menores custos de reposição; qualidade de cor e versatilidade de tons da luz branca; alta eficiência luminosa, pois são fontes de luz pontuais, com perda menor do que as lâmpadas tradicionais. Diz-se inclusive que uma lâmpada LED consegue superar a eficiência de uma lâmpada incandescente em até aproximadamente 40W; variedade e controle de cores; variação da temperatura de cor; pouca dissipação de calor; maior robustez e melhor rendimento em relação à iluminação convencional. (Braga, 2008; Lima et al, 2009; Freitas, 2010; Freitas, 2011).

Quanto à sustentabilidade, os LEDs apresentam compatibilidade com esse conceito: não emitem substâncias tóxicas ao meio ambiente, são energeticamente eficientes e propiciam baixo consumo de energia, com economia de até 80% na comparação com outras tecnologias. (Motta e Aguilar, 2009; Braga, 2008; Lima et al, 2009, Freitas, 2010; Freitas, 2011). Calcula-se que hoje o custo da tecnologia LED seja de duas a três vezes superior ao custo das lâmpadas convencionais. No entanto, este fator não é considerado um problema pela literatura, pois os benefícios do LED, em especial o alto rendimento e a longa vida útil, criariam um mecanismo de

compensação (fator custo X benefício). Ademais, prevê-se a redução dos preços no curto prazo (o valor do LED apresentaria uma tendência natural de baixa) devido à crescente evolução e aperfeiçoamento do espectro de emissão de luz do dispositivo. (Gois, 2008; Freitas, 2010; Freitas, 2011). Ou seja, os LEDs reuniriam todos os requisitos necessários à substituição dos sistemas convencionais de iluminação, inclusive em todos os ambientes. Em contraponto aos benefícios e vantagens, a literatura também observa aspectos negativos e desafios que ainda se impõem à utilização dos LEDs.

A qualidade da luz emitida pelos LEDs é questionada: tende a ser difusa, não proporcionando iluminação focalizada e incorrendo em perda do fluxo luminoso. Gois (2008) observa que, atualmente, LEDs de boa qualidade com especificação de 20.000 a 50.000 horas têm perda de fluxo luminoso de 30%, mesmo parâmetro empregado pelos fabricantes de lâmpadas tradicionais na definição de sua vida útil.

Em aplicações que exigem iluminação constante (caso dos escritórios e ambientes de trabalho), com o tempo a luminosidade dos LEDs se degrada, podendo reduzir-se à metade ao final de sua vida útil. (Braga, 2008).

A durabilidade dos LEDs também é questionada, embora alguns fabricantes garantam durabilidade de 50 mil horas dos LEDs contra 10 mil horas das lâmpadas fluorescentes, por exemplo. (Moura et al, 2013). O chip produz calor em função do consumo de uma corrente estabilizada, tornando a dissipação térmica uma barreira técnica para o seu aperfeiçoamento. Esse aspecto influencia na durabilidade desses dispositivos, somente possível com o uso de dissipadores de calor, em sua maioria de alumínio, considerado um bom condutor térmico. Com um dissipador um pouco menor do que o recomendado, a vida útil do LED pode ser afetada, fazendo com que ele não dure tanto quanto em condições ideais de aplicação. (Gois, 2008; Freitas, 2011).

Outro ponto levantado pela literatura diz respeito ao fato de que, se de um lado, sozinho e individualmente, o LED proporciona baixo consumo de energia, apresentando-se eficiente do ponto de vista energético, por outro, nas luminárias, onde há diversos destes componentes, a eficiência energética é reduzida, exatamente como ocorre em relação às fontes tradicionais de iluminação. (Gois, 2008).

Finalmente, as características dos LEDs, tanto em relação ao brilho com o passar do tempo como em relação à variação da temperatura não são tão excelentes a ponto de nos garantir que esses dispositivos possam ser utilizados sem complicações em qualquer aplicação. (Braga, 2008).

Pode-se inferir que as eficiências luminosas dos LEDs são semelhantes às aquelas encontradas em lâmpadas fluorescentes compactas, significando que a substituição de um produto por outro não é tão simples, daí porque é preciso analisar caso a caso. Existem eficiências para LED abaixo dos valores médios encontrados para fluorescentes compactos, o que não permite afirmar que o LED é necessariamente sempre mais eficiente. O fluxo luminoso emitido pelo LED é normalmente baixo quando comparado ao fluxo luminoso emitido por fluorescentes, especialmente quando se trata de lâmpadas tipo bulbo. Isso implica que na substituição de um produto por outro é preciso instalar mais pontos de luz para que se obtenha o mesmo fluxo luminoso. (Pessoa e Ghisi, 2013).

Deste modo, há fatores que limitam objetivamente a adoção ampla e indiscriminada dos LEDs em projetos luminotécnicos. São inegáveis os benefícios do LED. No entanto, nem sempre esta será a melhor opção de fonte de luz e, em muitos casos, apesar de sua aplicação, o ambiente pode precisar ainda de uma fonte de luz mais tradicional. Fatores como fluxo luminoso, índice de reprodução de cores (IRC), temperatura da cor e térmica, entre outros, devem ser considerados para que a adoção do LED não seja pautada apenas pela economia de energia. Soma-se isso o fato de a aplicação do LED não raro ser equivocada, pois muitos profissionais ainda não assimilaram de todo a informação e o conhecimento técnicos necessários para a sua

utilização. (Freitas, 2011). Assim, é preciso ponderar tanto sobre o uso exclusivo do LED em quaisquer ambientes quanto sobre a maneira tecnicamente correta de utilizá-lo. Dois estudos realizados em ambiente de escritórios destacam tais evidências. Eles são apresentados a seguir.

3 ESTUDOS DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE LEDS EM ESCRITÓRIOS

O primeiro estudo é de Moura et al (2012) e refere-se ao projeto de iluminação do Centro de Inteligência Corporativa (CIC) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no Rio de Janeiro. O espaço, que corresponde a aproximadamente 350m², foi idealizado para ser flexível em suas áreas internas, possibilitando diferentes composições e permitindo que em sete salas planejadas diferentes arranjos fossem implementados, de acordo com a necessidade de treinamentos, reuniões, seminários e videoconferências.

O projeto de iluminação do CIC permitiu a flexibilização das salas e sua utilização em formatos mais adequados. Orientou-se pela proposta anteriormente idealizada por Moura (2008) para a iluminação de alguns setores do edifício sede do IBGE e levou em conta os conceitos de eficiência energética e de conforto visual.

A partir de cálculos que seguiram as normas estabelecidas na NBR 5413, este projeto de iluminação optou pela utilização da tecnologia LED em combinação com tecnologias convencionais por considerar-se que a adoção exclusiva de LEDs não resultaria na melhor alternativa técnica para aplicação no CIC, um ambiente de trabalho.

Na circulação, recepção e cyber café, lâmpadas LED foram utilizadas para iluminação pontual em combinação com lâmpadas fluorescentes (T5 de 2x28W e temperatura de cor de 3000K para tornar o ambiente mais quente) visando economia de energia em função da maior permanência de luminárias acesas em complemento com a iluminação natural, que é intensa ao longo do dia no local. A iluminação escolhida para esses ambientes permitiu que as luminárias com lâmpadas LED ficassem acessas praticamente durante o tempo integral de funcionamento dos espaços. Por se mostrarem duráveis em vida útil, aceitam o movimento de ‘acende e apaga’ sem sofrer impactos.

Na iluminação geral das salas de treinamento utilizou-se luminária T5 de 4x14W para lâmpadas fluorescentes. O projeto adotou em conjunto rasgos indiretos com lâmpadas T5 de 28W (3 mil K), construindo a luz de preenchimento de forma indireta na substituição da luz natural em dias nublados e no período noturno.

Estas soluções podem ser observadas nas imagens a seguir que ilustram como ficaram as salas de treinamento e a recepção do CIC, esta última com iluminação pontual através de LEDs.



Figura 1. Projeto de iluminação do CIC. Fonte: Moura et al (2012).

A proposta de iluminação do CIC baseou-se na premissa de que em ambientes de trabalho sistemas de iluminação eficientes tanto do ponto de vista energético quanto do conforto visual

podem combinar estrategicamente o uso da tecnologia convencional com a tecnologia LED. (Moura et al, 2012).

O segundo estudo, realizado por Moura et al em 2013, ainda não foi publicado. Traça uma analogia entre o atual sistema de iluminação de prédio público estadual de trabalho (exemplar da arquitetura Modernista no Brasil, projetado pelo arquiteto Affonso Eduardo Reidy na década de 1950) que utiliza lâmpadas T8 de 16W, largamente utilizadas em ambientes corporativos, e o sistema que utiliza lâmpadas tubulares LED.

O objetivo foi avaliar a eficiência da iluminância e a qualidade de luz emitida pelas lâmpadas LED, bem como o percentual de economia entre os dois tipos de lâmpadas, considerando parâmetros determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1, referente à iluminação de ambientes de trabalho. (Moura et al, 2013).

A iluminação das áreas de trabalho dos pavimentos tipo é composta por calhas de 62,5x62,5cm com aletas reflexivas utilizando 04 lâmpadas fluorescentes de 16W e reatores de 2x16W. Não há intenção de substituir as calhas de iluminação atuais. O mesmo será adotado para os ambientes, ou seja, os layouts serão mantidos com as mesmas características outrora projetados.

Para tanto, foram criados dois circuitos independentes no quadro de disjuntores de um dos pavimentos do edifício. No primeiro, foram instaladas 12 luminárias de embutir compostas por aletas reflexivas e quatro lâmpadas fluorescentes em cada luminária. No segundo, foram instaladas as mesmas quantidades e tipos de luminárias com quatro lâmpadas tubulares LED em cada uma delas. Para cada circuito, foi instalado um wattímetro, que mediu durante 34 dias o kWh (medida de energia elétrica consumida por hora) como ilustra a Figura 2.



Figura 2. Registro da instalação de wattímetro nos circuitos. Fonte: Moura et al (2013).

A primeira etapa dos testes foi medir com o luxímetro o índice de iluminância alcançado por uma calha reflexiva com aletas, composta por 04 lâmpadas fluorescentes T8 – 16W, em um ambiente sem interferência de qualquer outro tipo de iluminação exterior. Posteriormente, o mesmo procedimento foi adotado, nas mesmas condições, para medir a iluminância das lâmpadas tubular LED de 9W. O teste foi realizado em uma sala reproduzida com as mesmas características dos pavimentos tipo do edifício, ou seja, o mesmo tipo de mobiliário existente, o mesmo pé direito de 2,50m e tipo de piso formado por carpete em placas. Foi medido o índice de iluminância entre o teto e a superfície de trabalho conforme o resultado apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Medição do índice de iluminância entre luminárias fluorescentes e LEDs

Índice de Iluminância Medido		
Tipos de luminárias	Fluorescentes	LEDs
Média do Índice de iluminância registrado	460 lux	575 lux

Os testes aconteceram entre os dias 29 de agosto a 31 de setembro de 2013 compreendendo um período de 34 dias de amostragem. Foram instalados dois equipamentos wattmetro (equipamento que mede KWh) nos dois circuitos de iluminação: fluorescentes e LEDs que forneceu durante o período o KWh dia/KWh . O equipamento fornece ainda o valor do consumo para cada circuito por dia medido, bastando para isso, que seja fornecida ao equipamento a alíquota de energia cobrada pela concessionária de abastecimento de energia. Na Cidade do Rio de Janeiro, a LIGHT detém a concessão de abastecimento e apresentava o valor da alíquota de R\$ 0,239 na época da pesquisa.

No que respeita à eficiência, iluminância e qualidade de luz das lâmpadas LED, o estudo de Moura et al (2013) concluiu que houve melhoria considerável na iluminação do ambiente de trabalho. Conforme relato dos funcionários, a iluminação apresentou qualidade de luz superior e cores mais vibrantes na superfície de trabalho e nos demais objetos da sala na comparação com as lâmpadas fluorescentes. Já quanto ao consumo, o estudo identificou um percentual de 48% de economia do circuito das lâmpadas tubo LED sobre o circuito das lâmpadas fluorescentes, o que confirma a eficiência econômica desse tipo de iluminação. (Moura et al, 2013).

Por outro lado, o estudo concluiu que o uso do LED precisa ser correto, implicando cálculos e medições precedentes que permitam afirmar se o emprego dessa tecnologia é a melhor solução e a mais apropriada em escritórios e ambientes de trabalho. (Moura et al, 2013).

4 CONCLUSÕES

Este artigo teceu considerações sobre a tecnologia LED. Os LEDs surgiram como resposta à necessidade de eficiência energética com menor consumo de energia elétrica nos sistemas de iluminação artificial. E vêm se mostrando uma alternativa consistente em termos de sustentabilidade na comparação com sistemas que utilizam lâmpadas convencionais, sobretudo em aplicações residenciais e comerciais.

Na iluminação de escritórios, no entanto, foco de avaliação do uso dos diodos emissores de luz nesta pesquisa, nem sempre o uso exclusivo de LEDs é a melhor opção. O estudo de Moura et al (2012) demonstrou que em ambientes de trabalho sistemas de iluminação podem ser eficientes do ponto de vista energético e do conforto visual combinando tecnologia convencional com a tecnologia LED. Outro ponto a ser considerado na utilização do LED em ambientes de trabalho diz respeito à forma tecnicamente correta de utilização desses dispositivos. Embora o estudo de Moura et al (2013) tenha apontado eficiência em termos de iluminância, qualidade de luz e economia dos LEDs sobre lâmpadas fluorescentes, também deixou nítida a necessidade de calcular e medir o uso desses dispositivos antes de seu emprego nos escritórios e ambientes corporativos.

Como queria-se demonstrar a pesquisa confirmou a tendência de economia das lâmpadas tubo LED para utilização em ambientes corporativos, uma vez que, apresentou maior quantidade de (lux), melhor nível de iluminância com maior qualidade luz emitida. Quanto à eficiência energética, a pesquisa demonstrou que as lâmpadas tubo LED representam uma economia de 48% sobre as lâmpadas tradicionais fluorescentes o que permite afirmar, com precisão, a eficiência desse tipo de iluminação.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5413/92. Iluminância de Interiores, Rio de Janeiro, 1992.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISSO/CIE 8995-1/2013. Iluminância de Ambientes de Trabalho, Rio de Janeiro, 2013.

Braga, N.C. Problemas no uso dos LEDs. *Revista Saber Eletrônica*, São Paulo, fevereiro de 2008.

- Corcuera, D. 2010. *A Energia dos Edifícios*. São José dos Campos, Casa Consciente, 01 de julho de 2010.
- Dias, R.S.; Coelho, C.R.M.C. 2011. Aplicação de lâmpadas a LED em projeto de iluminação de um galpão industrial. *Revista de Controle e Automação*, pp. 01-07, Belém, IESAM, 2011.
- Fonseca, S.D. 2009. *Contribuições para uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética em Iluminação de Salas de Aula*. 2009. 161 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- Freitas, L. A. 2010. Era dos LEDs. *Revista Lumière*, n. 143, pp. 72-79, São Paulo, março de 2010.
- _____. 2011. LampLEDs: de tendência à realidade. *Revista Lumière*, n. 160, pp. 46-51, São Paulo, agosto de 2011.
- Garde, G.P. 2013. Sistema de Iluminação LED: conceito, histórico & perspectivas. In: XIX Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais & VI Congresso Brasileiro de Cultura de Tecido de Plantas. *Anais...* Recife, 2013.
- Gois, A. 2008. *LEDs na Iluminação Arquitetural*. Rio de Janeiro: Lighting Now, 2008.
- Kalache, N. et al. 2013. Análise comparativa dos sistemas de iluminação – viabilidade econômica da aplicação de LED. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP. *Anais...* Salvador, 08 a 11 de outubro de 2013.
- Labaki, L.C.; John, V.M.; Shimbo, I. 2008. Energia, ambiente, tecnologia: impactos no ambiente construído. In: 60ª Reunião Anual do SBPC. *Anais...* Campinas, 13 a 18 de julho de 2008.
- Lamberts, R. et al 2008. *Sustentabilidade nas Edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2008.
- Lima, A.L. et al. 2009. O uso de LEDs em semáforos de trânsito: um estudo da viabilidade técnico-econômica. *Revista Energia Alternativa*, Ano 1, n. 3, pp. 42-51, São Paulo, 2009.
- Medeiros, H. 2009. Etiquetagem energética classifica edificações. *Revista Finestra*, n. 56, São Paulo, março de 2009.
- Motta, S.R.F.; Aguilar, M.T.P. 2009. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. *Revista Gestão & Tecnologia de Projetos*, vol. 4, n. 1, pp. 84-119, São Paulo, maio de 2009.
- Moura, M. de. 2008. *A Iluminação Artificial de Escritórios: estudo de caso da sede do IBGE*. 237 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- Moura, M. de; Moura, A.C. de; Motta, A.L.T.S da. 2012. Iluminação de escritórios: apresentação de projeto de iluminação para o IBGE e discussão sobre o uso de LEDs. *Cadernos Proarq* n. 18, pp. 118-135, Rio de Janeiro, 2012.
- Moura, M. de et al. 2013. Eficiência energética em prédio público.
- Pessoa, J.L.N.; Ghisi, E. Nota Técnica Referente à Eficiência Luminosa de Produtos LED encontrados no mercado brasileiro. Florianópolis: Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, dezembro de 2013.
- Pinto, D.Z. 2013. Aplicação de LEDs *de Luminescência Branca para Iluminação*. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2013.
- Pinto, R.A. 2008. *Projeto e Implementação de Lâmpadas para Iluminação de Interiores Empregando Diodos Emissores de Luz (LEDs)*. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Centro de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- Serbena, H.J. 2013. *Plataforma de Luminária LED para Habitação de Interesse Social*. 203 f. Dissertação (Mestrado em Design do Setor de Artes, Comunicação e Design). Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Calor de hidratação de pastas com resíduo de gesso em três ciclos de reciclagem

Andréa Correia de Araújo Soares Ribeiro

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil
acasrcorreia@gmail.com

Luis Sergio Polimeni Mesquita

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil
luis.sergio2@hotmail.com

Yêda Vieira Póvoas

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil
yeda.povoas@gmail.com

ABSTRACT: The gypsum waste causes damage to health and the environment. In order to reduce this residue into the environment, it has been studied in addition to the plaster with and without the use of setting time retardant additive for use in the inner lining wall. The plaster and the residue were characterized as recommended by the standard NBR 13207 (ABNT 1994) and conducted to study the heat of hydration (setting time). The residue was processed and calcined three times. For a cycle of recycling, the plaster with 50% of residue and additive showed the best result. For use of the waste in the second and third cycle of recycling is possible to use mixtures made with 100% of residue with 0.06% of sodium citrate.

Keywords: gypsum; residue; calcination; recycling; heat of hydration.

RESUMO: O resíduo de gesso ocasiona prejuízos à saúde e ao meio ambiente. Com o intuito de reinseri-lo no mercado visando diminuir a quantidade a ser descartada no meio, estudou-se sua adição à pasta de gesso, com e sem utilização de aditivo retardador de pega, para aplicação no revestimento interno de parede. Foram feitos ensaios para caracterização do gesso e do resíduo conforme a NBR 13207 (ABNT 1994) e realizado o estudo do calor de hidratação (tempos de pega). O resíduo foi beneficiado e calcinado por três vezes. Para um ciclo de reciclagem, a pasta de gesso com 50% de resíduo e com aditivo apresentou o melhor resultado. Para utilização do resíduo no segundo e terceiro ciclo de reciclagem há a possibilidade de utilização de misturas realizadas com 100% de resíduo acrescido 0.06% de citrato de sódio.

Palavras-chaves: gesso; resíduo; calcinação; reciclagem; calor de hidratação.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO: O MEIO AMBIENTE E O RESÍDUO DE GESSO

A gipsita é um mineral abundante em todo o planeta. Reservas lavráveis no Brasil totalizam 230 milhões de toneladas, segundo o Sumário Mineral (DNPM 2011). Um de seus empregos é a produção de gesso para ser utilizado como revestimento interno de paredes e forros na construção civil. Porém, a quantidade de resíduo produzido durante a execução destes serviços é preocupante. Informações da Gypsum Recycling International (2014) indica uma preocupação mundial com a destinação deste resíduo, que atualmente é depositado em aterros na Europa, EUA e Ásia. Estes depósitos somam anualmente mais de 15 milhões de toneladas. O governo da Dinamarca, motivado pela diretiva EU-31 de 1999, ordenou a atualização de todos os aterros dos Estados Membros até 2011. Nesta atualização todos os aterros deveriam se enquadrar em um dos três tipos: os que recebiam lixo não inerte, os que recebiam lixos não perigosos e os que recebiam lixos perigosos. Com a publicação da diretiva EU-33 de 2002 os resíduos de gesso foram classificados como não-inertes, aumentando ainda mais o custo e o volume de deposição

em aterros. Esta diretiva definiu quais os aterros receberiam cada resíduo e quais tratamentos estes resíduos deveriam receber antes de serem enviados aos aterros, apresentando a necessidade de que fossem criadas técnicas de reciclagem de forma a melhorar a rentabilidade do gesso e de outros materiais inertes, diminuindo a sua disposição no meio. Foi dado o prazo de julho de 2005 para que os aterros se adequassem. Esta reciclagem foi posteriormente ampliada para a Suécia, Noruega, Holanda e EUA.

A Dinamarca, hoje em dia, recicla cerca de 65% do seu resíduo de gesso produzido. Neste processo de reciclagem todo o resíduo de gesso é convertido em pó. O resíduo beneficiado é reutilizado na produção de novas placas de gesso ou placas de Drywall (gesso acartonado), limitando-se a substituição a 25% do total de gesso utilizado. No Brasil, a preocupação com o meio ambiente, com a destinação dos resíduos sólidos e a não renovação das matérias-primas disponíveis tem sido uma constante desde a publicação da Resolução Nº 307 de 2002 do CONAMA. Esta publicação classifica os diversos resíduos. O resíduo de gesso se configurava na classe C, ou seja, resíduos que não tinham uma solução econômica definitiva.

Vários estudos foram desenvolvidos desde a publicação da Resolução Nº 307 de 2002 do CONAMA, entre eles, um estudo da Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall (2009). Este estudo foi um dos que comprovou a possibilidade do reaproveitamento do resíduo de gesso e serviu como base para a publicação da Resolução Nº 431 de maio de 2011 do CONAMA, onde o resíduo de gesso passou a ser classificado como classe B, material reciclável e financeiramente viável. Alternativas de reutilização desse resíduo vêm sendo estudadas com o intuito de preservar parte destas reservas e de tornar o Brasil um país sustentável. Algumas técnicas, como a calcinação do resíduo de gesso para posterior utilização na pasta de gesso vem sendo estudada a fim de efetuar uma destinação sustentável para ele.

2 EXPERIÊNCIAS EM ANDAMENTO: TÉCNICAS E RESULTADOS ALCANÇADOS

O uso da pasta de gesso com seu resíduo moído vêm sendo estudado desde a década de 90. Alencar et al. (2008) observaram o comportamento das propriedades físicas e mecânicas da pasta de gesso com adição de 10, 15, 20 e 25% de resíduo gerado no canteiro de obra. Nesta pesquisa não foi observada perdas importantes na resistência de aderência e na resistência à compressão. Schmitz & Póvoas (2009) verificaram o desempenho da pasta de gesso com adição de 5 e 10% de resíduo e relação água/gesso igual a 0.6 em quatro obras da região metropolitana do Recife. A composição que utilizou 5% de resíduo e citrato de sódio na sua composição foi considerada a mais viável. Bernhoeft (2010) e Bernhoeft et al. (2011) estudaram a pasta de gesso com substituição de 5 e 10% de resíduo e relação água/massa seca igual a 0.66 nas misturas com e sem aditivos. Observou-se que quanto maior a substituição do gesso por resíduo, menor o tempo de utilização; a adição de aditivo aumentava o tempo de utilização, porém até um determinado limite. Trovão (2012) estudou o calor de hidratação em 12 amostras de pasta de gesso com 0, 5 e 10% de resíduo obtido em obra com e sem adição de aditivos retardadores de pega. A amostra com 5% de resíduo e aditivo bórx apresentou o melhor resultado.

Outra técnica utilizada foi a calcinação do resíduo moído para posterior reutilização. O estudo de Harada & Pimentel (2009) utilizou o resíduo de gesso sem nenhuma adição de gesso puro ou aditivo à mistura. Foram analisadas três amostras calcinadas a 160, 180 e 200°C, considerando como melhor resultado o alcançado com o resíduo calcinado a 180°C durante 24 horas. Nascimento & Pimentel (2010) utilizaram as mesmas temperaturas da pesquisa de Harada & Pimentel (2009) com o tempo de moagem de 5 horas, e tempo de permanência de 6 horas com resíduo de laboratório sem adição de gesso e aditivo. O melhor resultado alcançado foi com o resíduo calcinado a 160°C. Pinheiro (2011) pesquisou sobre a possibilidade de utilização do resíduo produzido em laboratório e posteriormente calcinado com as temperaturas variando entre 120°C e 200°C e vários tempos de permanência. O resultado que apresentou o melhor resultado foi o que utilizou 150°C e tempo de permanência de 1 hora.

3 OBJETIVO

Esta pesquisa pretende contribuir com a diminuição da quantidade de resíduo de gesso no meio ambiente por meio do estudo do calor de hidratação de pastas de gesso com seu resíduo calcinado e composto granulometricamente utilizando ou não aditivos retardadores de pega.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia foi constituída de três etapas para reciclar o resíduo utilizado:

- primeira etapa - beneficiamento, definição da composição granulométrica, temperatura e tempo de permanência do resíduo no processo de calcinação;
- segunda etapa - ensaios de caracterização;
- terceira etapa - ensaio de calor de hidratação.

Estas etapas foram executadas para três ciclos de reciclagem.

Para o primeiro ciclo o resíduo foi coletado de uma obra, recolhido de cima de uma lona que evitou a sua contaminação, armazenado em uma caixa em local seco, coberto e protegido da chuva e de outras intempéries.

O processo de beneficiamento foi iniciado com a separação das impurezas perceptíveis do resíduo. Logo após foi efetuada uma secagem prévia em estufa com circulação e renovação de ar forçado por uma hora, a 40°C, a fim de se retirar a água livre presente no material. Após ser resfriado em temperatura ambiente, foi iniciado o processo da moagem e da separação granulométrica, conforme estudo de Cavalcanti et al. (2012), através de um peneirador eletromagnético, em nove tipos de aberturas diferentes de peneira (2.38 mm, 1.19 mm, 0.59 mm, 0.4 mm, 0.297 mm, 0.210 mm, 0.105 mm e 0.074 mm), desprezando o resíduo que passou na peneira de menor malha e o que ficou retido na peneira de 2.38 mm. Por fim, foi efetuada a calcinação (Tab. 1).

Tabela 1. Composição granulométrica do resíduo de gesso

Abertura de peneira mm	Retido %	Retido acumulado %
0.075	0.5	0.5
0.105	1.0	1.5
0.210	1.5	3.0
0.300	18.0	21.0
0.420	27.0	48.0
0.600	21.0	69.0
0.840	19.0	88.0
1.200	12.0	100.0
TOTAL	100.0	100.0

A calcinação do resíduo foi realizada na temperatura de 150°C com o tempo de permanência de uma hora na estufa, definida com base no estudo de Pinheiro (2011).

Foram estudadas 10 misturas com os percentuais 0, 10, 50, 90 e 100% de resíduo de gesso calcinado (RGC) em substituição ao gesso (em massa), sendo cinco misturas sem utilização de retardador de pega e outras cinco com o retardador - citrato de sódio, a 0.06% em relação à massa seca misturada, conforme sugerido na pesquisa de Alves et al. (2012).

Para o segundo ciclo o resíduo foi produzido com as amostras do primeiro ciclo de reciclagem que continham apenas 100% de resíduo, sem aditivo retardador de pega em sua composição. Os processos de beneficiamento, separação granulométrica e calcinação foram idênticos ao do primeiro ciclo.

O segundo ciclo estudou 8 misturas com percentuais de 10, 50, 90 e 100% de RGC em substituição ao gesso (em massa), sendo 4 misturas sem utilização de retardador de pega e outras 4 com o retardador - citrato de sódio, a 0.06% em relação à massa seca misturada.

No terceiro ciclo foram estudadas 8 misturas com percentuais de 10, 50, 90 e 100% de RGC em substituição ao gesso (em massa), sendo 4 misturas sem utilização de retardador de pega e outras 4 com o retardador - citrato de sódio, a 0.06% em relação à massa seca misturada.

Para o terceiro ciclo o resíduo foi produzido reidratando o resíduo do 1º ciclo, beneficiando e calcinando, posteriormente reidratando este resíduo e repetindo o processo de beneficiamento e calcinação sem a utilização do aditivo retardador de pega em sua composição. Os processos de beneficiamento, separação granulométrica e calcinação foram idênticos ao do primeiro e segundo ciclo.

Um quadro resumo das quantidades e tipos das misturas ensaiadas está na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da quantidade e tipos das misturas.

Ciclo de reciclagem		Resíduo da obra					Resíduo de laboratório				Total das amostras
		%					%				
		0	10	50	90	100	10	50	90	100	
1º	Com aditivo	X	X	X	X	X					10
	Sem aditivo	X	X	X	X	X					
2º	Com aditivo						X	X	X	X	8
	Sem aditivo						X	X	X	X	
3º	Com aditivo						X	X	X	X	8
	Sem aditivo						X	X	X	X	

Os ensaios de caracterização foram realizados conforme os procedimentos descritos nas normas listadas na Tabela 3.

Tabela 3. Ensaios de caracterização do gesso e do resíduo.

Ensaio de caracterização	Normas ABNT de 1991
Massa unitária e módulo de finura	NBR 12127:MB 3468
Consistência normal	NBR 12128:MB 3469
Dureza e resistência à compressão	NBR 12129:MB 3470

As misturas foram realizadas utilizando água destilada. A relação água/materiais secos (a/ms) igual a 0.6 foi definida através do ensaio de consistência de normal, utilizando o aparelho de Vicat modificado. Esta relação foi utilizada em todos os ensaios.

A forma de mistura seguiu as recomendações da NBR 12128:MB 3469 (ABNT 1991). Mistura do material seco com água por 1 minuto, descanso por 2 minutos e mistura por mais 1 minuto.

Por fim, foi feito o ensaio de calor de hidratação através de um calorímetro pseudo-adiabático de fabricação própria, baseado no modelo proposto por Murat & Jeandot (apud Antunes et al. 1999). Foi utilizado um recipiente de isopor onde foi colocado no seu interior um tubo cilíndrico de plástico com tampa; foi acoplada uma rolha no centro da tampa de plástico e feito um furo central na rolha e também na tampa do isopor para passar um Termopar do tipo K (Cromel-Alumel), ligado a um termômetro com resolução de 0.1°C. Durante o ensaio o isopor foi fechado com fita crepe, a fim de garantir o isolamento do tubo plástico com o meio. Com o auxílio de um cronômetro, foi medido minuto a minuto a temperatura do calor liberado pelas misturas para posterior confecção de um gráfico “temperatura versus tempo”.

Iniciou-se a medida da temperatura no quinto minuto, considerado desde o início do processo de mistura, a fim de que fossem padronizados os ensaios.

5 RESULTADOS

5.1 Caracterização do resíduo

Os resultados da caracterização do gesso e do RGC em pó e da consistência normal estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de módulo de finura, consistência normal e massa unitária.

Propriedades	Gesso	Resíduo
Módulo de finura	0.098	1.071
Consistência normal	0.45	0.60
Massa unitária (Kg/m ³)	731.51	649.38

O módulo de finura encontrado para o gesso e para o resíduo foi ≤ 1.1 . Segundo a NBR 13207 (ABNT 1994), estes valores indicam um resíduo e um gesso fino.

A determinação da consistência normal do gesso corresponde à relação água/gesso de 0.45 e a do resíduo corresponde à relação água/materiais secos igual a 0.60. Para possibilitar o estudo de todas as misturas sem modificar a quantidade de água utilizada, foi considerada a relação água/materiais secos igual a 0.60.

Os resultados da determinação da resistência à compressão e da dureza são a média de 3 corpos de prova de 5 x 5 x 5 cm para cada amostra ensaiada.

A Tabela 5 apresenta o resultado da média de 3 corpos de prova ensaiados por meio de um durômetro Shore C para pastas com 0, 10, 50, 90 e 100% de resíduo com e sem aditivo retardador de pega.

Tabela 5. Dureza das pastas com 0, 10, 50, 90 e 100% de resíduo com e sem aditivo retardador de pega.

Resíduo	Sem aditivo	Com aditivo
%	u.s.c.	u.s.c.
0	96.22	96.44
10	95.33	95.56
50	98.89	94.33
90	96.56	95.89
100	-	92.56

Não foi possível moldar o corpo de prova da mistura com 100% de resíduo e sem aditivo retardador de pega, e, conseqüentemente, analisar o seu comportamento, devido a pouca trabalhabilidade apresentada.

A dureza praticamente não sofreu influência pelo aumento da quantidade de resíduo, nem pela adição do retardador de pega à mistura.

A Figura 1 apresenta o resultado da média de 3 corpos de prova ensaiados por meio de uma prensa universal de ensaios da marca EMIC para pastas com 0, 10, 50, 90 e 100% de resíduo com e sem aditivo retardador de pega.

A resistência à compressão sofreu grande variabilidade entre as misturas com vários percentuais de resíduos de gesso e adição ou não do aditivo retardador de pega. Foi observado nas misturas sem aditivo que quanto maior a quantidade de resíduo, menor a sua resistência à compressão. A resistência à compressão das misturas com adição do retardador de pega foi reduzida com o aumento do teor de resíduo na sua composição.

As pastas com 50, 90 e 100% de resíduo com e sem aditivo não alcançaram o valor mínimo de resistência à compressão indicada pela NBR 13207 (ABNT 1994) para pastas de gesso, de 8.40 MPa, assim como a pasta com 10% de resíduo com o retardador.

O citrato de sódio fez reduzir a resistência à compressão das pastas com 0, 10 e 50% de resíduo, se comparado com as misturas sem o aditivo. No entanto, não houve diferença significativa na resistência à compressão da pasta com 90% resíduo.

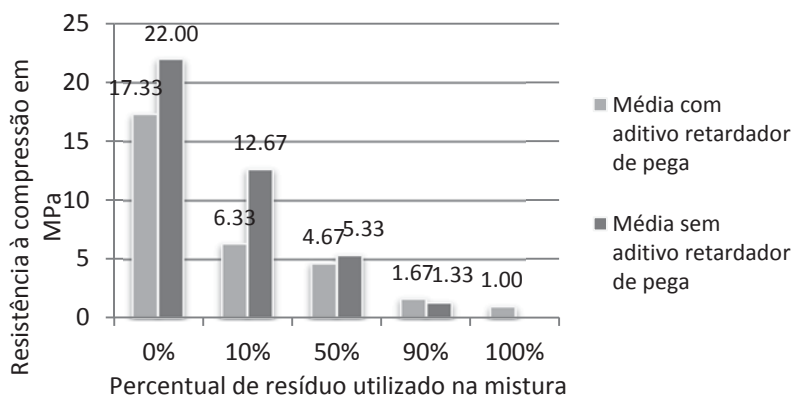


Figura 1. Resistência à compressão das pastas com 0, 10, 50, 90 e 100% de resíduo com e sem retardador de pega.

5.2 Calor de hidratação

Como algumas porcentagens de resíduo adicionadas à pasta diminuem o tempo de indução, e ainda, em alguns casos, causa ausência deste tempo, o tempo de início de pega acaba por se apresentar menor que 5 minutos, impossibilitando a sua determinação real. Com isso, padronizou-se analisar o tempo de utilização destas argamassas considerando o tempo de início de pega igual a 5 minutos.

5.2.1 Resultados alcançados no primeiro ciclo de reciclagem

No primeiro ciclo de reciclagem as misturas em todos os percentuais que não utilizaram retardador de pega tiveram variabilidade pequena de tempo de fim de pega (Fig. 2). O gesso em pasta sem aditivo apresentou tempo de fim de pega igual a 26 minutos. Observou-se que quando se diminuiu o percentual de resíduo, a temperatura máxima medida aumentou. Este fato ocorreu porque amostras com grandes quantidades de resíduo não apresentam período de indução devido à existência de cristais já formados que aceleram a pega da mistura. Quando se aumentou a quantidade de resíduo esta temperatura tendeu a diminuir.

Os tempos de fim de pega das misturas de resíduo com utilização de retardador de pega tiveram uma grande variação (Fig. 3). A pasta de gesso apresentou tempo de fim de pega de 93 minutos. Nas misturas que utilizaram 10 e 50% de resíduo este tempo diminuiu para 54 e 28 minutos, respectivamente, mas a projeção das curvas do calor de hidratação no eixo das ordenadas ainda ocorreu. Nas misturas com 90 e 100% de resíduo a redução do tempo de fim de pega foi ainda maior e a projeção das curvas do calor de hidratação no eixo das ordenadas não mais ocorreu, indicando que o aditivo não funcionou como efetivo retardador de pega.

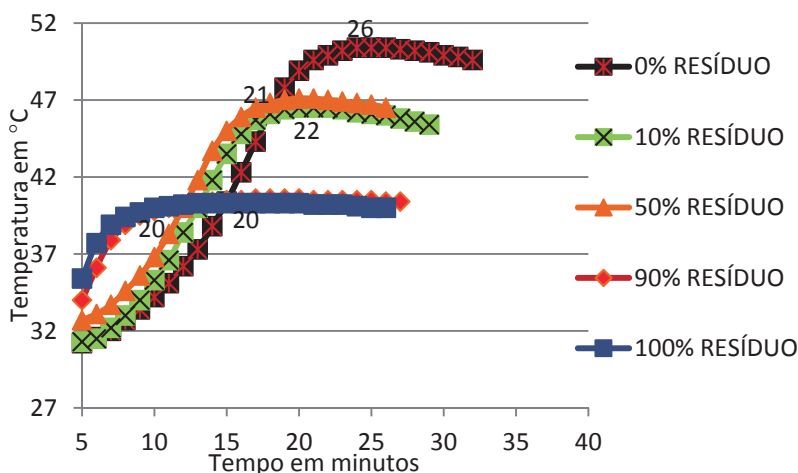


Figura 2. Calor de hidratação das pastas de gesso com 0, 10, 50, 90 e 100% de resíduo sem retardador de pega – 1º ciclo.

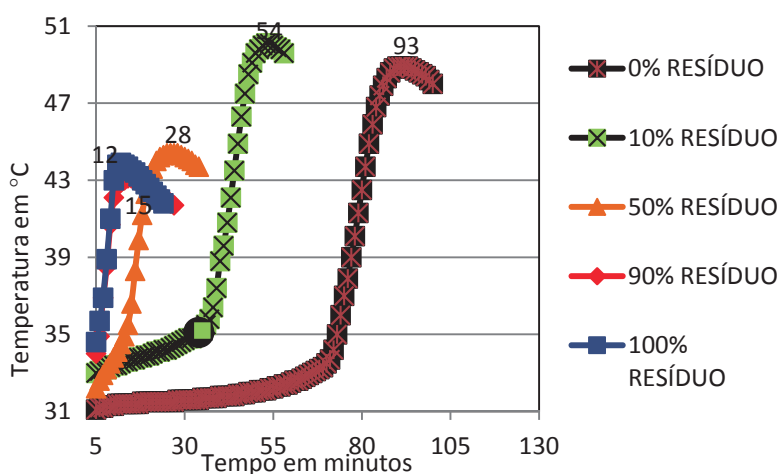


Figura 3. Calor de hidratação das pastas de gesso com 0, 10, 50, 90 e 100% de resíduo com retardador de pega – 1º ciclo.

5.2.2 Resultados alcançados no segundo ciclo de reciclagem

No segundo ciclo de reciclagem as misturas sem aditivo apresentaram pequena variabilidade dos tempos de fim de pega, conforme observado na Figura 4. Todas as misturas apresentaram pequena projeção das curvas do calor de hidratação no eixo das ordenadas, diferenciando do ocorrido no 1º ciclo onde as mistura com 90 e 100% não haviam apresentado este acontecimento. aparentemente o resíduo readquiriu parte de suas características físicas e mecânicas iniciais por sua produção ter sido efetuada em laboratório, não aumentando o nível de impurezas e contaminação.

Com a adição do retardador de pega (Fig. 5) houve um aumento no tempo de indução inversamente proporcional ao aumento da substituição do gesso por resíduo, fato observado inclusive nos percentuais em que a substituição de gesso por resíduo foi maior que 50%, diferenciando no resultado encontrado no 1º ciclo de reciclagem.

Comparando-se o 1º e 2º ciclo, todos com a utilização de aditivo retardador (figs 3 e 5), observou-se que ocorreu o crescimento da projeção das curvas do calor de hidratação no eixo das ordenadas e uma diminuição das temperaturas de fim de pega. Todas as misturas do 2º ciclo apresentaram um tempo de fim de pega maior que 26 minutos (tempo de fim de pega encontrado para o gesso em pasta sem aditivo). Para as misturas do 1º ciclo, as misturas que utilizaram 10 e 50% de resíduo alcançaram tempo de fim de pega satisfatório, tornando-as passíveis de uma possível aplicação.

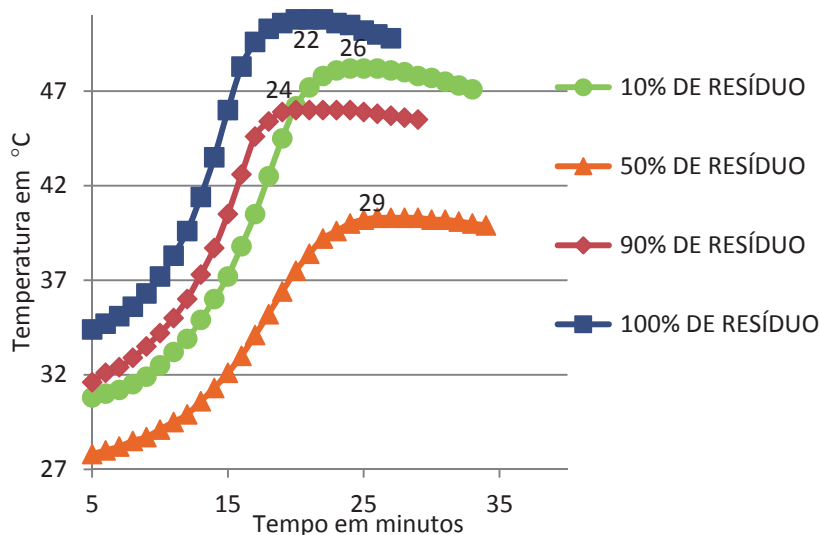


Figura 4. Calor de hidratação das pastas de gesso com 10, 50, 90 e 100% de resíduo sem retardador de pega – 2º ciclo.

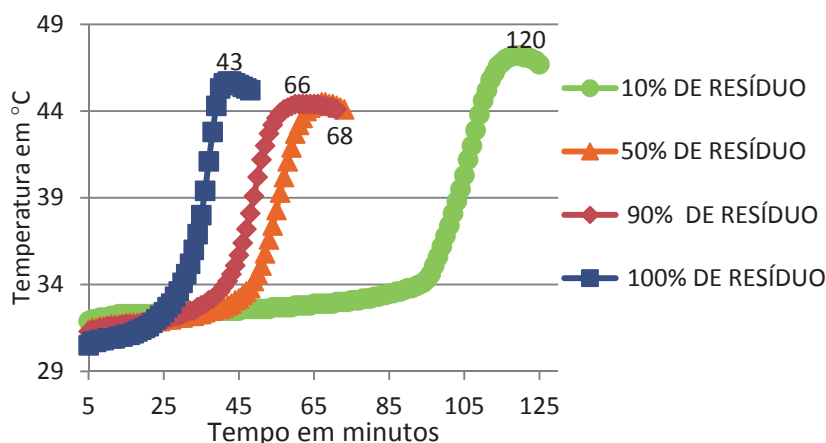


Figura 5. Calor de hidratação das pastas de gesso com 10, 50, 90 e 100% de resíduo com retardador de pega – 2º ciclo.

5.2.3 Resultados alcançados no terceiro ciclo de reciclagem

No terceiro ciclo de reciclagem as misturas sem aditivo apresentaram pequena variabilidade dos tempos de fim de pega, semelhantemente aos demais ciclos (Fig. 6). As curvas se comportaram de forma semelhante. Ocorreu uma diminuição na projeção das curvas do calor de hidratação no eixo das ordenadas quando comparado com os mesmos percentuais sem aditivo no 2º ciclo, demonstrando um declínio das características físicas e mecânicas neste terceiro ciclo de calcinação, mesmo o resíduo tendo sido produzido em laboratório e não tendo aumentado seu nível de impurezas e contaminação.

As misturas com o retardador de pega (Fig. 7) apresentaram uma redução na projeção das curvas do calor de hidratação no eixo das ordenadas inversamente proporcional ao aumento da substituição do gesso por resíduo, fato observado inclusive nos percentuais em que a substituição de gesso por resíduo foi maior que 50%, diferenciando do resultado encontrado no 2º ciclo de reciclagem (Fig. 5). Observou-se que o tempo de fim de pega nos percentuais em que ocorreu a substituição de gesso por resíduo nos percentuais de 90 e 100% aumentou, quando comparado com o 2º ciclo, mas todas foram superiores ao tempo de fim de pega da pasta de gesso, de 26 minutos.

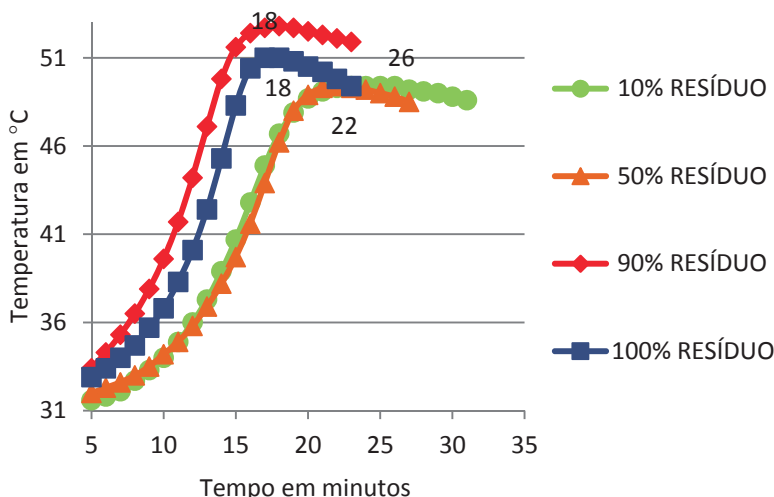


Figura 6. Calor de hidratação das pastas com 10, 50, 90 e 100% de resíduo sem retardador de pega – 3º ciclo.

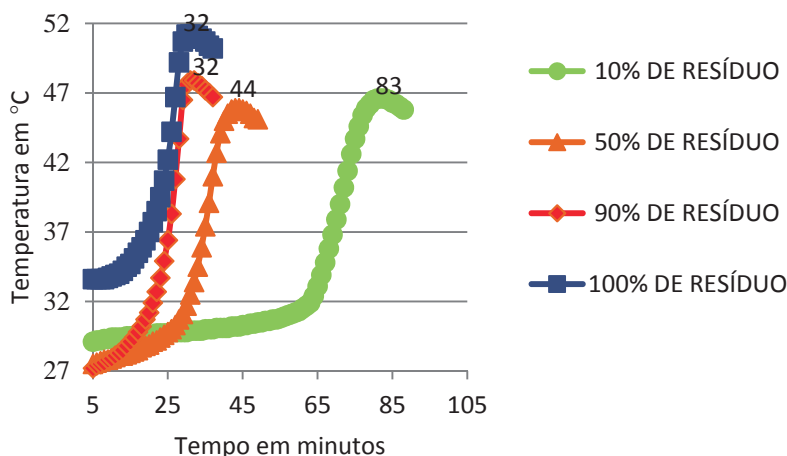


Figura 7. Calor de hidratação das pastas com 10, 50, 90 e 100% de resíduo com retardador de pega – 3º ciclo.

6 CONCLUSÕES

O resultado sugerido pela NBR 13207 (ABNT 1994) é que a pasta de gesso possua um tempo de fim de pega maior que 45 minutos, no entanto, o gesso comercializado apresentou um resultado igual a 26 minutos, sem apresentar problemas de utilização.

No primeiro ciclo de reciclagem o resíduo fez diminuir o tempo de fim de pega da pasta de gesso, impossibilitando o uso deste material. Com a adição do retardador de pega houve aumento do tempo de utilização das misturas com 0, 10 e 50%, mas não apresentou benefício às misturas com 90 e 100% de resíduo.

No segundo ciclo de reciclagem observaram-se mudanças nas curvas do calor de hidratação, principalmente para as misturas com o retardador de pega, indicando a possibilidade de se utilizar misturas com 100% de resíduo.

No terceiro ciclo de reciclagem a indicação da possibilidade de se utilizar misturas com 100% de resíduo permaneceu, mas se verificou uma queda no tempo de utilização com relação aos resultados do segundo ciclo.

REFERÊNCIAS

Alencar, C.; Baltar, L. & Miranda, L.F.R. 2008. Avaliação da Reciclagem de Resíduos de Gesso em Canteiros de Obras do Recife. In *Congresso Internacional de Tecnologia Aplicada para Arquitetura e Engenharia Sustentáveis. Anais*. Recife: Brasil.

- Alves, B.C.A.; Cavalcanti, R.A.A.; Romano, R.C.O.; John, V.M. & Póvoas, Y.V. 2012. *Interferência do citrato de sódio na calorimetria da pasta de gesso*. In *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais*. Juiz de Fora: Brasil.
- Antunes, R.P.N.; Oliveira, C.T.A. & John, V.M. 1999. *Trabalhabilidade em obras, consistência e calor de hidratação das pastas de gesso*. In *III Simpósio Brasileiro de tecnologia das argamassas. Anais*. Vitória: Brasil.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1991. *NBR 12127: MB 3468*. Gesso para construção–Determinação das propriedades físicas do pó–Método de ensaio. Rio de Janeiro.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1991. *NBR 12128: MB 3469*. Gesso para construção–Determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro: Brasil.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1991. *NBR 12129: MB 3470*. Gesso para construção–Determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro: Brasil.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1994. *NBR 13207*. Gesso para construção civil–Especificação. Rio de Janeiro: Brasil.
- Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall. 2009. *Resíduos de gesso na construção Civil*. Coleta, armazenamento e reciclagem.
- Bernhoeft, L.F. 2010. *Caracterização de propriedades físicas e mecânicas de argamassa com gesso reciclado*. Dissertação de mestrado em engenharia civil. Universidade de Pernambuco. Recife: Brasil.
- Bernhoeft, L.F.; Gusmão, A.D. & Póvoas, Y.V. 2011. *Influência da adição de gesso no calor de hidratação da argamassa de revestimento interno*. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.11, n 2, p. 189-199, abr./jun.
- Cavalcanti, R.A.A.; Alves, B.C.A.; Romano, R.C.O.; John, V.M. & Póvoas, Y.V. 2012. *Composição granulométrica do resíduo de gesso influencia nas propriedades do revestimento interno de parede*. In *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais*. Juiz de Fora: Brasil.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2002. *Resolução nº 307*, de 5 de julho de 2002.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2011. *Resolução nº431*, de 24 de maio de 2011.
- DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral/PE .Sumário Mineral. ISSN 0101–2053. V.32. 2011.
- Gypsum Recycling International. 2014. <http://www.gypsumrecycling.biz/?gclid=CJrv3uD0yLwCFRNp7AodnXgAow>. Filândia.
- Harada, E. & Pimentel, L.L. 2009. *Estudo da viabilidade do reaproveitamento de gesso–queima lenta*. In: *Encontro de Iniciação Científica da PUC, XIV*. 2009, Campinas. *Anais* .Campinas: Brasil. 6 p. Disponível em: <<https://www.puc>>.
- Nascimento, F.J.F. & Pimentel, L.L. 2010. *Reaproveitamento de resíduo de gesso*. In *Encontro de Iniciação Científica da PUC. Anais*. Campinas: Brasil.
- Pinheiro, S.M.M.P. 2011. *Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes*. Tese de doutorado em engenharia civil. Universidade estadual de Campinas. Campinas: Brasil.
- Schimitz, I.B.T.A. & Póvoas, Y.V. 2009. *Análise de desempenho do revestimento de gesso com adição de seu resíduo gerado em obra*. In: *IV Encontro Latino–Americano sobre edificações e comunicações sustentáveis. Anais*. Recife: Brasil.
- Trovão, A.P.M. 2012. *Pasta de gesso e aditivo retardador de pega*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santos. Vitória: Brasil.

Utilização do “*Bambusa Vulgaris*” como entramado na taipa visando construções sustentáveis

Sandro Fábio César

Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Laboratório de Madeiras/ Departamento de Construção e Estruturas, Salvador, Bahia, Brasil.

sfcesarpaz@uol.com.br

Rita Dione Araújo Cunha

Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Laboratório de Madeiras/ Departamento de Construção e Estruturas, Salvador, Bahia, Brasil.

ritadi@uol.com.br

Deir Nazareth A. C. da Silva

Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Laboratório de Madeiras/Departamento de Construção e Estruturas, Salvador, Bahia, Brasil.

deirwil@gmail.com

ABSTRACT: This paper analyses the use of bamboo in buildings made with “taipa” (using earth and wood for walls), with emphasis on the aspect of durability, aiming more sustainable buildings. In Brazil the species of bamboo *Bambusa vulgaris* is easily found in urban and rural areas and “taipa” is an environmentally friendly constructive technique alternative. Bamboo was proposed to replace the traditional wood weave of taipa, because it is abundant and can decrease the impact on the native forests exploration. In this work, there were executed specimens for testing to evaluate the technical feasibility of bamboo in taipa, analyzing its behavior into the soil and its durability, comparing specimens exposed to temperature and humidity in locus, observing the use of green bamboo and dry one, the influence of grouting and the mechanical performance of new and old bamboo in taipa. The study proved that using bamboo instead of wood in taipa is suitable, contributing to check technical characteristics of lower environmental impact to this.

Keywords: Bamboo, taipa, durability.

RESUMO: Este trabalho analisa o uso do bambu em construções de taipa sob o aspecto da durabilidade, visando construções mais sustentáveis. No Brasil a espécie de bambu *Bambusa vulgaris* é facilmente encontrada nas áreas urbana e rural e a taipa é uma alternativa construtiva ambientalmente amigável. O bambu foi proposto para substituir o entramado tradicional de madeira da taipa, por ser abundante, diminuindo o impacto sobre exploração de matas nativas. Foram executados corpos de prova empregando o bambu na taipa, analisando-se o seu comportamento dentro da terra, comparando-se corpos de prova expostos a temperatura e umidade locais, observando a utilização de bambu verde e bambu seco no entramado, o emprego de reboco e ainda o desempenho mecânico do bambu verde e envelhecido dentro da taipa. O estudo mostrou ser adequado o bambu substituindo a madeira na taipa, contribuindo para conferir características de menor impacto ambiental a esta.

Palavras-chave: Bambu, taipa, durabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia, é grande a necessidade de explorar novas alternativas para o consumo de materiais na construção civil para torná-la mais sustentável. O resgate e a adaptação de técnicas construtivas largamente utilizadas pelo homem, que foram esquecidas ou marginalizadas, se fazem necessários, devido o seu caráter sustentável do ponto de vista ambiental. É o caso das

construções de taipa onde se emprega uma estrutura de madeira preenchida com terra e que se difundiram no mundo pela sua simplicidade de execução.

No interior da Região Nordeste do Brasil, construir moradias com taipa, utilizando a terra como material de construção faz parte da cultura popular, que foi trazida para o país pelos portugueses, desde a sua colonização. Esta técnica se difundiu pelo território nacional, pela sua facilidade de assimilação, como também pela facilidade de se obter os recursos no local da obra: terra e madeira.

Na taipa convencional, a madeira é usada como estrutura através de uma trama que compõe painéis que, por sua vez, são preenchidos com terra. Este trabalho propõe a troca da madeira pelo bambu, para confecção do entramado ou estrutura do painel, por ser o bambu um material lenhoso de rápido crescimento, quando comparado com a madeira. Em geral a maioria das espécies de bambus pode ser colhida com três anos de idade, sendo de fácil cultivo e podendo ser plantadas em qualquer região. No entanto, mesmo as madeiras de rápido crescimento, a exemplo do eucalipto, demoram em média seis anos para produzir troncos com diâmetro em torno de dez centímetros. Materiais como a terra, bambu e fibras vegetais diversas representam uma excelente alternativa aos materiais industrializados, pois não são poluentes, não exigem grande consumo de energia em seu processo de produção e construção, são renováveis e de baixo custo. Suas técnicas de utilização foram sendo desenvolvidas ao longo dos anos por diferentes culturas e hoje ganharam os espaços acadêmicos onde se propagam e se aperfeiçoam (MACUL & PRADO, 2006).

A substituição da madeira pelo bambu apresenta várias vantagens tais como: o bambu, devido ao seu rápido crescimento, absorve mais carbono da atmosfera do que qualquer árvore, contribuindo para minimizar o efeito estufa; protege o solo contra erosões, uma vez que pode ser plantado em terrenos acidentados; pode ser usado em áreas degradadas, por não requerer solos férteis; a extração do bambu não desmata, pois novos colmos se reproduzirão após a colheita, não sendo necessário replantar (Fontes, 2004).

No Estado da Bahia no Brasil há muitas áreas onde se desenvolve a espécie *Bambusa vulgaris*, sendo muito fácil encontrá-la e explorá-la tanto em zonas rurais como urbanas. No caso do interior do Estado, a facilidade dessa matéria prima pode favorecer ainda mais o seu emprego na taipa, possibilitando o provimento de moradia com custo baixo e técnicas de execução rápidas e mais sustentáveis. No entanto, o bambu é facilmente atacável por agentes de degradação biológica como insetos e fungos, quando exposto ao tempo sem proteção.

O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento do bambu dentro da taipa, comparando o bambu exposto ao ambiente, executando corpos de prova de bambu preenchidos com terra com ou sem revestimento de reboco de terra cal e areia, observando a sua durabilidade e desempenho mecânico.

Este trabalho foi dividido em três etapas metodológicas realizadas em dois lugares diferentes. As duas primeiras etapas referem-se aos experimentos para observação do comportamento da taipa de bambu em relação a rachaduras e a aderência do solo na trama de bambu. A primeira etapa foi realizada em Mucugê, cidade do interior da Bahia, nas condições locais de temperatura e umidade e a segunda, em Salvador, capital do Estado da Bahia, em laboratório na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA). O Município de Mucugê foi escolhido por ser uma região do interior, onde se encontra o *Bambusa Vulgaris* com muita facilidade. Além disso, havia também a comodidade de se executar amostras de taipa com bambu a partir da matéria prima recolhida em uma propriedade rural de acesso permitido aos pesquisadores. A terceira etapa é relativa aos ensaios de resistência do bambu utilizado na taipa dos painéis executados nas duas primeiras etapas e foram realizados também em Salvador no mesmo laboratório.

A terra empregada na confecção de todos os corpos de prova foi originária de Mucugê e ensaiada no Laboratório de Geotecnia da Escola Politécnica e no laboratório do Departamento de Infra-Estrutura de Transportes da Bahia (DNIT) para determinação das características geotécnicas do solo. O bambu utilizado para o entramado foi o *Bambusa vulgaris* retirado de touceiras próximas ao local da execução dos corpos de prova. No caso de Mucugê, empregou-se o bambu de uma propriedade rural local e no caso dos corpos de prova confeccionados em Salvador, também se empregou bambu da mesma espécie nascido próximo ao local dos ensaios em terreno da Escola Politécnica.

2 DESENVOLVIMENTO DAS ETAPAS E PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS

Os corpos de prova foram executados para a avaliação e comparação qualitativa e quantitativa dos diversos modelos quanto à durabilidade do bambu na taipa em relação à degradação biológica, resistência do solo a rachaduras, aderência e resistência à compressão dos montantes de bambu do entramado.

Tanto em Mucugê como em Salvador, os painéis ficaram expostos ao tempo, nas condições climáticas locais. A área do Município de Mucugê tem clima ameno, apresentando temperaturas entre 7 °C a 20 °C no inverno e 22 °C a 30 °C graus no verão . As chuvas mais intensas se concentram entre os meses de novembro e março e o restante do ano apresenta índices pluviométricos mais modestos, mas regulares. Embora situada na Chapada Diamantina caracterizada como região semi-árida, Mucugê apresenta clima úmido apresentando índices de umidade de até 44 % (Azevedo & Silva, 2004). Já Salvador possui um clima de floresta tropical sem estação seca discernível, sendo o mês de setembro o menos chuvoso e a maior ocorrência de chuvas se dando de abril a junho. As temperaturas são relativamente constantes ao longo do ano, chegando a extremos de 17 °C no inverno e a 30 °C no verão. A condição peninsular confere à cidade uma umidade relativa alta durante todo ano, com média anual de 80% (Nery, Andrade & Moura, 2006).

Já com relação à utilização da terra na construção sustentável é necessário o estudo dos solos, para verificação da possibilidade do uso do solo disponível. O estudo do material, inclusive dosagens e identificação de parâmetros é necessário para assegurar sua qualidade e atender às solicitações de uso. Para o estudo do solo utilizado nessa pesquisa, foram realizados ensaios pela metodologia tradicional da mecânica dos solos utilizada no Brasil pelo Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e também ensaios pela metodologia Miniatura Compactada Tropical - MCT específica para o estudo dos solos tropicais. De acordo com a metodologia tradicional adotada no Brasil pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), foram efetuados ensaios de Caracterização - Limite de Liquidez - LL – ME 122/94 (DNER, 1994a); Limite de Plasticidade LP - ME 82/94 (DNER, 1994b); Granulometria com sedimentação - ME 051/94 (DNER, 1994c); Compactação - ME 129/94 (DNER, 1994d); Índice de Suporte Califórnia - ISC com energia do Proctor normal - Norma – ME 049/04 (DNER, 1994e); Equivalente de areia - ME 054/97 (DNER, 1997a). Para os ensaios com a metodologia MCT, descrita acima, foram efetuados ensaios de Solos compactados com equipamento miniatura - mini CBR e expansão – ME 254/94 (DNER, 1994f) e ensaios de Solos compactados com equipamento miniatura - determinação da perda de massa por imersão - ME 256/97 (DNER, 1997b).

Através dos resultados desses ensaios, o solo estudado foi classificado como LA'/LG' ou seja, solo argiloso laterítico. Esses solos apresentam características de aumento de resistência de forma irreversível, com os ciclos de molhagem e secagem, não sendo necessárias correções para aumento de resistência do solo, para o fim a que se propõe. Entretanto, como este apresenta contração (retração), é recomendável a utilização de uma proteção (reboco) com cal ou cimento, para obturação das fissuras decorrentes (Bottari, 1999). Os corpos de prova de taipa

de bambu (em forma de painéis) foram rebocados, após três semanas da execução, para que o barro secasse e retraísse nas mesmas condições do campo. Os painéis revestidos foram avaliados quanto à durabilidade do bambu dentro da taipa, comparando-se com os painéis sem reboco. A seguir, descrevem-se os procedimentos das três etapas e as observações, em Mucugê e em Salvador.

2.1. Painéis de taipa em Mucugê e observações

Os corpos de prova de taipa com entramado de bambu foram primeiramente feitos na propriedade rural, em Mucugê, para se analisar o comportamento dos mesmos em condições de campo. Os bambus da espécie *Bambusa vulgaris* foram colhidos e colocados para secar, durante três semanas, na sombra, em pé, segundo metodologia de PEREIRA & BERALDO (2007). Em seguida, foram imersos em água corrente e retirados, após cinco semanas, colocados a secar novamente à sombra, durante quatro semanas.

Embora este procedimento seja empregado para prevenir a degradação biológica, isto não evitou a infestação no bambu colhido. No momento de executar os corpos de prova de taipa, a maioria dos colmos do bambu estava atacada por broca da espécie *Dinoderus minutus*. Como houve ataque do bambu, decidiu-se executar dois tipos de corpos de prova: corpos de prova com bambu infestado com a broca e corpos de prova com bambu recém-colhido da touceira (bambu verde sem infestação) para comparação.

Na confecção dos entramados para os corpos de prova foram empregados montantes de bambu com diâmetro médio de 7 cm, sendo a altura do corpo de prova de 45 cm e a largura de 30 cm. O bambu foi cortado em quatro partes iguais para confecção da talisca, sendo o comprimento da talisca de 30 cm. A Figura 1 mostra o desenho com as dimensões do entramado, a foto do entramado pronto com a forma e o corpo de prova de taipa de bambu já pronto executado.



Figura 1 – Entramado e taipa de bambu feita em Mucugê

Os corpos de prova desta etapa foram divididos em amostras somente de entramados com bambu atacado por broca e com bambu verde e corpos de prova de taipa de bambu executados com entramados de bambu verde e bambu infestado, que foram preenchidos e moldados com terra (vide tabela 1). Ainda foram executados corpos de prova somente com terra e reboco para ver o comportamento do solo sem o entramado, conforme a mesma tabela:

Todas as taliscas do entramado foram unidas no bambu com pregos. Para o traço da mistura de terra e água foram empregadas quatro baldes de 8 litros para a terra e dois recipientes de 10 litros para a água. Foi feita uma forma de madeira com a dimensão de 47 x 32 cm para preenchimento dos módulos com a terra. A terra foi retirada a partir de uma profundidade de 1 m para evitar a presença de matéria orgânica. A mistura foi amassada manualmente e para o traço do reboco foram usadas 10 partes de terra, três partes de areia, e duas partes de cal. O reboco foi feito três semanas após a confecção dos corpos de prova para que estes secassem por completo. Os corpos de prova foram colocados para secar, ficando expostos ao sol e à chuva,

com a intenção de simular as mesmas condições de exposição que teriam se utilizados em uma edificação.

Tabela 1- Módulos de taipa de bambu executados em Mucugê – Bahia

Corpos de prova	Quantidade de amostra por tipo de CP	Composição do corpo de prova
CP 01 A, B e C	03	Bambu Verde
CP 02 A, B e C	03	Bambu C/ Broca
CP 03 A, B e C	03	Terra + Reboco
CP 04 A, B e C	03	Bambu C/ Broca + Terra
CP 05 A, B e C	03	Bambu C/ Broca + Terra + Reboco
CP 06 A, B e C	03	Bambu Verde + Terra
CP 07 A, B e C	03	Bambu Verde + Terra + Reboco

Foi feito acompanhamento visual dos corpos de prova, durante seis meses, para análise das rachaduras e da durabilidade do bambu. As amostras compostas somente do entramado de bambu (tipos 01 e 02) sem a proteção da cobertura de terra foram degradadas pelo ataque da broca. Os corpos de prova CP 03 (somente terra com reboco) apresentaram algumas rachaduras, principalmente nas extremidades. Nos corpos de prova CP 04 (executados com entramado de bambu com broca e terra), observou-se o aparecimento de grandes rachaduras, coincidindo com as linhas das taliscas e dos montantes principalmente. Nos corpos de prova CP 05, (bambu com broca, terra e reboco), observou-se que não houve rachaduras. Tanto nos corpos de prova tipo 04 como nos do tipo 05, não houve evolução da infestação pelas brocas, não sendo encontrados insetos vivos, quando rompidos os mesmos para observação do seu interior. Nos corpos de prova CP 06 (bambu verde e terra), também foi detectada a predominância de rachaduras grandes principalmente nas linhas das taliscas e montantes. Não houve infestação de broca nessas amostras. Nos corpos de prova CP 07 (bambu verde, terra e reboco) não foram observadas rachaduras e tão pouco ataque de insetos.

2.2 Corpos de Prova de Salvador

Nesta etapa da pesquisa, foram executados os corpos de prova em Salvador com a mesma terra trazida de Mucugê e utilizando a mesma espécie de bambu, *Bambusa vulgaris* de touceira localizada em terreno da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Para analisar a influência do espaçamento do entramado nas rachaduras do corpo de prova, executaram-se corpos de prova semelhantes aos de Mucugê, com espaçamentos de 15 x 15 cm e de 22.5 x 15 cm. Foram feitos dois modelos de entramados, para verificação do comportamento das rachaduras de acordo com o espaçamento das taliscas do entramado. Para cada modelo foram executados três corpos de prova denominados CP 01 com quatro taliscas horizontais e três corpos de prova denominados CP 02 com três taliscas horizontais, optando-se por não rebocá-los, para melhor observar o desenvolvimento das rachaduras, conforme a secagem do solo.

Após análise dessas amostras preliminares, observou-se que as rachaduras sempre aconteciam nas linhas das taliscas. Os corpos de prova com quatro taliscas racharam mais. Para os ensaios posteriores, optou-se usar apenas três taliscas para compor o entramado da taipa de bambu para execução dos corpos de prova, para diminuir a possibilidade de entrada de agentes biodegradadores pelas rachaduras. Os entramados de bambu foram executados com espaçamento de 22 x 22 cm, com diâmetro médio dos montantes de 4 cm e a dimensão do entramado de 26 x 26 cm. O tamanho do corpo de prova foi reduzido, já que a dimensão inicial de 45 x 30 cm mostrou-se muito pesada, podendo romper-se, durante o manuseio dos mesmos. Assim, determinou-se o tamanho do corpo de prova com a dimensão de 30 x 30 cm (como apresentado na Fig. 2). Como na primeira fase, optou-se por confeccionar amostras com bambu infestado por brocas e bambus íntegros sem ataque de inseto.



Figura 2 – Entramado e taipa de bambu feita em Salvador

Nas observações da influência do espaçamento das taliscas em relação às rachaduras da taipa de bambu, tanto nos corpos de prova feitos em Mucugê como nos corpos de prova feitos em Salvador na fase preliminar, ocorreram rachaduras na taipa nos locais onde foram feitos os furos para fixação das taliscas nos montantes com pregos. Assim, a partir da fase seguinte da pesquisa, na confecção do entramado da taipa, a amarração das peças foi feita com arame.

Os corpos de prova foram colocados para secar em uma tenda, onde ficaram parcialmente expostos ao sol e à chuva (pois os mesmos recebiam sol e chuva pelas laterais da tenda por estarem abertas.), com a intenção de simular condições semelhantes de exposição que teriam se empregados numa construção. Esses corpos de prova foram acompanhados visualmente, durante o período de seis meses, tanto para a análise das rachaduras como da durabilidade do bambu.

O traço da mistura para preencher um corpo de prova de 30x30 cm foi de 2 baldes de 5 litros de terra para 1,5 litros de água. O traço do reboco foi o mesmo utilizado nos corpos de prova de Mucugê. Foram executados três corpos de prova de cada modelo de entramado, conforme a tabela 2.

Tabela 2- Corpos de prova de taipa de bambu feitos em Salvador – Bahia (laboratório na Escola Politécnica da UFBA)

Corpos de prova	Quantidade de amostra por tipo de CP	Composição do corpo de prova
CP 08 A, B e C	03	Bambu Verde
CP 09 A, B e C	03	Bambu C/ Broca
CP 10 A, B e C	03	Terra + Reboco
CP 11 A, B e C	03	Bambu C/ Broca + Terra
CP 12 A, B e C	03	Bambu C/ Broca + Terra + Reboco
CP 13 A, B e C	03	Bambu Verde + Terra
CP 14 A, B e C	03	Bambu Verde + Terra + Reboco

Foi feita análise visual, observando-se que nos corpos de prova tipo CP 08 (somente o entramado de bambu verde sem terra) ocorreu infestação ao longo do período de seis meses por térmitas (cupins), com a deterioração quase completa do corpo de prova. Os corpos de prova CP 09 (somente entramados confeccionados já com infestação de broca), foram também atacados por cupins e, após seis meses, estavam completamente deteriorados. Os corpos de prova CP 10 (somente terra com reboco) apresentaram poucas rachaduras. Nos corpos de prova CP 11 (bambu com broca e terra) houve rachaduras predominantemente grandes principalmente nas linhas das taliscas e montantes. Nos corpos de prova CP 12 (bambu com broca, terra e reboco) não houve rachaduras, a infestação da broca não evoluiu nos montantes e não foram encontrados insetos vivos. Nos corpos de prova CP 13 (bambu verde e terra), apareceram grandes rachaduras, mas não houve infestação de brocas. Nos corpos de prova CP 14 (bambu verde, terra e reboco), não houve rachaduras e não houve infestação de broca.

2.3 Os Ensaios de Resistência à compressão dos bambus empregados nos painéis

Para análise da resistência à compressão do bambu foram empregados corpos de prova cuja relação entre o comprimento e o diâmetro externo (L/DE) manteve-se próximo da faixa de 6.18, preservando-se a condição de compressão simples. Com esta relação geométrica a esbelteza é pequena (Amaral & Tanizaki, 2002). Para tanto, se determinou o comprimento do corpo de prova entre 200 mm e 260 mm e o diâmetro em torno de 40 mm. Desta forma, as tensões máximas de resistência à compressão obtidas nos ensaios independem do fenômeno de flambagem e, assim, indicam a resistência máxima à compressão simples do bambu. Para a determinação da resistência à compressão, os ensaios foram efetuados no Laboratório do Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais – DCTM da Escola Politécnica da UFBA, utilizando-se uma prensa universal para ensaio de compressão modelo WPN, com capacidade para 30 toneladas. Após esses ensaios, foram elaborados quadros com as médias das resistências e para a análise.

Primeiramente foram feitos ensaios de resistência à compressão em montantes de bambu colhidos da mesma touceira de onde foi retirado o bambu para confecção das amostras de entramados e das taipas de bambu para a observação das rachaduras em Mucugê. Foram retirados quatro montantes de bambu verde da mesma touceira de onde foram tirados os bambus para confecção dos entramados preenchidos com terra, e três montantes do lote de bambus usados na execução da taipa feita com bambu já biodegradado pela infestação com brocas. A resistência média para o bambu verde foi de 49.27 MPa e para o bambu com broca foi de 41.82 MPa. Esses ensaios foram feitos, antes de se executar os painéis, para observação das rachaduras na primeira fase da pesquisa.

Em seguida, foram feitos ensaios de resistência com corpos de prova retirados dos painéis feitos na primeira etapa da pesquisa, que foram desagregados propositalmente, após seis meses de exposição à temperatura e umidade ambientes em Mucugê. Esses painéis foram destruídos para que os corpos de prova de bambu fossem retirados dos montantes que compunham os painéis. Ou seja, foram retirados os bambus das amostras de entramados de bambu verde, bambu com broca, bambu com broca e terra, bambu verde e terra, bambu com broca mais terra e reboco e bambu verde mais terra e reboco, obtendo-se as médias de resistência apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 - Resistências médias dos bambus ensaiados à compressão, após seis meses

Amostras após seis meses	Resistência à compressão (MPa)
CP do entramado de bambu verde	15.65
CP do entramado de bambu com broca	13.06
CP do entramado de bambu com broca e terra	30.25
CP do entramado de bambu com broca, terra e reboco	42.89
CP do entramado de bambu verde e terra	46.88
CP do entramado de bambu verde, terra e reboco	57.83

Os montantes que não ficaram protegidos pela terra apresentaram valores menores de resistência à compressão em relação aos que ficaram dentro da terra por seis meses. Observa-se que, em seis meses, a resistência à compressão do bambu verde protegido pela terra (46.88 MPa) não variou significativamente em relação ao bambu verde recém-colhido (cuja resistência foi de 49.27 MPa).

Em Salvador, para uma análise com mais dados em relação à perda de resistência à compressão do bambu com broca, foram retirados seis lotes de doze amostras de corpos de prova que foram deixados expostos ao ataque de brocas, junto a outros bambus já infestados, para serem ensaiados a cada mês, durante um semestre, determinando a resistência à compressão. Foi feito acompanhamento destes montantes de bambu com o objetivo de verificar qual o tempo de infestação dos mesmos.

O início da infestação pela broca ocorreu, após um mês depois de cortado. Logo após, notou-se a infestação também pelo cupim. Ao longo dos seis meses, observou-se que os valores de resistência à compressão dessas amostras atacadas por insetos decresceram. A perda de resistência à compressão do bambu, após três meses, já inviabiliza o emprego do mesmo como montante na estrutura da taipa.

Em seguida, da mesma forma como nos painéis de Mucugê, foram realizados ensaios com bambus retirados das amostras dos painéis feitos na segunda etapa para observação das rachaduras na taipa desenvolvida em Salvador. Os valores obtidos indicam que a presença da terra influenciou de forma positiva na manutenção da resistência à compressão do bambu, quando usado ainda verde para execução do entramado.

Nos ensaios de resistência à compressão pode-se observar que, nos corpos de prova feitos com bambu verde, terra e reboco, os valores de resistência à compressão dos montantes foram maiores comparados com os valores dos montantes sem recobrimento de terra. A média dos resultados dos ensaios de compressão dos corpos de prova de bambu dos painéis desmontados, após seis meses, e que foram expostos à temperatura e umidade ambiente na Escola Politécnica em Salvador, variou de 6.15 MPa a 35.53 MPa, conforme tabela 4:

Tabela 4 - Resistências médias dos bambus ensaiados à compressão, após seis meses – em Salvador

Bambu retirado dos painéis	Resistência a compressão (MPa)
Bambu verde (com broca e cupim)	9,20
Bambu seco com broca e cupim	6,15
CP do entramado de bambu com broca, terra e reboco	31,70
CP do entramado de bambu com broca e terra	29,83
CP do entramado de bambu verde e terra	32,34
CP do entramado de bambu verde, terra e reboco	35,53

Ainda com relação à resistência, para efeito de comparação com os resultados obtidos em Salvador, foram retiradas amostras de montantes de um painel de taipa de bambu construído no município de Mucugê, três anos antes da pesquisa, na mesma propriedade rural onde se realizou a primeira etapa da mesma. Este painel foi executado com o bambu *Bambusa vulgaris* verde após três dias de colhido. O bambu ficou parcialmente exposto durante três anos. Na parte exposta houve infestação de broca. Após a retirada das amostras, detectou-se que na parte onde o bambu ficou coberto pela terra, não houve infestação. As amostras foram ensaiadas para determinação da resistência à compressão e a média dos ensaios foi de 34.73 MPa. A resistência à compressão do montante mostrou-se compatível com as amostras analisadas com seis meses de exposição da Escola Politécnica.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto à durabilidade, a utilização do bambu dentro da terra se mostrou viável, por impedir a degradação pelos agentes biológicos no período estudado, sendo interrompida, mesmo quando utilizado o bambu atacado no entramado. Observou-se, tanto em Mucugê como em Salvador, que não ocorreu o ataque do bambu por brocas ou cupim nos montantes recobertos pela terra, em seis meses, mesmo quando parcialmente expostos nos locais das rachaduras. Mesmo as amostras já atacadas por brocas e cupim, tiveram o processo de degradação interrompido com a proteção do bambu pela terra. Na observação dos entramados expostos por seis meses sem recobrimento da terra, o ataque da broca e do cupim ocorreu em torno de um mês de exposição, estando completamente degradados com seis meses.

Quanto à retração da terra no corpo de prova, o reboco mostrou ser uma solução viável para eliminar as rachaduras presentes, pelo preenchimento das mesmas e uniformização da superfície dos painéis. As rachaduras foram observadas nos corpos de prova sem reboco, a partir do segundo dia, depois de moldada a taipa, estabilizando-se em torno do primeiro mês. Nos

corpos de prova rebocados não houve predominância de rachaduras. O reboco influencia positivamente na aderência, sendo recomendado para aumentá-la.

Nos ensaios de resistência à compressão, pode-se observar que nos corpos de prova feitos com bambu verde, terra e reboco, os valores de resistência à compressão dos montantes foram maiores comparados com os valores dos montantes sem recobrimento de terra. Esses valores foram confirmados com a comparação dos valores de resistência de montantes retirados de painel parede com três anos de exposição ao tempo, mostrando que, dentro desse período, o bambu verde pode ser utilizado como estruturante da taipa sem apresentar problemas de durabilidade. Na análise das patologias, observou-se que o ataque de brocas e cupins interfere na resistência à compressão do montante e que o ataque de fungo não interfere nessa resistência ao longo dos seis meses estudados. Nos corpos de prova feitos em ambos os Municípios (Mucugê e Salvador), utilizando-se o bambu do entorno, os resultados mostram a eficiência, durante o período de seis meses, do bambu como estrutura para a taipa sem apresentar degradação biológica. A aplicação do reboco manteve a integridade do mesmo sem rachaduras durante seis meses.

Pelos dados coletados nos ensaios dos corpos de prova com seis meses e nos ensaios dos corpos de prova de painéis com três anos de idade, pode-se avaliar o potencial do bambu como material para estruturar a taipa de mão. O estudo da aplicação do bambu na taipa e a investigação científica sobre o bambu e aprimoramento tecnológico de suas múltiplas funções poderão incrementar soluções para construções mais sustentáveis capazes de suprir demandas habitacionais no Brasil.

REFERÊNCIAS

Amaral, J.C. do & Tanizaki, V.M. 2002. *Comportamento do bambu em ensaios de compressão simples*. Guaratinguetá: Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá UNESP – Universidade Estadual Paulista.

Azevedo, P. V & Silva, G da, 2000. Potencial agroclimático da região da “Chapada Diamantina” no estado da Bahia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol 15, n.1:77-88

Bottari, T. 1999. *Sistema de Vedação – Taipa de Mão. Projeto integrado de Pesquisa: “Habitação Social: Concepção Arquitetônica e produção de componentes em madeira de reflorestamento e terra crua”*. Salvador: FAPESB.

DNER ME 122/94 a. 1994. *Solos – Determinação do Limite de Liquidez – Método de Referência e Método Expedito*, Brasília: Departamento nacional de Estradas de Rodagem.

DNER ME 082/94 b. 1994. *Solos – Determinação do Limite de Plasticidade*. Brasília: Departamento nacional de Estradas de Rodagem.

DNER ME 051/94 c. 1994. *Solos – Granulometria com sedimentação*. Brasília: Departamento nacional de Estradas de Rodagem.

DNER ME 129/94 d. 1994. *Solos – Compactação*, Brasília: Departamento nacional de Estradas de Rodagem.

DNER-ME. 049/94 e. 1994. *Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia Utilizando Amostras Não Trabalhadas*. Brasília: Departamento nacional de Estradas de Rodagem.

DNER ME 228/94 f. 1994. *Solos compactados com equipamento miniatura - mini CBR e expansão*. Brasília: Departamento nacional de Estradas de Rodagem.

DNER ME 054/97 a. 1997. *Equivalente de areia*. Brasília: Departamento nacional de Estradas de Rodagem.

DNER ME 254/97b. 1997. *Solos compactados com equipamento miniatura - determinação da perda de massa por imersão*, Brasília: Departamento nacional de Estradas de Rodagem.

Fontes, B. M. 2004. *Cuidado afasta praga e atrai concreto*. Folha de São Paulo – Construção. Disponível em: <http://unicamp.br/unicamp/canal_aberto/clipping/abril2004/clipping040425_folha.html> Acesso em 6/5/2014

Macul, M. & Prado, S. *Construções sustentáveis com terra crua, resíduos plásticos, orgânicos, minerais e fibras vegetais*. In: Conferência Brasileira sobre Materiais e Tecnologias não-convencionais na Construção Ecológica e Sustentável. 11 p. BRASIL NOCMAT 2006, Salvador. 1 CD ROM.

Pereira, M. A. R & Beraldo A. L. 2007. *Bambu de Corpo e Alma*. Bauru: Canal 6.

Nery, J. T; Andrade, T; Moura, T. 2006. Conforto térmico em Salvador: o índice PET e sua abordagem projetual. *RUA (Revista de Arquitetura e Urbanismo- UFBA)*, Salvador, vol.7, n.1: 70-77.

Arquivos climáticos com dados horários de irradiância para estudos de degradação de fachada

Vanda Zanoni

Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília-DF, Brasil.
vandazanoni@unb.br

José Manoel Sánchez

Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília-DF, Brasil.
sanchez@unb.br

Elton Bauer

Universidade de Brasília, Laboratório de Ensaio de Materiais do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília-DF, Brasil.
elbauerlem@gmail.com

Cláudia Amorim

Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília-DF, Brasil.
clamorim@unb.br

ABSTRACT: The purpose of this article is to analyze the representativeness of climatic files to be used in computer simulations for durability studies in Brasilia, Brazil. When investigating climate files of hourly data, we analyzed the climatic parameter "solar radiation", as this is one of the most important agents of degradation on buildings facades. The solar radiation strongly influences the sol-air temperature and consequently the outside surface temperature and hygrothermal behavior of the facade system. The methodology consisted of determining a year of average hourly data of horizontal global radiation based on 10 years of hourly data registered per automatic station and compare the result with two other reference databases for climate simulation: Radiasol2 and EPW ANTAC.

Keywords: Climate files, agents of degradation, degradation of facade, solar radiation

RESUMO: O objetivo deste artigo é averiguar a representatividade dos arquivos climáticos a serem utilizados nas simulações computacionais para os estudos de durabilidade na cidade de Brasília, Brasil. Investigando os arquivos climáticos de dados horários, buscou-se analisar o parâmetro climático "radiação solar", visto que este é um dos mais importantes agentes de degradação de fachada das edificações. A radiação solar influencia fortemente a temperatura sol-ar e, conseqüentemente, a temperatura superficial exterior e o comportamento higrotérmico do sistema de fachada. A metodologia adotada consistiu em determinar um ano de dados horários médios de Irradiância Global Horizontal Diária com base em 10 anos de dados horários registrados por estação automática de superfície e comparar o resultado com outras 2 bases referenciais de dados climáticos para simulação (base EPW-ANTAC e base Radiasol2).

Palavras-chave: arquivos climáticos, radiação solar, agentes de degradação, fachadas.

1 INTRODUÇÃO

O processo de degradação das fachadas é fortemente influenciado pelas condições de exposição ao ambiente exterior, principalmente à ação da chuva dirigida, da umidade, dos poluentes e da radiação solar (raios infravermelho, ultravioleta e luz visível), entre outros. As ações externas de origem climática estão entre os principais agentes de degradação que aceleram o processo de envelhecimento natural das edificações.

A pesquisa na área de degradação requer seleção de parâmetros de acordo com a natureza do problema a ser investigado e do tipo de clima (DIN EN 15026:2007). Por falta de norma ou outra referência técnica brasileira, é muito comum observar que os estudos na área de durabilidade adotam valores máximos ou extremos para os parâmetros climáticos (temperatura, radiação, etc.) buscando assim, contemplar a situação mais crítica de projeto. Diferentemente do que ocorre nas pesquisas das áreas de energia solar, eficiência energética e conforto ambiental, os estudos brasileiros sobre durabilidade não dispõem de critérios específicos sobre seleção de dados climáticos para serem aplicados nas investigações sobre degradação das edificações.

Para a aplicação dos parâmetros climáticos nos estudos de degradação de fachada por meio de programas de simulação computacional é preciso selecionar um arquivo climático que represente um ano de dados característicos do clima local. Conhecer como o arquivo foi gerado, quais foram as bases de dados que o alimentou e a representatividade dos dados no contexto climático em estudo são condições essenciais para a confiabilidade dos resultados.

Investigando os arquivos climáticos de dados horários para Brasília com o objetivo de averiguar a representatividade destes arquivos para os estudos de durabilidade, buscou-se analisar o parâmetro climático "radiação solar", visto que este é um dos mais importantes agentes de degradação de fachada das edificações. A radiação solar influencia fortemente a temperatura sol-ar (temperatura equivalente) e, conseqüentemente, a temperatura superficial exterior e o comportamento higrotérmico do sistema de fachada.

A metodologia adotada para atingir o objetivo proposto consistiu em determinar um ano de dados horários médios de Irradiância Global Horizontal Diária com base em 10 anos de dados horários registrados por estação automática de superfície e comparar o resultado com outras 2 bases referenciais de dados climáticos para simulação (base EPW-ANTAC e base Radasol2).

2 FONTES DE DADOS

Os dados climatológicos podem ser obtidos por meio de estações meteorológicas de superfície (terrestre), imagens de satélites, modelos físicos ou modelos numéricos.

As estações meteorológicas registram dados reais, medidos por equipamentos. Uma das mais importantes fontes de dados reais obtidos por medições em estações de superfície no Brasil é o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que possui estações meteorológicas convencionais e automáticas em todo o Brasil. A primeira estação automática de superfície instalada no Brasil para coleta de dados horários pelo INMET foi em Brasília e está em funcionamento desde o ano 2000.

Em Brasília, o INMET mantém duas estações meteorológicas convencionais (código 83377 e código 83378-AEROPORTO) e uma estação meteorológica automática (código A001). As estações meteorológicas convencionais de Brasília registram os parâmetros meteorológicos que são lidos e anotados por um observador nos horários sinóticos às 00:00 UTC, 12:00 UTC, 18:00 UTC. Na estação meteorológica automática os parâmetros meteorológicos são tomados automaticamente pelos instrumentos em intervalos de minuto a minuto e são integralizados a cada hora.

2.1 Normais climatológicas

Um dos principais arquivos climáticos do Brasil são as Normais Climatológicas fornecidas pelo INMET (2014), resultado de procedimentos mundialmente padronizados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para a obtenção e tratamento de dados meteorológicos. As Normais Climatológicas são importantes, pois consolidam séries históricas, portanto representativas daquele período. Os procedimentos padronizados para a determinação das Normais permitem estabelecer referências básicas para comparações, tornando mais úteis os dados climáticos coletados em observações reais quando comparados com valores normais

padronizados no mundo todo. Estações sinóticas realizam simultaneamente, independentemente de sua localização geográfica, observações em horários padronizados internacionalmente pela OMM. A unidade de tempo UTC (Coordinated Universal Time ou Tempo Universal Coordenado) corresponde ao fuso horário de referência a partir do qual se calculam todas as outras zonas horárias. Os horários padrão para fins sinóticos são 00:00 (ou 24:00) UTC, 06:00 UTC, 12:00 UTC e 18:00 UTC. Para Brasília, a correspondência entre UTC e hora local é de -3. Por exemplo, 12UTC corresponde às 9h de Brasília no horário local padrão ou 10h durante o horário de verão (INMET, 2009).

A OMM define Normais Climatológicas Padronizadas como valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo, no mínimo, três décadas consecutivas. As Normais Climatológicas Provisórias são definidas pela OMM como médias de curto período, baseadas em observações que se estendam sobre um período mínimo de 10 anos. As Normais Climatológicas Padronizadas da série 1961-1990 para Brasília trazem a referência da Estação Meteorológica Convencional de Brasília-DF que possui o código sinótico 83377, com valores registrados nos três horários de observação às 00 UTC, 12 UTC e 18 UTC (INMET, 2009). Em sua série histórica 1960-1990, as Normais Climatológicas não apresentam dados de radiação solar, somente apresentam horas de insolação. Os dados horários de radiação solar passaram a ser registrados pelas estações automáticas do INMET a partir de maio de 2000.

2.2 Modelos físicos e modelos numéricos

Os métodos semi-empíricos são importantes para obtenção de dados, pois depois de validados são de baixo custo para aplicação. Os métodos experimentais (que coletam dados reais) são fundamentais para validarem os dados obtidos por meio de métodos semi-empíricos, muito embora as medições *in situ* possam conter erros significativos (BLOCKEN, 2004). Programas computacionais para geração de dados sintéticos são recursos de baixo custo e consomem menos tempo, além de permitir obter dados com uma variação horária necessária para utilização em programas de simulação.

Os modelos matemáticos que estimam os fenômenos físicos pela parametrização dos processos estão sendo cada vez mais aperfeiçoados e validados, ampliando o uso de ferramentas computacionais de simulação. O Radiasol2 (2014) é um exemplo de ferramenta computacional que gera dados horários sintéticos de irradiância solar, proporcionando ao usuário a possibilidade de obter planilhas de dados meteorológicos que podem ser utilizados em programas de simulação, além de permitir a observação imediata dos efeitos causados pela orientação dos planos receptores da radiação solar (KREZINGER e BUGS, 2010).

3 ARQUIVOS CLIMÁTICOS DE DADOS HORÁRIOS

Para as simulações computacionais é necessário que o arquivo climático contenha um ano completo de 365 dias com 8760 dados horários. No caso dos anos bissextos, o dia 29 de fevereiro deve ser descartado. Metodologias específicas permitem tratar os dados de uma série de 30 anos (10 anos, no mínimo) para compor um ano completo de referência que representa um ano médio ou típico de um determinado local. Os dados selecionados devem representar a série de padrões climáticos que normalmente seriam encontradas em um conjunto de dados de vários anos. O ano climático, típico ou de referência, consiste em um ano de dados climáticos horários apresentados em um formato padronizado para as 8.760 horas do ano.

A metodologia para a formação de um Ano Climático de Referência - TRY (Test Reference Years) consiste em eliminar do banco de dados os anos de temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até que se obtenha apenas um ano de dados médios. O TRY seleciona o ano mais representativo entre vários anos (Goulart et al.,1998).

Para se obter o Ano Meteorológico Típico -TMY (Typical Meteorological Year) são selecionados

os meses mais representativos de vários anos distintos. Excluem-se sucessivamente os meses mais quentes e mais frios, até que reste apenas um considerado como o mês típico do lugar. O TMY é formado pelos 12 meses selecionados, podendo ser, estes meses, de diferentes anos, desde que o mês selecionado seja representativo dos mesmos meses observados no período de anos considerados (Akutsu, 1998).

3.1 Dia típico

O dia típico representa as condições mais significativas que podem ocorrer com maior frequência em um dia de verão ou de inverno. Para o dia típico de verão e de inverno são tomadas, respectivamente, as médias dos dias mais quentes e mais frios observados em um número representativo de anos. A NBR 15575-1 (ABNT, 2013) define dia típico como um dia real caracterizado pelos parâmetros climáticos segundo a média do período dos últimos 10 anos e, sendo representativo, permite quantificar os níveis de exigência na avaliação de desempenho térmico a ser efetuada na edificação. A Tabela 1 mostra os dados de um dia típico para Brasília para a avaliação de desempenho recomendados pela NBR 15575-1.

Tabela 1. Dados de Brasília: dias típicos Fonte: NBR 15575-1: 2013

Brasília - DF Latitude: 15,78 S Longitude: 47,93 W Altitude: 1160 m	Temperatura máxima/míni ma diária (°C)	Amplitude diária de temperatura (°C)	Temperatura de bulbo úmido (°C)	Radiação solar (Wh/m ²)	Nebulosidad e (décimos)
Dia típico de verão	31,2	12,5	20,9	4625	4
Dia típico de inverno	10,0	12,2	14,8	4246	3

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Para este estudo comparativo da representatividade dos arquivos climáticos de irradiância solar global para Brasília, foram tomados como base para a análise 10 anos de dados registrados pelo INMET pela estação automática A001 - Brasília. Como a estação começou a funcionar a partir do mês de maio de 2000, este ano está incompleto e, portanto, foi descartado. Os anos 2001 e 2002 foram também descartados pois são anos com muitos dados nulos para o parâmetro radiação. Os 10 anos utilizados para estabelecer um ano de dados médios foram os anos de 2003 a 2012, compreendendo um total de 87.600 dados horários (8760 dados por ano). Estes anos foram tratados para eliminar as inconsistências e os dados espúrios. Após este controle da qualidade foi gerado um ano de dados horários médios.

Para o controle da qualidade foi feita uma análise visual onde foi identificado que sequências de dados registrados como "null", no banco de dados de 10 anos, começavam e finalizavam com dados espúrios para aquela hora específica. Analisando as curvas de variação da radiação ao longo do dia, considerou-se dados espúrios aqueles dados horários que alteravam a tendência da curva em seu comportamento cíclico diário. Para identificar dados inconsistentes foram verificados os valores extremos (acima de 1.355 W/m² e abaixo de zero W/m²) conforme teste de *range* apresentado por Pittigliani (2000).

Após o tratamento dos dados, cerca de 92% foram considerados aprovados. Para obter a irradiância solar global média de cada hora foi possível contar com, no mínimo, 7 dados válidos entre 10 dados. Como estes percentuais apresentam confiabilidade suficiente para os objetivos propostos neste trabalho, optou-se por não interpolar ou preencher sequências de dados nulos ou lacunas que excedessem 1 hora. A Figura 1 mostra os resultados antes e depois do tratamento dos dados.

A Figura 2 mostra o ciclo de variação diária média da irradiância solar global horizontal, para um ano completo de dados horários médios com 8760 horas, baseada em 10 anos de dados horários registrados pela estação automática de superfície A001. A Figura 3 detalha melhor a Figura 2,

mostrando somente o mês de janeiro deste ano de dados médios. Observa-se que o ciclo diário da radiação tem o seu pico no meio do dia, declinando para zero no nascer do sol (seis ou sete horas local) e ao pôr do sol (18 ou 19 horas local).

A Tabela 2 e a Figura 4 mostram as médias mensais da irradiância solar global horizontal diária para o ano de dados horários médios, resultante de 10 anos de dados medidos (3) e compara com as outras duas bases de dados: Radiasol2 (1) e Base EPW-ANTAC (2).

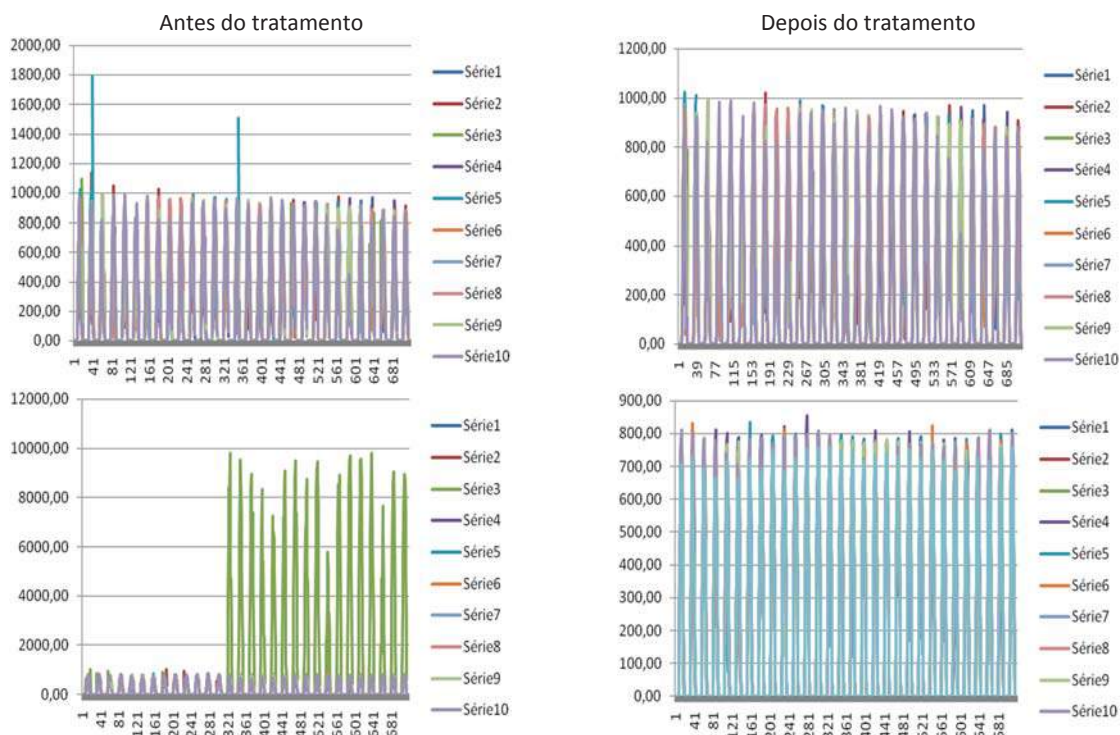


Figura 1. Exemplo dos dados climáticos de irradiância solar global horizontal diária (mostrando os dados espúrios ou inconsistentes) e o resultado depois dos dados tratados.

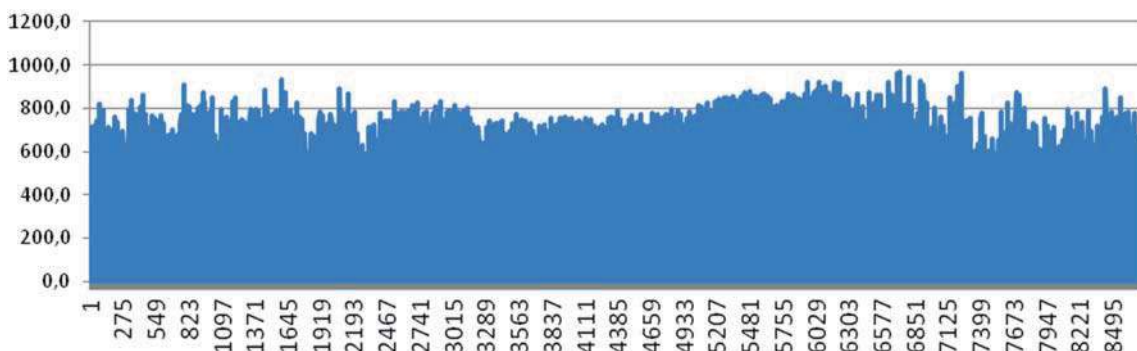


Figura 2. Ciclo da variação diária da irradiância solar global horizontal horária (Wh/m^2) – ano de dados médios com 8760 horas baseado em 10 anos de dados horários registrados pela estação A001-Brasília.

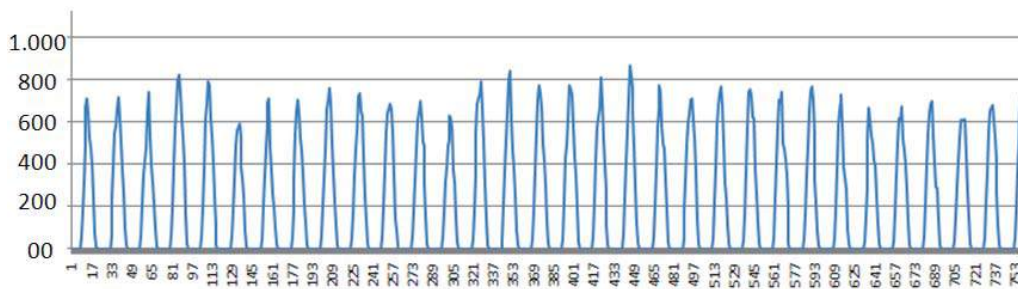


Figura 3. Ciclo da variação diária da irradiância solar global horizontal horária (Wh/m^2) – mês de janeiro.

Tabela 2. Média Mensal de Irradiância Global Horizontal Diária para Brasília [kWh/(m².dia)] Fontes de dados: (1) RADIASOL2 (2014); (2) Base EPW-ANTAC (RORIZ, 2012).

	Radiasol 2 (1)	Base EPW-ANTAC (2)	Ano de dados horários médios (3)
Janeiro	5,72	6,15	5,12
Fevereiro	5,80	6,01	5,36
Março	5,36	4,65	5,17
Abril	5,11	5,52	4,97
Mai	4,66	4,63	4,79
Junho	4,62	4,87	4,81
Julho	4,77	4,88	5,07
Agosto	5,48	5,22	5,71
Setembro	5,89	4,99	5,78
Outubro	5,80	4,78	5,35
Novembro	5,56	4,33	4,80
Dezembro	5,45	4,69	5,07

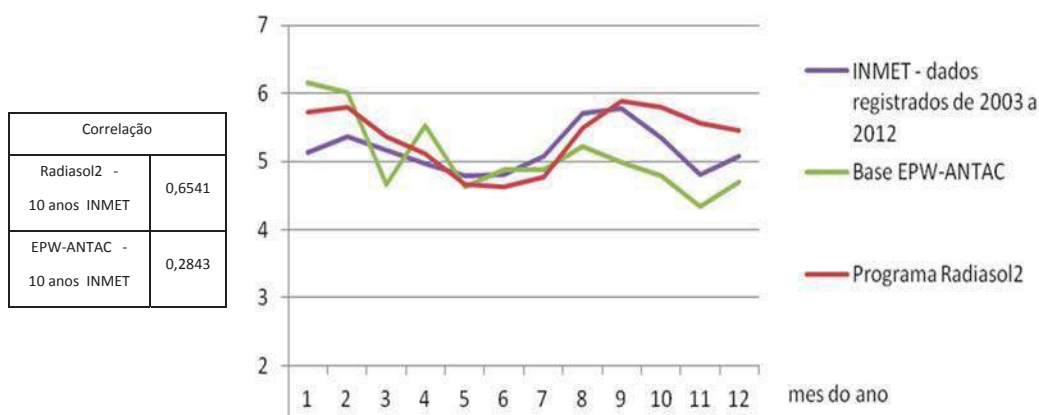


Figura 4. Variação anual da irradiância global horizontal diária [kWh/(m².dia)]: comparação entre os arquivos climáticos de Brasília-DF

Para os estudos de degradação de fachada, é necessário obter o parâmetro climático irradiância solar incidente na superfície inclinada em uma determinada orientação (no caso da fachada, a inclinação da superfície é 90^o e a orientação depende da fachada em estudo). Esses dados são calculados a partir dos valores obtidos para a irradiância solar global horizontal.

A Figura 5 mostra os valores da irradiância solar incidente na superfície das fachadas gerados pelo programa computacional de simulação higrótérmica WUFI (2013), a partir da leitura do arquivo climático da Base EPW-ENTAC para Brasília. A Figura 6 compara esses valores do arquivo de dados EPW-ENTAC com os valores da irradiância solar incidente para as superfícies inclinadas em várias orientações, gerada pelo Programa RADIASOL 2 (2014).

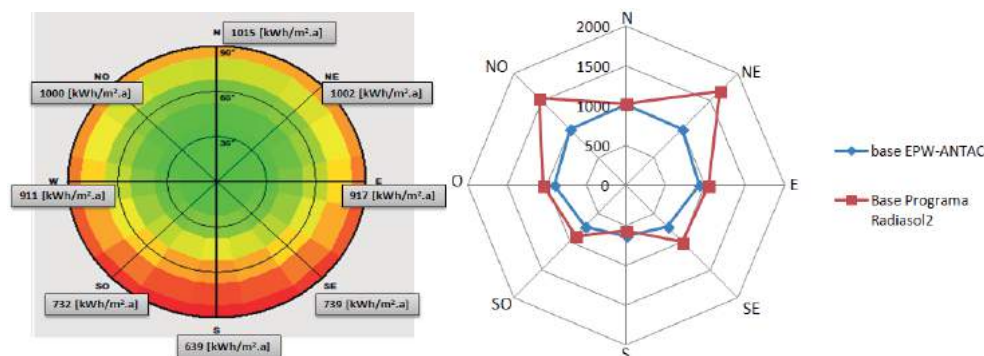


Figura 5. Leitura do arquivo climático EPW ANTAC pelo Programa WUFI - Irradiância solar incidente na fachada - [kWh/m².ano]. Figura 6. Comparação entre duas bases de dados de irradiância solar incidente na fachada [kWh/m².a]

Observa-se que as irradiâncias incidentes são simétricas em relação ao eixo N-S. Enquanto o arquivo climático da Base EPW-ENTAC gera irradiâncias incidentes praticamente iguais nas fachadas Norte, Nordeste e Noroeste, os dados sintéticos gerados pelo RADIASOL2 mostram que as fachadas Nordeste e Noroeste recebem cerca de 50% a mais de irradiância do que as fachadas Norte, Leste e Oeste.

Considerando que a irradiância solar incidente na fachada é raramente medida por instrumentos, métodos de cálculo são utilizados para a sua determinação. Devido à limitação de escopo deste artigo, a irradiância solar incidente na fachada baseado no ano de dados médios obtido a partir de 10 anos de dados medidos será apresentada em um próximo trabalho.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A primeira verificação efetuada sobre a representatividade do parâmetro irradiância solar global nos arquivos climáticos em análise foi comparar com os valores de irradiação solar global incidente nas regiões do território brasileiro. Apesar das diferentes características climáticas observadas no Brasil, segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, as regiões apresentam boa uniformidade, com médias diárias relativamente altas em todo país, variando entre 4,20 e 6,70 kWh/m². Os valores máximos de irradiação global ocorrem em áreas de clima semiárido com baixa precipitação ao longo do ano e baixa média anual de cobertura de nuvens (por exemplo, Nordeste do Brasil). As menores irradiações ocorrem em regiões com precipitação bem distribuída ao longo do ano (por exemplo, no litoral sul-sudeste) (PEREIRA et al., 2006). Observa-se que os três arquivos climáticos analisados para Brasília (Quadro 2) enquadram-se nos índices médios anuais de irradiância solar previstos para o Brasil.

Quando comparado os valores médios diários com os valores dos dias típicos de verão e de inverno recomendados pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013) verifica-se que os parâmetros exigidos pela norma de desempenho estão abaixo dos valores de dados horários médios com base em 10 anos de dados horários registrados pelo INMET. Para Sorgato e Marinowski (2012), um “dia típico” de verão ou inverno representa condições diferentes de um “dia de projeto” para verão ou inverno. Os autores alertam que um dia típico é facilmente encontrado em uma situação real pois representa condições médias que podem ocorrer com maior frequência, enquanto um “dia de projeto” é aquele que representa as condições mais severas, portanto, raramente ocorrerá na realidade.

Para analisar o comportamento anual da irradiância solar global ao longo dos meses, buscou-se comparar os resultados com outras bases referenciais sobre o assunto (ver Quadro 2, Figuras 4, 7 e 8).

Em 2005, Carlo e Lamberts realizaram uma revisão e correção de dados de arquivos climáticos que não tinham irradiância para serem usados pelos programas de simulação de desempenho térmico DOE 2.1-E e EnergyPlus. Como não havia arquivos de dados horários medidos de irradiância solar, os autores recorreram aos métodos de cálculo para estimar os valores de irradiação solar global horizontal horária. A Figura 7 mostra os resultados obtidos comparando os diferentes métodos adotados (Carlo; Lamberts, 2005). Observa-se que os valores resultantes são muito dependentes da base de dados e dos métodos que variam conforme as condições estabelecidas (nebulosidade, por exemplo) e as variáveis adotadas.

Em 2012, o Arquivo Climático EPW-ANTAC foi disponibilizado após revisão efetuada nos arquivos que apresentavam valores inconsistentes de irradiância solar. Segundo Roriz (2012), o procedimento foi necessário para gerar dados horários visto que as fontes disponíveis continham apenas médias mensais, não atendendo, portanto, aos requisitos exigidos pelos principais programas computacionais de simulação termo-energética. A Figura 8 mostra uma comparação entre o Arquivo Climático EPW-ANTAC gerado para Brasília e a base de dados do CEPTEL-Sundata, usada como referencial de comparação pelo autor. Observa-se boa

correspondência entre as duas bases de dados (Roriz, 2012).

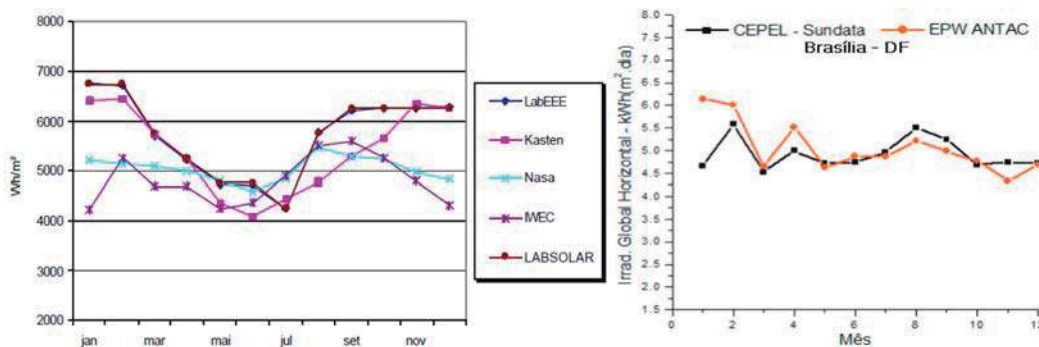


Figura 7. Irradiância solar global diária para Brasília. Fonte: Carlo; Lamberts, 2005. Figura 8. Irradiância solar global diária para Brasília. Fonte: Roriz, 2012

Comparando o comportamento da irradiância solar global nas diversas referências citadas com os valores do ano de dados médios (Figura 4) obtido por meio da base de dados de 10 anos registrados pelo INMET é possível observar que: a) no período mais seco que compreende os meses mais frios do ano (entre abril e agosto) os valores de irradiância solar global são bastante semelhantes; b) no período mais chuvoso que compreende os meses mais quentes do ano (entre setembro e março) existe uma maior discrepância entre os resultados.

Analisando a representatividade dos arquivos climáticos, podemos supor que um ano típico ou de referência (TRY e TMY) é gerado a partir dos valores médios de temperatura, portanto, podem não ser representativos para outros parâmetros climáticos como a radiação solar, por exemplo. A irradiância incidente em superfície está fortemente relacionada com a nebulosidade. A irradiância solar global horizontal sofre influência do índice de claridade ou transmissividade atmosférica (Kt), dado pela razão entre a irradiância solar global e a irradiância solar que chega ao topo da atmosfera. O Kt varia de acordo com as condições de céu (nebulosidade, aerossóis na atmosfera). Os valores mais discrepantes observados nos arquivos em meses chuvosos podem ser decorrentes da maior imprevisibilidade do Kt.

Outra condição que pode afetar a representatividade de um arquivo climático é a quantidade de anos utilizada para compor o ano climático de referência. É recomendado uma amostra com, no mínimo, 10 anos de dados de registros horários. Os primeiros anos de registros de dados horários pelo INMET apresentaram muitos dados nulos e espúrios para a radiação solar, consequência de pane nos sensores ou problemas no sinal de satélite, além de ajustes de procedimentos na aquisição e transmissão de dados horários. Os bancos de dados dos últimos anos já contêm menor quantidade de dados nulos ou espúrios (em torno de 5%).

6 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou os resultados de uma análise comparativa visando identificar a representatividade dos arquivos climáticos de dados horários de irradiância solar global (horizontal e incidente na fachada) disponíveis para serem utilizados nos estudos de durabilidade e degradação de fachadas, na cidade de Brasília-DF.

Conclui-se que ambos os arquivos climáticos, o TMY da base EPW-ANTAC e os dados sintéticos gerados pelo Radiasol2, quando comparados com o arquivo climático de médias horárias obtidas por meio do tratamento de 10 anos de dados registrados pelo INMET, apresentam valores discrepantes, principalmente nos meses mais chuvosos. O Radiasol2 apresenta valores acima da média para a irradiância solar global dos meses mais chuvosos (setembro a abril) e valores um pouco abaixo da média para os meses mais secos (maio a agosto). Os dados sintéticos gerados pelo Radiasol2 apresentam comportamento sazonal bastante similar ao comportamento sazonal do ano de dados médios. Somente dois meses do ano apresentam

diferenças entre as irradiâncias na ordem de 500 Wh/m² ou mais. O TMY da base EPW-ANTAC superestima os valores de irradiância solar global para os meses janeiro, fevereiro e abril e apresenta valores abaixo da média para todos os outros meses do ano. Essas diferenças, na maioria dos meses do ano, variam na ordem de 500 Wh/m² até 1000 Wh/m².

REFERÊNCIAS

Akutsu, M. 1998. Métodos para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil. Tese. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. 2013. NBR 15575-1- Edificações habitacionais - Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais Rio de Janeiro.

Carlo, J. C.; Lamberts, R. 2005. Processamento de arquivos climáticos para simulação do desempenho energético de edificações. Convênio ECV-007/2004 Eletrobrás/UFSC. Relatório LabEEE-200504. Florianópolis. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos_climaticos/RT200504.pdf. Acesso em: 2014.

DIN EN 15026. 2007. Hygrothermal performance of building components and building elements - Assessment of moisture transfer by numerical simulation.

Goulart, S. V. G; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. 1998. Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras – 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção / UFSC.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2009. *Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990*. Ed. rev. e ampliada. Organizadores: Andrea M. Ramos, Luiz André R. dos Santos, Lauro T. G. Fortes. Brasília, DF: INMET.

Krenzinger, A.; Bugs R. C. 2010. RADIASOL2 - Software para sintetizar dados de radiação solar. Laboratório de Energia Solar/PROMEC da UFRGS. In: IV Conferência Latino Americana de Energia Solar (IV ISES CLA) e XVII Simpósio Peruano de Energia Solar (XVII – SPES). Anais... Cuzco.

Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Abreu, S. L., Rütther, R. 2006. *Atlas brasileiro de energia solar*. S.J.Campos, INPE.

Pittigliani, M. 2000. Controle de Qualidade de Dados Hidrometeorológicos do Simepar. Anais do XI CBMET – Congresso Brasileiros de Meteorologia, Rio de Janeiro.

RADIASOL2 - Programa desenvolvido pelo LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR, GESTE - PROMEC - UFRGS, Porto Alegre. Disponível em: <http://www.solar.ufrgs.br/#softwares>. Acesso em: setembro de 2014.

Roriz, M. 2012. Correções nas Irradiâncias e Iluminâncias dos arquivos EPW da Base ANTAC. Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Carlos - SP. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-epw>. Acesso em: setembro de 2014.

Sorgato, M. J.; MARINOSKI, D. L. 2012. Comentários e sugestões quanto à formatação e nomenclatura presentes na norma NBR 15575. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis.

WUFI Pro 5.0. 2013. Fraunhofer – IBP, Holzkirchen, Germany.

Análise da energia embutida na readequação de coberturas: estudo de caso nas escolas públicas do estado do paraná

Sérgio Fernando Tavares

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

sergioftavares@gmail.com

Isaura Marques de Souza Uhmman

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

isaura.uhmann@gmail.com

Adriane Cordoni Savi

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

isaura.uhmann@gmail.com

ABSTRACT: In a context where the architecture discusses its role in the search for a more sustainable world, there is the presence of these aspects in the school building. This style architecture must be a reference, functioning as disseminating agent of the essential concepts to obtain a quality building, where the parameters of sustainability are essential. The quest for high performance standard projects is suitable to the proposal of a building which it operates, and must be recognized as educational character. In Brazil design conditions and maintenance of this type of construction are less suitable. Among the problems that plague most school buildings are the poor condition of roofs, which in addition to discomfort for users committed to building life as a whole. The objective of this research is to compare the levels of embedded energy and CO₂ emissions between traditional roofing system and green roof system proposed for readjustment to replace the covers originally implemented in Paraná public schools. The environmental costs of demolition with energy expenditure and exploration of new materials are already grounds for considering the upgrading of buildings. It is also justified the application of the technique in Brazilian public institutions where we demand to rationalize the resources available to repair works, maintenance and improvements to the conservation and quality of the public property. The research is exploratory in nature with case study application. The parameters of embedded energy and CO₂ emissions established through this study are grounded in the technical literature and reflected new study questions and hypotheses to solve coverage problems in buildings. The results point to reduce both energy embedded as CO₂ emissions when applied the technique of green roofs to replace the original roofs in the study object school.

Keywords: school building, built energy, CO₂ emissions, green roof.

RESUMO: Em um contexto onde a arquitetura discute seu papel na busca por um mundo mais sustentável, destaca-se a presença destes aspectos no edifício escolar. Essa tipologia arquitetônica deve ser uma referência, funcionando como agente disseminador dos conceitos essenciais à obtenção de uma edificação de qualidade, onde os parâmetros da sustentabilidade são essenciais. A busca de projetos de alto padrão de desempenho é adequada à proposta de uma edificação que atua, e deve ser reconhecida, como de caráter educacional. No Brasil as condições de projeto e manutenção deste tipo de construção não são as mais adequadas. Dentre os problemas que mais afligem as edificações escolares estão as más condições das coberturas, que além de desconforto para os usuários comprometem a vida útil da edificação como um todo. O objetivo dessa pesquisa é comparar os índices de energia embutida e emissões de CO₂ entre o sistema de cobertura tradicional e o sistema de telhado verde proposto para a readequação em substituição às coberturas originalmente implementadas nas escolas da rede pública do Paraná. Os custos ambientais da demolição com gasto energético e prospecção de

novos materiais já são razões para considerar a readequação das edificações. Justifica-se ainda, a aplicação da técnica em instituições públicas brasileiras onde busca-se racionalizar os recursos disponíveis para obras de reparos, manutenção e melhorias para a conservação e qualidade do bem público. A pesquisa é de natureza exploratória com aplicação de estudo de caso. Os parâmetros de energia embutida e emissão de CO₂ estabelecidos através deste estudo são embasados na literatura técnica e refletiram novas questões de estudo e hipóteses para solucionar problemas de coberturas em edificações. Os resultados apontam para a redução tanto de energia embutida quanto de emissões de CO₂ quando aplicada a técnica de telhados verdes em substituição dos telhados originais na escola objeto de estudo.

Palavras-chave: edificação escolar, energia embutida, emissão de CO₂, telhado verde.

1 INTRODUÇÃO

A readequação de edificações remete à ideia de conservação, zelo, respeito ao bem edificado e incorporado à paisagem urbana e à comunidade. Sendo esta técnica implementada sob o prisma da edificação escolar, além da qualidade do espaço educacional originalmente concebido sem considerar aspectos relativos à sustentabilidade, oportuniza melhorias na qualidade desses espaços, utilizando para tal técnicas mais sustentáveis, de maior durabilidade em seu ciclo de vida, índices reduzidos tanto de energia embutida quanto de emissões de gases de efeito estufa. Fomenta assim, a ecoeducação da comunidade escolar, possibilitando vivenciar essa prática no próprio espaço de convívio diário de alunos, pais e professores, gerando um modelo a ser multiplicado, incentivando as práticas de conservação, respeito ao bem edificado e integração à natureza.

Segundo Lobo (2010), o desenvolvimento de uma metodologia que promova estratégias, abordagens e ferramentas de levantamento de inventário de energia embutida e emissões de CO₂ favorece avaliações de impacto ambiental que possam com seu desenvolvimento promover melhorias nos níveis de referência de desempenho nestes parâmetros de sustentabilidade.

A proposta de readequação de coberturas de instituições públicas escolares busca racionalizar os recursos disponíveis para obras de reparos, manutenção e melhorias, visto que também deve proporcionar maior durabilidade comparativamente às técnicas construtivas inicialmente implementadas. As obras são financeiramente custeadas pelo contribuinte brasileiro e o retorno econômico desta aplicação deve reverter-se na conservação e qualidade do bem público. Além disso existe uma obrigação imposta pela lei brasileira que em 2010 tornou obrigatória a utilização de materiais mais sustentáveis e a inserção de critérios ambientais.

As solicitações das obras de reparos dentro da Secretaria de Estado da Educação do Paraná são frequentes e com número significativo de intervenções solicitadas relacionados a problemas de cobertura oriundos de falhas de projeto ou execução. É frequente a substituição das estruturas, visto que normalmente são utilizadas madeiras de baixa qualidade acarretando em problemas estruturais da cobertura. A utilização de telhados verdes oferece uma solução alternativa para a substituição de estruturas de cobertura, uma vez que proporcionam uma solução mais sustentável, incentivando boas práticas em edificações públicas .

2 OBJETIVO

Diante deste panorama e atendendo a necessidade de propor e aplicar técnicas construtivas mais sustentáveis o objetivo do presente artigo é comparar os índices de energia embutida e emissão de CO₂ entre o sistema de cobertura tradicional e o sistema de telhado verde proposto para a readequação em substituição às coberturas originalmente implementadas nas escolas da rede pública do Paraná.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Sustentabilidade no ambiente construído

A compreensão do conceito de sustentabilidade aplicada a projetos escolares não se restringe apenas ao meio construído, mas também às ações correlatas aplicadas juntamente com a comunidade escolar e o entorno adjacente. Neste contexto, é adequada a implementação de políticas sociais com a participação ativa dos agentes envolvidos no processo, materializado através de uma edificação educacional sustentável. A escola, como patrimônio social e parte da sociedade, incorpora-se às mudanças locais, evoluindo junto ao meio ao qual esta inserida, fomentando o desenvolvimento da vizinhança dentro do conceito de sustentabilidade.

Segundo Kowaltowski (2011), a arquitetura sustentável é uma das chaves para projetos de alto padrão de desempenho e deve ser explorada como uma ferramenta de ensino sobre a importância dessa prática para o planeta. As escolas são instituições importantes, e o investimento na qualidade do ambiente reflete diretamente sobre os seus usuários e influencia os níveis de aprendizagem. O ambiente físico pode ser um aliado ao ambiente humano.

3.2 Arquitetura escolar pública

O ambiente físico escolar é, por essência, o local do desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. O edifício escolar deve ser analisado como resultado da expressão cultural de uma comunidade, por refletir e expressar aspectos que vão além da sua materialidade (Kowaltowski, 2011).

As unidades escolares já edificadas são incorporadas à vida das comunidades, muitas vezes caracterizando o elo de convivência entre os cidadãos desses locais, e frequentemente incorporando, além do papel de prover educação, o de estreitar e possibilitar o acesso à cultura e ao lazer dessas comunidades.

O desempenho dos ambientes não gira apenas em torno da eficiência energética e de recursos, mas de uma escola saudável, com um espaço adequado a educação de qualidade (Kowaltowski, 2011). As discussões sobre arquitetura bioclimática e arquitetura sustentável em projetos de escolas de alto padrão de desempenho se cruzam em um ponto comum, que é a possibilidade de os alunos aprenderem a importância da conservação dos recursos naturais num espaço adequado.

Conforme Brasil (2014), a resolução CD/FNDE nº 18, de 21 de maio de 2013, escolas sustentáveis são definidas como aquelas que mantêm relação equilibrada com o meio ambiente e compensam seus impactos com o desenvolvimento de tecnologias apropriadas, de modo a garantir qualidade de vida às presentes e futuras gerações. Esses espaços têm a intencionalidade de educar pelo exemplo e irradiar sua influência para as comunidades nas quais se situam. A transição para a sustentabilidade nas escolas é promovida a partir de três dimensões inter-relacionadas: espaço físico, gestão e currículo. Alinhada a proposta desta pesquisa, quanto ao espaço físico a resolução versa sobre a utilização de materiais construtivos mais adaptados às condições locais e de um desempenho arquitetônico que permita a criação de edificações dotadas de conforto térmico e acústico, que garantam acessibilidade, gestão eficiente da água e da energia, saneamento e destinação adequada de resíduos. Esses locais possuem áreas propícias à convivência da comunidade escolar, estimulam a segurança alimentar e nutricional, favorecem a mobilidade sustentável e respeitam o patrimônio cultural e os ecossistemas locais. Para tal, questões acerca de gestão e currículo devem estar inter-relacionadas aos aspectos sobre inclusão de conhecimentos, saberes e práticas sustentáveis no projeto político-pedagógico das instituições de ensino e em seu cotidiano a partir de uma abordagem que seja contextualizada na realidade local e estabeleça nexos e vínculos com a sociedade global.

3.3 Implementação de telhados verdes

Os telhados verdes são conhecidos há séculos, tanto em climas frios da Islândia, Escandinávia, Estados Unidos e Canadá, como nos climas quentes da Tanzânia. Nas zonas de climas frios, aumentam a temperatura interna já que armazenam o calor dos ambientes e nos climas quentes diminuem a temperatura interna visto que mantêm isolados os ambientes internos das altas temperaturas do meio exterior. Nestes telhados, a vegetação juntamente com o substrato regulam as variações de temperatura nos ambientes da edificação (MINKE, 2005).

Telhados verdes são estruturas de cobertura onde são aplicadas diversas camadas, entre elas camadas de solo e vegetação. Apesar de ser mais comum encontrar telhados verdes sobre lajes, o telhado verde é um sistema construtivo que pode permitir variações e aplicação sobre diversas superfícies e estruturas. Nos telhados verdes modernistas eram quase sempre encontrados sobre lajes planas de concreto, porém em alguns países, como a Alemanha e outros países nórdicos, é comum observar esse tipo de telhado em coberturas inclinadas. São construídos em diferentes camadas e espessuras variáveis, porém normalmente consistem de uma camada de barreira de raiz, drenagem, filtro, meio de cultura ou substrato e por ultimo a camada de vegetação (Bianchini, *et al* 2011).

3.4 Energia embutida e emissão de CO₂ em telhados verdes

O CO₂ é um dos principais gases responsáveis pelo incremento do efeito estufa, das mudanças climáticas e da degradação ambiental decorrente do desequilíbrio ecológico. Sendo a construção civil uma das principais responsáveis pela emissão de CO₂, o uso de técnicas construtivas mais sustentáveis pode contribuir para a redução dessas emissões. Além disso, a energia embutida dos materiais envolvidos neste processo necessita ser considerada, pois além de incrementar os índices de CO₂ na atmosfera, o menor consumo de energia possível, mesmo as renováveis, representam menores impactos ambientais. Assim sendo, imprescindível analisar não somente as emissões de CO₂, como também a energia embutida.

Conforme citado por Pereira (2014), as coberturas verdes têm o potencial de mitigar danos ambientais, especialmente os causados pelo setor da construção civil quanto às emissões de CO₂ e de consumo energético na fase pré-operacional, da mesma forma como são descritas as vantagens na fase operacional.

Energia embutida e emissão de CO₂ não são elementos usualmente considerados relevantes quando as edificações são projetadas e executadas. Sendo assim, reduzir o consumo energético, ampliar a eficiência produtiva e implementar métodos modernos de construção são meios possíveis de mitigar a energia usada nas construções. Neste sentido, as coberturas verdes, como técnica construtiva de fechamento de topo de edificação, têm sido estudadas a fim de se apontar os benefícios ambientais desta tecnologia (Pereira, 2014).

4 METODOLOGIA

A pesquisa tem natureza exploratória com aplicação em estudo de caso. Para amostragem foi escolhido um colégio estadual localizado no município de Curitiba.

A primeira etapa da pesquisa consistiu no levantamento de quantitativos estabelecidos na tabela da SEIL – Secretaria de Infraestrutura e Logística, que padroniza as composições de todos os insumos da construção civil no estado. Foi elaborada uma tabela com os materiais do telhado original, quantidades, índices de energia embutida (MJ/Kg) e CO₂(Kg).

A segunda etapa constituiu no levantamento dos materiais, quantidades e índices de energia embutida e CO₂, que correspondem a execução do telhado verde sistema Hexa da empresa Ecotelhados, conforme metodologia utilizada na primeira etapa.

A terceira etapa apresentou o comparativo entre índices de Energia embutida da cobertura

original e da cobertura proposta com o telhado verde – sistema Hexa.

5 ESTUDO DE CASO

O caso estudado refere-se ao Colégio Estadual Anibal Khury, localizado no município de Curitiba, com 1.901,79m² de área construída, composto de bloco administrativo, biblioteca, laboratório de informática, laboratório de ciências, sala de uso múltiplo, instalações sanitárias, refeitório, pátio coberto e 10 salas de aula.

Para fins de cálculo do telhado original e do telhado verde proposto, foram considerados os índices de energia embutida e emissões de CO₂ encontrados por Hammond e Jones (2008).

A Figura 1 apresenta os quantitativos dos materiais com respectivos índices de energia embutida envolvidos na construção original do telhado.

Quantitativo EE Colégio Estadual Anibal Khury	Massa (kg)	EE material (Mj/Kg)	EE total (MJ)	Eetotal (MJ/m ²)
Estrutura metálica em aço estrutural perfil C 50-150X25-50X3,04mm-3/16"	22.635,19	36,80	832.974,99	435,75
Ripa 1"X2" pinus/cambará serrada 1 qualidade não aparelhada - fornecimento e assentamento	6.808,69	0,72	4.902,26	2,56
Caibro 1"X6" pinus/cambará serrada 1 qualidade não aparelhada - fornecimento e assentamento	4.607,13	0,72	3.317,13	1,74
Caibro 2"X6" pinus/cambará serrada 1 qualidade não aparelhada - fornecimento e assentamento	9.214,26	0,72	6.634,27	3,47
Imunização de madeiramento para cobertura utilizando cupinicida incolor	486,92	50,00	24.346,10	12,74
Fundo preparador primer a base de epóxi, para estrutura metálica, uma demão, espessura de 25 micra.	85,33	139,32	11.888,79	6,22
Cobertura em telha cerâmica tipo francesa ou marselha, excluindo madeiramento	121.267,56	9,00	1.091.408,06	570,94
Cumeeira com telha cerâmica emboçada com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal hidratada e areia)	2.033,85	9,00	18.304,65	9,58
Rufo chapa ferro galvanizado nº 26, corte 50cm - fornecimento e instalação	443,59	39,00	17.299,85	9,05
Pintura tinta fosfatizante 2 demãos, em F°G°	42,15	68,00	2.866,48	1,50
Pintura tinta grafite esmalte protetora de superfície metálica 2 demãos - fornecimento e execução.	31,85	68,00	2.165,61	1,13
Total EE			2.016.108,20	1.054,67

Figura 1 – Composição de materiais e cálculo da EE/m² da cobertura original do Colégio Estadual Anibal Khury. Fonte: Uhmman (2015).

Para a construção estudada, na técnica originalmente implementada, o índice de energia embutida levantado foi de 1,05GJ/m² de construção.

Os cálculos referentes às emissões de CO₂ são apresentados na Figura 2.

Os cálculos apresentados na tabela 2 demonstraram o valor de 78,25Kg por m² de construção para a técnica original de cobertura.

Para fins deste estudo de caso foi proposta a utilização de telhado verde através do sistema Hexa da empresa Ecotelhado em substituição ao telhado original em telha cerâmica francesa. Conforme abordado por Savi e Tavares (2013), é o sistema que apresenta menor peso por m², sendo assim mais adequado na readequação de coberturas.

O sistema Hexa (figura 3) é composto por células de polietileno de alta densidade – HDPE, compostos de 95% material reciclado, com capacidade de retenção de água de 25l/m², com área de 0,1624m² por unidade em formato hexagonal, utilizando-se 6,16 peças por metro quadrado.

Na figura 4 pode-se observar as camadas componentes do sistema Hexa do telhado verde. A manta de retenção de nutrientes foi disposta sobre os módulos, com o objetivo de reter água e nutrientes, garantindo assim a nutrição adequada das plantas. Essa manta é composta principalmente por poliéster, com espessura de 5mm. Sobre esse sistema depositou-se a camada de substrato onde foram plantadas espécies de vegetação de pequeno porte e pouca

vegetação. A Figura 5 apresenta os cálculos de energia embutida com a implementação de telhado verde através do sistema Hexa.

Quantitativo CO ₂ Colégio Estadual Anibal Khury	Massa (kg)	CO ₂ material (Kg)	CO ₂ total (Kg)	CO ₂ total (Kg/m ²)
Estrutura metálica em aço estrutural perfil C 50-150X25-50X3,04mm-3/16"	22.635,19	2,78	62.925,83	32,92
Ripa 1"X2" pinus/cambará serrada 1 qualidade não aparelhada - fornecimento e assentamento	6.808,69	0,45	3.063,91	1,60
Caibro 1"X6" pinus/cambará serrada 1 qualidade não aparelhada - fornecimento e assentamento	4.607,13	0,45	2.073,21	1,08
Caibro 2"X6" pinus/cambará serrada 1 qualidade não aparelhada - fornecimento e assentamento	9.214,26	0,45	4.146,42	2,17
Imunização de madeiramento para cobertura utilizando cupinicida incolor	486,92	5,35	2.605,03	1,36
Fundo preparador primer a base de epóxi, para estrutura metálica, uma demão, espessura de 25 micra.	85,33	5,91	504,33	0,26
Cobertura em telha cerâmica tipo francesa ou marselha, excluindo madeiramento	121.267,56	0,59	71.547,86	37,43
Cumeeira com telha cerâmica emboçada com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal hidratada e areia)	2.033,85	0,59	1.199,97	0,63
Rufo chapa ferro galvanizado nº 26, corte 50cm - fornecimento e instalação	443,59	2,82	1.250,91	0,65
Pintura tinta fosfatizante 2 demãos, em F°G°	42,15	3,56	150,07	0,08
Pintura tinta grafite esmalte protetora de superfície metálica 2 demãos - fornecimento e execução.	31,85	3,56	113,38	0,06
Total CO₂			149.580,92	78,25

Figura 2 – Composição de materiais e cálculo do CO₂/m² da cobertura original do Colégio Estadual Anibal Khury. Fonte: Uhmman (2015).

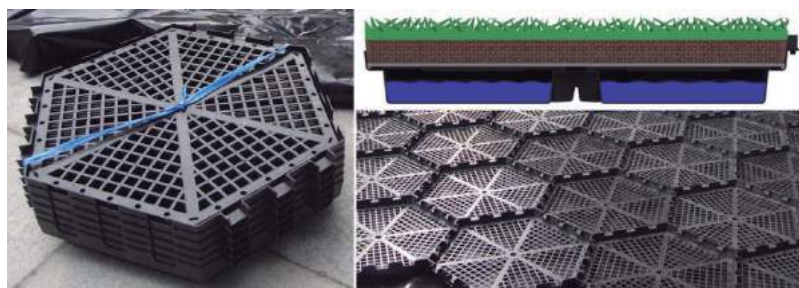


Figura 3- Telhado verde – Sistema Hexa (Ecotelhado). Fonte: Site do fabricante (2015).



Figura 4- Composição do Telhado verde – Sistema Hexa (Ecotelhado). Fonte: Site do fabricante (2015).

Componentes do telhado verde sistema hexa - Ecotelhados	Massa (kg)	EE material (MJ/Kg)	EE total (MJ)	EE total (MJ/m ²)
Módulo Hexa Ecotelhados 6,16 UN/m ² - 0,55 KG/UN - HDPE	6.476,50	76,70	496.747,61	259,86
Manta de retenção de nutrientes 5mm - 100% poliéster	1.146,96	76,70	87.971,83	46,02
Substrato	114.696,00	3,20	367.027,20	192,00
Tinta betuminosa	894,63	139,32	124.639,68	65,20
Manta asfáltica polimérica estruturada com não tecido de poliéster (espessura=3mm, largura 1,0m)	7.264,08	76,70	557.154,94	291,46
Total EE			1.633.541,26	854,54

Figura 5 – Cálculo da EE total e EE/m² da edificação escolar readequada através de telhado verde sistema hexa. Fonte: Uhmman (2015).

Para a energia embutida tem-se o valor de 854,54 MJ por m² de área construída quando readequado por telhados verdes.

Os cálculos referentes a emissão de CO₂ quando da utilização de telhado verde pelo sistema Hexa são apresentados na Figura 6.

Componentes do telhado verde sistema hexa - Ecotelhados	Massa (kg)	CO ₂ material (Kg)	CO ₂ total (Kg)	CO ₂ total (Kg/m ²)
Módulo Hexa Ecotelhados 6,16 UN/m ² - 0,55 KG/UN - HDPE	6.476,50	1,60	10.362,40	5,42
Manta de retenção de nutrientes 5mm - 100% poliéster	1.146,96	1,60	1.835,14	0,96
Substrato	114.696,00	0,179	20.530,58	10,74
Tinta betuminosa	894,63	5,91	5.287,26	2,77
Manta asfáltica polimérica estruturada com não tecido de poliéster (espesura=3mm, largura 1,0m)	7.264,08	1,60	11.622,53	6,08
Total CO₂			49.637,91	25,97

Figura 6 – Cálculo da emissão de CO₂ total e CO₂/m² da edificação escolar readequada através de telhado verde sistema hexa. Fonte: Uhmman (2015).

Com a utilização de telhados verdes, obtem-se o valor de 25,97Kg de CO₂ por m² de área construída.

6 RESULTADOS

Os resultados deste estudo de caso apontam para uma redução tanto nos índices de energia embutida quanto às emissões de CO₂.

A edificação estudada apresentou índices de energia embutida de 1,05GJ/m² na técnica original e 865,54MJ/m² quando readequada por telhado verde no sistema Hexa, resultando em redução de 18,97% .

Quanto às emissões de CO₂, o caso estudado apresentou 78,25Kg/m² na técnica original e 25,97Kg/m² quando readequado por telhado verde no sistema Hexa, resultando numa redução de 66,81%.

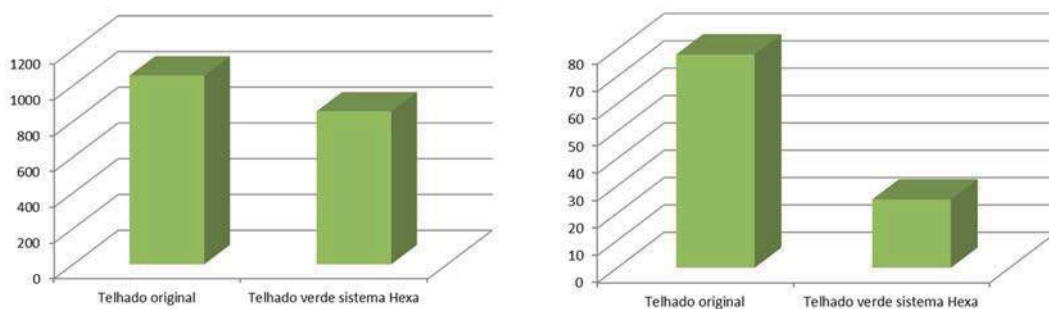


Figura 7 – Comparativo energia embutida (à esquerda) e emissões de CO₂ (à direita). Fonte: Uhmman (2015).

7 CONCLUSÃO

Estudos previamente publicados por Tavares e Savi (2012), já concluíram que o peso do telhado verde com sistema Hexa da empresa Ecotelhado apresenta menor peso comparativamente a outros sistemas de telhados verdes modulares e até mesmo o sistema vernacular, tornando-se viável na readequação de edificações já existentes, visto que a substituição dos telhados convencionais cerâmicos por sistemas de telhados verdes não afetam a estrutura da edificação.

Os resultados apresentados apontam para a viabilidade na utilização de telhados verdes, apresentando redução expressiva tanto nos índices de energia embutida quanto em emissões de CO₂.

Considerando a finalidade educacional da edificação em estudo e as potencialidades enquanto agente disseminador de posturas sociais, os telhados verdes oferecem a possibilidade de recuperar o meio através da readequação de coberturas em escolas públicas, adequando o espaço de forma a atribuí-los novas funções urbanas e ambientais. A aplicação de telhados verdes aponta ser uma alternativa mais sustentável altamente viável na readequação dessas coberturas.

Além dos índices de energia embutida e emissão de CO₂ apresentados mostrarem-se favoráveis, os demais benefícios relacionados a conforto, gestão de águas pluviais e redução de ilhas de calor devem ser considerados na readequação de edificações escolares.

REFERÊNCIAS

Bianchini, F. ; Hewage, K. How green are the greenroofs – Lifecycle analysis of green roof materials. School of Civil Engineering, University of British Columbia. Canadá. 2011.

Brasil. Ministério da Educação . Manual escolas sustentáveis. Resolução CD/FNDE nº 18, de 21 de maio de 2013.. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/fnde/legislacao/resolucoes/item/4542-resolu%C3%A7%C3%A3o-cd-fnde-n%C2%BA-18,-de-21-de-maio-de-2013>> Acesso em: 13 de agosto de 2014.

Hammond, G; Jones, C. Inventory of carbon & energy (ICE). University of Bath. UK. 2008.

Kowaltowski, D.C.C.K. Arquitetura escolar – o projeto do ambiente de ensino. Ed. 1. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

Lobo, F.H.R. Inventário de emissão equivalente de dióxido de carbono e energia embutida na composição de serviços em obras públicas: estudo de caso no estado do Paraná. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Programa de pós-graduação em Engenharia da Construção Civil. Curitiba. 2010.

Minke, G. Trechos verdes – Planificación, ejecución, consejos prácticos. Editorial Fin de Siglo. Uruguay. 2005.

Pereira, M.F.B. Conteúdo energético e emissões de CO₂ em coberturas verdes, de telha cerâmica e de fibrocimento: estudo de caso. Dissertação de mestrado. Santa Maria: UFRGS, 2014.

Savi, A.C.; Tavares, S.F. Telhados verdes: Análise comparativa de custo e peso com sistemas tradicionais de cobertura. ENCAC, ELACAC. Brasília. 2013.

Uhmann, I.M.S. Readequação de coberturas através da técnica de telhados verdes: estudo de caso nas escolas públicas do estado do Paraná. Dissertação de mestrado. Curitiba: UFPR, PPGCEC, 2015.

Avaliação de parâmetros geotécnicos de um solo reforçado com resíduos da construção civil e fibras para uso em pavimentação

Thaísa Macedo

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Departamento de Geotecnia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil
thaisa_197@hotmail.com

Kaliny Lafayette

Universidade de Pernambuco – UPE, Departamento de Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil
klafayette@poli.br

Alexandre Gusmão

Universidade de Pernambuco – UPE, Departamento de Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil
gusmao.alex@ig.com.br

Jonas Silva

Universidade de Pernambuco – UPE, Departamento de Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil
jonas.silva.eng@gmail.com

ABSTRACT: The building has a lot of influence on the economy, hence its growth is linked to this sector. Despite the development, construction still produces enough waste that contributes to environmental pollution, being disposed of improperly and thereby attracting disease vectors to the vicinity. With such a situation, it is interesting to study the construction waste (RCC) as an alternative way to minimize environmental impacts. With this, the present study aims to characterize physical (particle size, true density, Atterberg limits) and mechanically (compression and simple compression) RCC composite and study the influence of cement and fibers in these materials. The results show that blending with 0.75% fibers were higher than those indicated by the standard values characterizing these samples with better properties of resistance to be applied in pavement layers when compared to the sample without fibers.

Keywords: CDW, fibers, paving.

RESUMO: A construção civil tem bastante influência na economia do país, conseqüentemente, o seu crescimento está vinculado a este setor. Apesar do desenvolvimento, a construção civil ainda produz bastante resíduo que contribui para a poluição ambiental, sendo descartados de forma inadequada e, assim, atrair vetores de doenças para as proximidades. Com tal situação, torna-se interessante o estudo dos resíduos da construção civil (RCC) como uma forma alternativa de minimizar os impactos ambientais. Com isto, o presente estudo tem como objetivo caracterizar física (granulometria, densidade real, limites de Atterberg) e mecanicamente (compactação e compressão simples) o RCC em compósitos e estudar a influência do cimento e das fibras nesses materiais. Os resultados mostraram que a mistura com 0,75% de fibras, apresentou valores superiores aos indicados pela norma, caracterizando essas amostras com melhores propriedades de resistência a serem aplicadas em camadas de pavimentos quando comparados à amostra sem fibras.

Palavras-chave: RCC, fibras, pavimentação.

1 INTRODUÇÃO

Com o acelerado desenvolvimento das cidades através da construção de moradias, hospitais, centros comerciais, escolas e infraestruturas para a implementação de indústrias e fábricas necessita de uma quantidade maior de materiais de construção. Conseqüentemente, há uma

redução dos volumes de jazidas de material a serem utilizados nas obras ou construções e, além disso, um aumento do volume de resíduos da construção civil (RCC).

Devido a essa grande geração de RCC e a necessidade por materiais na construção civil, torna-se bastante relevante o estudo desses materiais, com o intuito de analisar sua aplicabilidade neste setor, evitando, desta forma, o descarte irregular em rios, canais, terrenos baldios, bueiros e até mesmo em aterros sanitários, ocupando muito espaço devido a seu grande volume.

Os RCC representam aproximadamente, de 20 a 30% do volume de resíduos sólidos gerados pelas cidades dos países desenvolvidos, sendo que nos demais pode alcançar índices bem maiores (Chung & Lo, 2003; Costa *et al.*, 2007).

Estudos realizados com o RCC integram estes como matéria-prima para agregados de ótima qualidade, podendo ser utilizados para diferentes finalidades: confecção de tijolos, blocos pré-moldados, meio-fio, calçadas, argamassa de revestimento e assentamento, camadas de base e sub-base, pavimentos, entre outros (Brasileiro, 2013). Apenas 8% dos resíduos gerados no Brasil são reaproveitados, sendo um desafio para atingir os níveis alcançados pelos países desenvolvidos. Para isto, são necessários maiores investimentos em pesquisa e em novas tecnologias para melhorar a exploração das potencialidades dos resíduos, (Gómez, 2011).

Entre as principais vantagens da utilização dos resíduos da construção civil é na pavimentação onde encontra alta versatilidade do material, pois a forma de reciclagem exige menor uso de tecnologias sofisticadas o que reduz os custos de produção. Além disso, permite-se a utilização de todos os componentes minerais dos resíduos, sem a separação de cada um dos componentes, desde que a mistura esteja de acordo com as especificações mínimas para uso em camadas de estruturas de pavimento (Obando, 2012).

Desta forma, este estudo propõe a utilização de agregados reciclados provenientes do RCC junto ao solo, as fibras e o cimento para aplicação em pavimentação.

2 MATERIAIS

O solo selecionado foi escolhido com base em estudos realizados por Lafayette (2006) e Gomes (2001) nos quais foram estudados solos da Formação Barreiras e Solos Residuais de Granito. Foram coletados cerca de 450 Kg de material no município do Cabo de Santo Agostinho-PE, para posteriormente, serem transportados até o laboratório da Escola Politécnica de Pernambuco e armazenados.

Os resíduos da construção civil (RCC) foram obtidos a partir da Usina de Beneficiamento – Ciclo-Ambiental, em que foram fornecidos, aproximadamente, 600 kg desse material e levado até a Escola Politécnica para preparação e desta, forma, dar início aos ensaios de caracterização.

O cimento foi utilizado visando a sua capacidade em aglomerar os materiais pertencentes ao compósito. O tipo de cimento escolhido foi o CP II E 32 com teor de 2% em relação à massa seca da mistura. A definição desse teor relativamente baixo foi com a intenção de melhorar as propriedades da mistura e conhecer a influência desse aglomerante em comparação às fibras utilizadas nessa pesquisa.

As fibras de polipropileno utilizadas na presente pesquisa foram do tipo lisa e fornecidas pela Orpec Engenharia. Essas foram inseridas nas misturas com teores de 0,25%, 0,5% e 0,75% da massa seca, com comprimento de 20 mm. Ademais, as fibras foram selecionadas com base em características como uniformidade, por serem quimicamente inertes, apresentarem baixo módulo de elasticidade, grande capacidade de deformação, boa resistência aos álcalis e serem de fácil acesso no mercado.

Os teores e comprimentos das fibras para inserção nas misturas foram determinados com base em estudos de outros autores como Silva (2009) e Fernandes *et al.* (2010), inclusive, priorizando

o acesso no mercado. A Tabela 1 apresenta os diferentes tipos de materiais e misturas com suas nomenclaturas.

Tabela 1 – Nomenclatura das amostras.

Amostra
AR* (100%)
Solo (100%)
AR (25%) + Solo
AR (25%) + Solo + C** + 0,25%F
AR (25%) + Solo + C + 0,5%F***
AR (25%) + Solo + C + 0,75% F

*AR = agregado reciclado; ** C = cimento; *** F = fibras

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para dar início ao programa experimental, foi necessário realizar a coleta, o acondicionamento dos materiais e posterior preparação das amostras. Para facilitar o desempenho dos ensaios e a organização do programa experimental, este foi dividido em duas etapas:

- 1ª etapa: Ensaios de caracterização física (granulometria, densidade real, limites de Atterberg);
- 2ª etapa: Ensaios mecânicos (compactação e resistência à compressão simples).

Os ensaios de caracterização física foram realizados com o solo, o agregado reciclado e a mistura sem cimento e sem fibras. Já os ensaios de caracterização mecânica foram utilizados os agregados reciclados, o solo e as misturas.

3.1 Caracterização física

O ensaio de granulometria foi realizado com base na norma NBR 7181 (ABNT, 1984), em que foi possível obter as curvas granulométricas das amostras sem cimento e sem fibras. Esses materiais foram classificados segundo o Sistema Unificado de Solos (SUCS).

Para a obtenção da densidade real dos materiais e misturas sem fibras e sem cimento, utilizou-se a norma NBR 6508 (ABNT, 1984), com auxílio do picnômetro e da bomba a vácuo.

As normas NBR 6459 (ABNT, 1984) e NBR 7180 (ABNT, 1984) foram seguidas para a obtenção dos limites de liquidez e de plasticidade, respectivamente, das amostras e, assim, verificar o índice de plasticidade dos materiais e auxiliar na classificação.

3.2 Caracterização mecânica

Para a realização da caracterização mecânica, foram feitos os ensaios de compactação e de compressão simples com as amostras.

No ensaio de compactação, utilizou-se a norma brasileira NBR 7182 (ABNT, 1986), visando obter o peso específico aparente seco máximo e a umidade ótima para uma determinada energia de compactação.

A escolha da energia Próctor Intermediária para a realização do ensaio, foi feita em função do uso o qual será dado ao material e por ter sido utilizada por outros pesquisadores (Reschetti, 2008; Jiménez, 2011).

Os corpos de prova para os ensaios de compactação foram moldados em três fases: pesagem, mistura e moldagem. No caso das amostras com fibras, estas foram inseridas após a homogeneização do solo, do resíduo e da água, para evitar que formassem grumos ou se desviassem com a presença das fibras na mistura.

No ensaio de compressão simples empregou-se a norma NBR 12770 (ABNT, 1992), que tem por finalidade obter a resistência à compressão, não confinada (ou simples), de corpos de prova de solos coesivos, mediante a aplicação de carga axial e controlando a deformação.

A moldagem dos corpos de prova para o ensaio de compressão simples foi semelhante a realizada para o ensaio de compactação. Em contrapartida, o tamanho do molde foi inferior ao utilizado no ensaio de compactação, com diâmetro de 50 mm e comprimento de 100 mm.

Ao finalizar a mistura, esta foi subdividida em três partes iguais e envolvidas com papel alumínio, sendo armazenadas em recipiente (isopor), evitando a perda da umidade. Junto a esse procedimento, foram retiradas amostras para a obtenção do valor da umidade do corpo de prova.

A moldagem dos corpos de prova foi feita de forma estática em três camadas no interior do molde cilíndrico, utilizando a prensa manual da marca Solotest. Os corpos de prova após a extração do molde foram pesados e anotados os diâmetros e as alturas.

Foram moldados quatro corpos de prova, para cada amostra, colocados em câmara úmida por 7 e 28 dias, sendo controlada a umidade relativa do ar em torno de 93% e a temperatura de 25° ± 2°C.

Após o período em câmara úmida, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão simples em uma prensa de marca Emic, modelo DL 30.000, e uma velocidade de 0,040 mm/s.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização física

As curvas do solo, do agregado reciclado e da mistura estão representadas na Figura 1. A partir dessas curvas foi possível verificar que as amostras não possuem coeficientes de uniformidade.

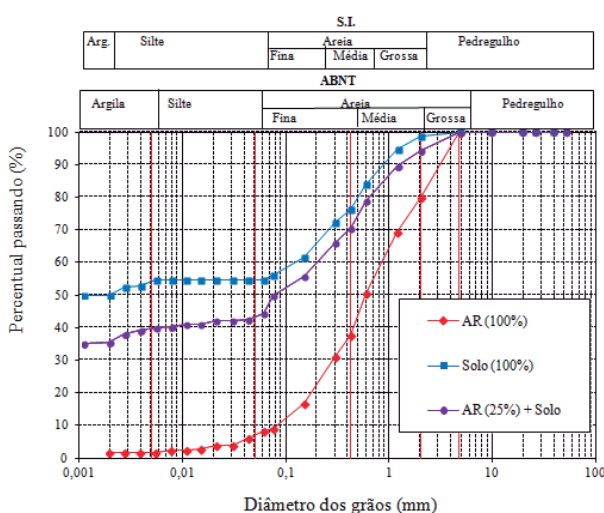


Figura 1. Curvas granulométricas das amostras.

Observou-se também que uma porcentagem de material passante na peneira 0,42 mm, possui uma quantidade mínima de finos capaz de promover um maior embricamento de fração graúda.

A Tabela 2 mostra a classificação dos materiais conforme o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (ASTM, 1990) e a Transportation Research Board (TRB), complementando a análise.

Tabela 2 – Classificação dos materiais segundo o SUCS e a TRB.

Materiais	Classificação SUCS	Classificação TRB
Agregado reciclado (AR)	Areia bem graduada -SW	Fragmentos de pedra, pedregulho e areia (A-1-b)
Solo	Argila arenosa - CL	Argila (A-7-6)
*AR (25%) + Solo	Areia argilosa - SC	Argila (A-6)

*AR = Agregado Reciclado

A Tabela 2 apresenta os valores de densidade real das amostras, verificando que os resultados variaram entre 2,63 g/cm³ e 2,69 g/cm³, estando esses valores semelhantes aos encontrados em outras pesquisas envolvendo RCC.

Tabela 2 – Densidade real das amostras.

Amostra	Densidade Real (g/cm ³)
AR (100%)	2,63
Solo (100%)	2,66
AR (25%) + Solo	2,69

Verificou-se que a amostra de agregado reciclado não obteve valores de LL e LP, apresentando comportamento de material não plástico. Em contrapartida, as outras amostras de solo e de AR (25%) + Solo apresentaram índice de plasticidade, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Limites de Atterberg amostras.

Amostra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
AR (100%)	-	-	-
Solo (100%)	48,1	24,5	23,6
AR (25%) + Solo	37,8	25,2	12,6

4.2 Caracterização mecânica

As curvas de compactação, apresentadas na Figura 2, foram obtidas a partir da utilização da energia de Próctor Intermediário nas amostras de solo, agregado reciclado e das misturas.

Apesar dos resultados com agregados reciclados serem geralmente dispersos, as curvas de compactação desse trabalho apresentam formato de sino, que é bem relevante, Leite, (2007); Molenaar & Niekeerk, (2002).

A Tabela 4 apresenta as umidades ótimas e os pesos específicos das curvas das misturas e materiais. Observou-se que a umidade ótima das misturas variou na faixa de 21,2% a 23,0%. Além disso, o peso específico seco máximo diminuiu 5,3%, variando de 17KN/m³ a 16,1KN/m³, a medida que aumentou o teor de fibras.

A inserção das fibras no solo favorece a interligação entre os poros existentes, tornando-o mais permeável, (Feuerharmel, 2000). Desta forma, a inserção de fibras em um solo argiloso provoca alterações de natureza física.

Segundo Feuerharmel (2000), a adição de cimento na mistura produz reações de hidrólise da água e dissolução de compostos anidros em seus constituintes iônicos, provocando um desequilíbrio iônico inicial e, assim, ocorre uma floculação do material. Com isto, há um comportamento granular na mistura devido à floculação, apresentando uma redução dos pesos secos máximos.

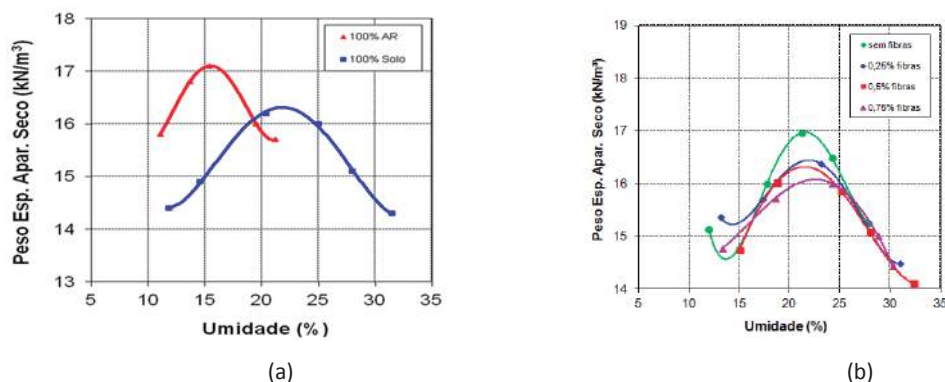


Figura 2 – Curvas de compactação de solo e agregado reciclado (a); e das misturas (b).

Tabela 4 - Umidades ótimas e pesos específicos das amostras.

Materiais	W_{ot} (%)	γ_s (kN/m ³)
AR (100%)	15,5	17,1
Solo (100%)	22,0	16,4
AR (25%) + Solo + C	21,2	17,0
AR (25%) + Solo + C + 0,25%F	22,0	16,4
AR (25%) + Solo + C + 0,5%F	21,8	16,3
AR (25%) + Solo + C + 0,75%F	23,0	16,1

A Tabela 5 apresenta os valores de resistência à compressão das misturas com diferentes teores de fibras, que permaneceram durante 7 e 28 dias em câmara úmida. Observou-se que houve um crescimento da resistência à compressão, durante os dois períodos (7 e 28 dias), a medida que aumentou o teor de fibras.

Tabela 5 – Resistência à Compressão Simples das amostras aos 7 e 28 dias.

Amostra	RCS (MPa)	
	7 dias	28 dias
AR (25%) + Solo + Cimento	1,4	1,6
AR (25%) + Solo + Cimento + Fibra (0,25%)	1,9	2,1
AR (25%) + Solo + Cimento + Fibra (0,50%)	2,0	2,3
AR (25%) + Solo + Cimento + Fibra (0,75%)	2,1	2,3

Apesar do crescimento da resistência devido a presença de cimento e fibra, houve uma redução do peso específico seco máximo obtido do ensaio de compactação. Esse fato ocorreu em virtude do efeito da cimentação e da resistência a tração que é preponderante.

Com relação à incorporação da fibra no compósito, verificou-se que a mistura de AR (25%) + Solo apresentou um incremento da resistência à compressão, aos 7 dias, de 35,7%, 42,9% e 50%, quando comparadas as amostras de 0,25%, 050% e 0,75% de fibras em cada composição, respectivamente.

Quanto aos 28 dias, foi também observado um acréscimo da resistência à compressão na mistura de AR (25%) + Solo, de 31,3%, 43,8% e 43,8% em relação às amostras com 0,25%, 0,5% e 0,75% de fibras, respectivamente. Isso mostra que a mistura com AR (25%) + Solo + Cimento + 0,75% de fibras apresentou melhores condições de resistência tanto aos 7 dias quanto aos 28 dias, quando comparadas as amostras sem fibras e com menores teores de fibras.

A estabilização do agregado reciclado é dada por meio da adição da cal ou cimento, como forma de promover uma maior resistência, devendo atingir 2,1 MPa, no mínimo, após 7 dias de cura, de acordo com a norma NBR 15115 (ABNT, 2004). No entanto, apenas a mistura com 0,75% de Fibra atingiu o valor de 2,1MPa aos 7 dias. Em contrapartida, as amostras com 0,25%, 0,5% e 0,75% de fibras atingiram valores de 2,1MPa, 2,3MPa e 2,3MPa, aos 28 dias, respectivamente.

Ensaio de resistência à compressão simples realizados por Silva (2007) com solo e adição de fibras de polipropileno com teores de 0,5% e 1% verificou-se que o teor de fibra de 1% proporcionou um aumento na resistência à compressão quando comparado ao solo com 0,5% de fibra.

5 CONCLUSÕES

Através do presente trabalho, foi possível avaliar algumas propriedades físicas e mecânicas dos compósitos e materiais, podendo-se obter as seguintes considerações:

Com as curvas granulométricas foi possível definir a distribuição das partículas dos materiais e mistura, sendo o agregado reciclado classificado como um material bem graduado.

O valor de Limite de Atterberg para os agregados reciclados não apresentou plasticidade, comportando-se como materiais não plásticos.

As curvas de compactação apresentaram formato de sino, sendo muito importantes devido à dificuldade de sua obtenção pela grande variabilidade do agregado reciclado.

As umidades ótimas das amostras com adição de fibras apresentaram redução quando comparado ao solo, exceto a amostra com 0,75% de fibras, que foi maior. No entanto, o peso específico seco máximo reduziu, com a adição de fibras. Tais alterações mostram que a inserção de fibras em um solo argiloso provoca alterações de natureza física e que o cimento influencia quimicamente nessas pequenas mudanças.

Os ensaios de Resistência a Compressão Simples mostraram ganhos de resistência aos 7 e 28 dias para todas as amostras analisadas, contudo, a amostra que apresentou melhores propriedades mecânicas e ganhos de resistência foi a mistura de AR (25%) + Solo + Cimento + 0,75% de Fibras, com 2,1 MPa, aos 7 dias e 2,3 MPa, aos 28 dias.

Finalmente, conclui-se que o agregado reciclado e a mistura com 0,75% de fibras utilizados apresentaram ótimos resultados físicos e mecânicos que possibilitam suas aplicações como material a ser introduzido como bases rodoviárias de pavimentos.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). *NBR 6459*: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira De Normas Técnicas .*NBR 6508*: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 7180*: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 7181*: Solo – Análise Granulométrica - Procedimento. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 7182*: Solo - Ensaio de Compactação - Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 12770*: Solo coesivo – Determinação da resistência à compressão não confinada. 4p. Rio de Janeiro, 1992.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 15.115*: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004, 10 p.

American Society For Testing And Materials, (1990). Annual book of ASTM standards. Section 4: Construction, v.04.08: Soil and rock; dimension stone; geosynthetics. Philadelphia

Brasileiro, L. L. *Utilização de Agregados Reciclados Provenientes de RCD em Substituição ao Agregado Natural do Concreto Asfáltico*. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Piauí, Teresina.

Chung, S. S.; Lo, C. W. H. *Evaluating sustainability in waste management: the case of construction and demolition, chemical and clinical wastes in Hong Kong*. Resources, Conservation and Recycling, v. 37 (2), p. 119-145, 2003.

Costa, n. da, Junior, n. da C., Luna, M., Selig, P., Rocha, J. (2007). Planejamento de programas de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: uma análise multivariada. *Engenharia Sanitária Ambiental*, 12, 446 – 456.

Fernandes, m. G. M.; oliveira, j. R. M. S.; carneiro, l. A. V. ; guimarães, A. C. R. (2010). Análise do comportamento resiliente de um solo argiloso reforçado com fibras de polipropileno. *COBRAMSEG 2010*. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. CD ROM.

Feuerharmel, R. M. *Comportamento de Solos Reforçados com Fibras de Polipropileno*. 2000. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 133 p.

Gomes, Fabíola de Souza. *Estudo da erodibilidade e parâmetros geotécnicos de um solo em processo erosivo*. 2001. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal De Pernambuco, Recife, 2001.

Gómez. A.M. (2011). *Estudo experimental de um resíduo de construção e demolição (RCD) Para utilização em pavimentação*. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM 196, Departamento de Engenharia civil. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 123 p.

Jiménez, A. M. G. *Estudo experimental de um resíduo de construção e demolição (RCD) para utilização em pavimentação*. 2011. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2011.

Lafayette, K. P. V. *Estudo Geológico-Geotécnico do Processo Erosivo em Encostas no Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti – Cabo de Santo Agostinho/PE*. 2006. 358 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2006.

Leite, F. da C. *Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos*. 2007. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2007.

Molenaar, a. A. A.; Van Niekerk, A. A. Effects of gradation, composition, and degree of compaction on the mechanical characteristics of recycled unbound materials. *Transportation Research Record*, Washington, n.1787, p.73-82, 2002.

Obando, J. R. A. (2012). *Uso de Geossintéticos como reforço de revestimentos em pavimentação*. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-212/12, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 99 p.

ORPEC Engenharia. Disponível em: <http://www.orpecengenharia.com.br>. Acesso em: 03/04/2011.

Reschetti Júnior, P. R. *Avaliação do comportamento mecânico de um solo arenoso fino laterítico reforçado com fibras para uso em pavimentação*. 2008. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

Silva, C. A. R. da. *Estudo do agregado reciclado de construção civil em misturas betuminosas para vias urbanas*. 2009. 220f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

Silva, C. C. da. *Comportamento de solos siltosos quando reforçados com fibras e melhorados com aditivos químicos e orgânicos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

A revolução da nanotecnologia na construção de painéis solares fotovoltaicos de alto desempenho

Antônio Domingos Dias Ferreira

Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil
civil.dias@ig.com.br

Fernando Benedicto Mainier

Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil
mainier@nitnet.com.br

Carlos Alberto Pereira Soares

Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil
caps@poscivil.uff.br

Orlando Celso Longo

Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil
orlandolongo@gmail.com

ABSTRACT: Photovoltaic solar energy faces the problem of high manufacturing costs of its silicon-based panels. This energy has a great importance because it is originated in a clean and inexhaustible source. In this context one should think about the future prospects of its development. This work aims to show the development of a new generation of panels, adopting a technology of nanostructures based on carbon, known as carbon nanotubes and fullerenes. For this purpose, a literature search is performed, seeking related papers, and informations from institutions related to the sector. It is intended to help increase the knowledge of the use of nanotechnology for power generation and demonstrate the strategic importance of the use of this technology for the world's future energy.

Keywords: nanotechnology, photovoltaic solar energy, nanotubes, fullerenes

RESUMO: A energia solar fotovoltaica enfrenta o problema dos elevados custos de fabricação de seus painéis, à base de silício. Essa energia possui grande importância por ser originada de uma fonte limpa e inesgotável. Nesse contexto deve-se pensar nas perspectivas futuras de seu desenvolvimento. Este trabalho pretende mostrar o desenvolvimento de uma nova geração desses painéis, adotando uma tecnologia de nanoestruturas à base de carbono, conhecidas como nanotubos e fulerenos. Para isso será realizada pesquisa bibliográfica, buscando artigos relacionados, além de informações junto a instituições ligadas ao setor. Pretende-se contribuir para aumentar o conhecimento do emprego da nanotecnologia para a geração de energia e demonstrar a grande importância estratégica do emprego desta tecnologia para o futuro energético mundial.

Palavras-chave: nanotecnologia, energia solar fotovoltaica, nanotubos, fulerenos

1 INTRODUÇÃO

1.1 A energia solar como origem de todas as outras formas de energia

Quando se fala em energia solar deve-se ter em mente que ela se encontra na base de todas as outras formas de energia existentes em nosso planeta, devendo-se, portanto, em primeiro lugar, compreender o mecanismo pelo qual ocorre o seu transporte desde o sol até chegar na Terra.

Existe uma região visível do sol, chamada de fotosfera, que possui uma espessura de aproximadamente 100 quilômetros. É a partir dessa região que se inicia a emissão, através do espaço, da energia que é transportada na forma de radiação eletromagnética. Ao chegar aqui

na Terra, essa energia de radiação pode ser convertida em diversos outros tipos, por intermédio de diferentes reações, conforme visualizado na representação esquemática mostrada na Figura 1 (Larousse cultural, 1998).

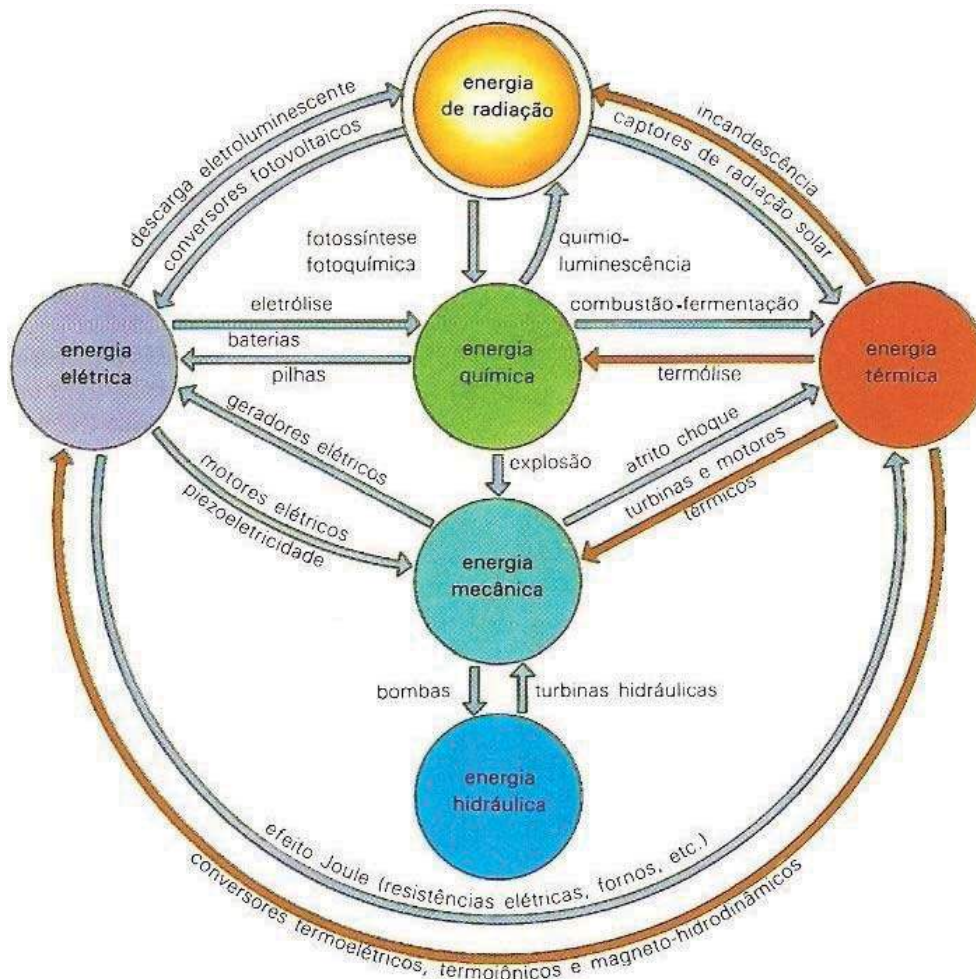


Figura 1. Conversão da energia de radiação em outras formas de energia

Os conversores fotovoltaicos, indicados na parte superior esquerda da Figura 1, que, tradicionalmente são compostos por uma matriz do material semiconductor silício, adquirem a capacidade de converter a luz solar em energia elétrica através de processos de dopagem, onde são feitas adições de elementos tais como o fósforo e o boro a essa matriz (Cresesb/Eletróbrás, 2006).

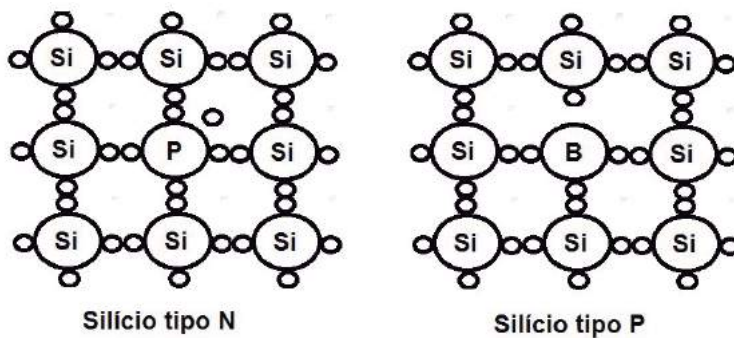


Figura 2. Silício tipo N dopado com fósforo e silício tipo P dopado com boro

Para possibilitar melhor visualização do processo aqui citado, uma simples representação

esquemática, demonstrando o fenômeno de dopagem que ocorre na matriz de silício é mostrada na Figura 2, a seguir.

2 DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DAS PRIMEIRAS CÉLULAS SOLARES DE SILÍCIO

2.1 O início da produção industrial

Em 1876 foi montado o primeiro aparato fotovoltaico, resultado de estudos das estruturas no estado sólido, mas foi somente no ano de 1956 que iniciou-se a produção industrial, seguindo o desenvolvimento da microeletrônica. Neste ano a utilização de fotocélulas foi de papel decisivo para os programas espaciais. Com este impulso houve um avanço significativo na tecnologia fotovoltaica, onde aprimorou-se o processo de fabricação, a eficiência das células e seu peso.

Com a crise mundial de energia ocorrida nos anos de 1973 e de 1974, a preocupação em se estudar novas formas de produção de energia fez com que a utilização das células fotovoltaicas não se restringisse somente aos programas espaciais, iniciando-se assim intensos estudos visando a sua utilização aqui na Terra para suprir o fornecimento de energia.

Mas um dos fatores que impossibilitava a utilização dessa energia em grande escala, no início de seu desenvolvimento, era o altíssimo custo de produção das células fotovoltaicas. As primeiras células foram produzidas com o custo de 600 dólares por Watt para os programas espaciais. Mas com a ampliação dos mercados e a presença de várias empresas voltadas para a produção de células fotovoltaicas, o preço começou a ser reduzido ao longo dos anos. No entanto, ainda hoje o custo médio para esse tipo de tecnologia gira ao redor de 3 dólares por Watt, o que ainda não contribui para a sua popularização definitiva.

2.2 Composição das células solares de silício tradicionais

Cada célula solar se compõe de uma delgada capa de silício tipo N e outra mais espessa de silício tipo P. As capas separadamente são elétricamente neutras, mas se forem unidas, aparecerá na união (P-N) um campo elétrico devido aos elétrons livres do silício tipo N, que ocupam os vazios da estrutura do silício tipo P. Ao incidir radiação solar sobre a célula fotovoltaica, os fótons incidentes chocam-se com os elétrons da estrutura de silício, dando-lhes energia e transformando-os em condutores.

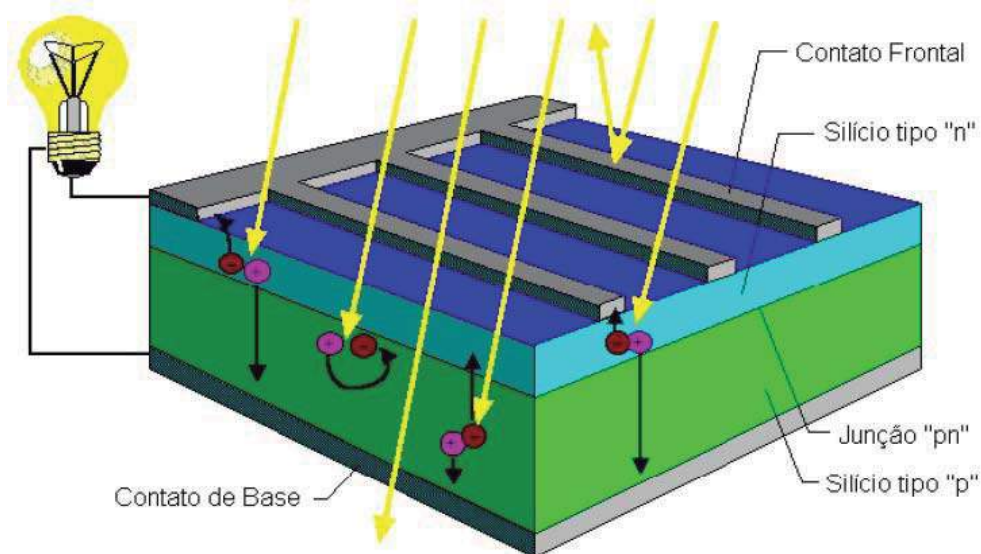


Figura 3. Corte transversal esquemático de uma célula solar fotovoltaica de silício

Devido ao campo elétrico gerado na união (P-N) os elétrons são orientados, fluindo da capa de material positivo para a capa de material negativo. Mediante um condutor externo, se conecta

a capa negativa à positiva, gerando-se assim um fluxo de elétrons (corrente elétrica) na conexão. Enquanto a radiação solar incidir sobre a célula, o fluxo eletrônico se manterá. A intensidade da corrente gerada variará proporcionalmente à intensidade de radiação solar incidente. Para um melhor entendimento acerca da composição e dos fenômenos que ocorrem no interior dessas células, na Figura 3 é mostrada sua representação esquemática (Cresesb/Eletróbrás, 2006).

3 A NANOTECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO DE CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

A energia solar fotovoltaica, apesar de possuir vantagens do ponto de vista ambiental, ainda apresenta grandes problemas relacionados ao elevado custo de fabricação dos seus tradicionais painéis compostos de silício, que são feitos através de processos de confecção muito caros.

Mas uma nova fronteira vem sendo explorada no que diz respeito à produção de células solares fotovoltaicas, visando torná-las mais viáveis economicamente e também mais eficientes, quando comparadas às células de silício tradicionais. É a tecnologia que utiliza nanomateriais para a fabricação de células solares, com relações custo-benefício bem mais atrativas para a indústria do setor (Nano@construção, 2011).

A seguir serão aqui apresentados alguns desses novos tipos de células solares fotovoltaicas, formadas a partir de diferentes tipos de nanomateriais e através de diversos processos de montagem.

3.1 Células solares CIGS

Trata-se de uma técnica de fabricação de células solares que se utiliza de películas muito finas, com estrutura à base de nanotubos, geralmente feitos de materiais como o disseleneto de cobre, o índio e o gálio (Rüther, 2004). Estas células tem uma capacidade de coleta de luz muito superior as feitas de silício.

Durante o seu processo de fabricação, primeiramente, folhas de alumínio passam por grandes prensas. Logo após, uma fina camada de tinta semicondutora, conhecida pela sigla CIGS (Cobre-Índio-Gálio-Selênio) é depositada sobre o substrato de alumínio por uma impressora, operando em um ambiente aberto. Em seguida, outras impressoras depositam camadas dos materiais CdS (Sulfato de Cádmio) e ZnO (Óxido de Zinco) conforme pode ser visto na Figura 4.

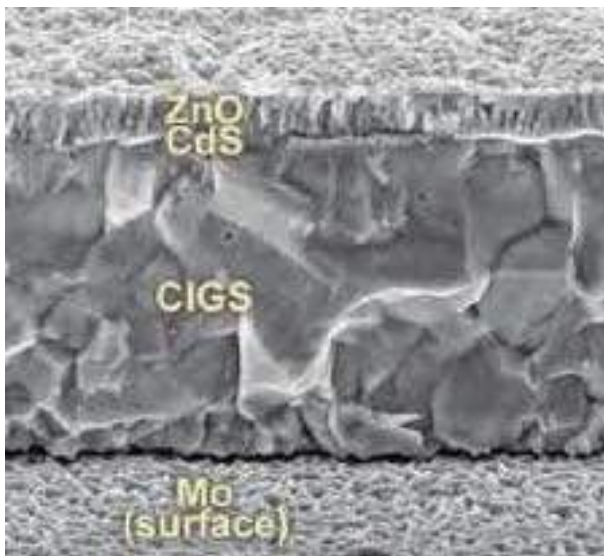


Figura 4. Nanoestrutura das células CIGS

Finalmente, a folha é então cortada em lâminas que são as células solares, que compõem os respectivos painéis. As impressoras são fáceis de usar e de manter, tendo a capacidade de imprimir em uma velocidade de até 30 metros por minuto as células fotovoltaicas sobre a

película de alumínio, baixando assim bastante o custo de produção. Além disso, pouquíssima matéria-prima é desperdiçada, contribuindo desta maneira para a eficácia geral do processo e reduzindo o custo da eletricidade gerada.

3.2 Células solares orgânicas DSC

As células solares conhecidas pela sigla DSC (Dye-Sensitized Solar Cells) ou células solares sensibilizadas por corantes, foram inventadas pelo professor Michael Gratzel, na Suíça, no ano de 1991 (Electrónica, 2015). Por esse motivo são também conhecidas como células solares Gratzel. São mais baratas que as células solares de silício porque podem ser igualmente fabricadas por impressoras e em superfícies flexíveis. Seu funcionamento é baseado no princípio da fotossíntese das plantas.

Uma célula solar Gratzel é composta por uma camada porosa de nanopartículas de um pigmento branco, o dióxido de titânio (TiO_2), coberta por um corante molecular que absorve a luz solar, como a clorofila nas folhas verdes. O dióxido de titânio revestido com pigmento é imerso em uma solução eletrolítica, e um catalisador à base de platina completa a estrutura, que pode ser vista esquematicamente na Figura 5.

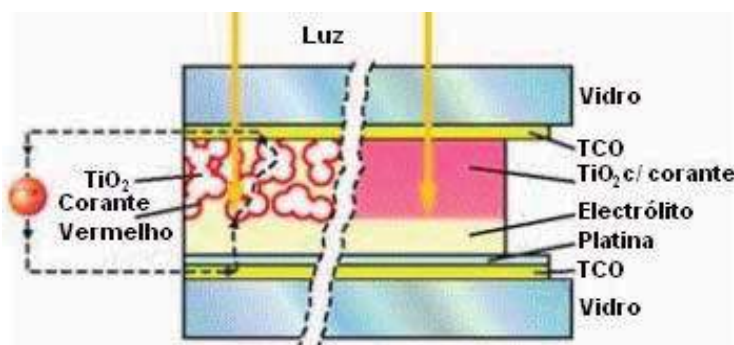


Figura 5. Esquema estrutural de uma célula solar orgânica DSC

Dois eletrodos, o anodo de dióxido de titânio (TiO_2) e o catodo de platina são colocados em cada um dos lados de um condutor (eletrólito) líquido. A luz solar passa através do catodo e do eletrólito e, em seguida, retira elétrons do anodo de dióxido de titânio, que é um semicondutor. Esses elétrons circulam por um fio, do anodo até o catodo, criando assim uma corrente elétrica.

No entanto, essas células vinham apresentando alguns problemas referentes ao eletrólito, que era corrosivo e reduzia a sua vida útil, e também problemas relacionados ao catodo, que era recoberto com platina, que é um material caro.

No caso do eletrólito, já está sendo desenvolvido um gel transparente, não corrosivo e que, além disso, ainda pode aumentar a tensão gerada por essa célula. Já para o caso do catodo, o material constituído de platina foi substituído por sulfeto de cobalto, que é muito mais barato.

3.3 Células solares orgânicas de polímero de fulereno

Existe também outro tipo de célula solar constituída a partir de elementos conhecidos como fulerenos (Fig. 6), que são estruturas químicas orgânicas que contém em sua formação uma quantidade entre 44 e 90 átomos de carbono, com predominância daquelas estruturas formadas por 60 átomos. Até 1985, data da descoberta dos fulerenos, as duas únicas formas conhecidas de carbono eram o diamante e o grafite.

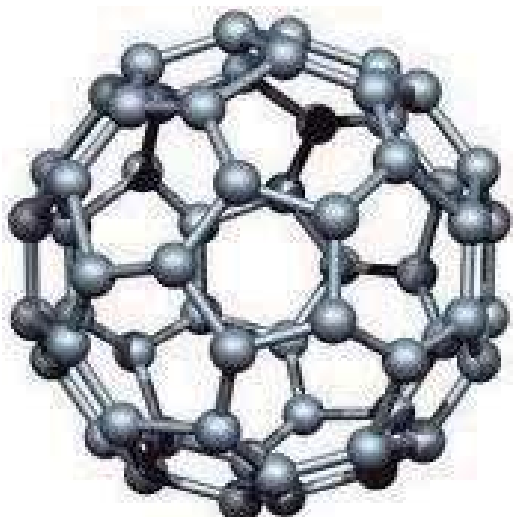


Figura 6. Estrutura de um fulereno

As células solares orgânicas de polímero de fulereno podem ser obtidas através da aplicação de uma tinta com propriedades semicondutoras a uma superfície, formando assim um filme extremamente fino. Essa tinta é formada pela mistura de um polímero que absorve luz e libera elétrons nesse processo, com moléculas de fulerenos que capturam elétrons.

Essas células solares, além de serem bastante flexíveis e baratas, também podem ser construídas de forma quase transparente, possibilitando assim a sua fácil instalação e aproveitamento nos vidros das janelas, não apresentando quase nenhuma perda de iluminação natural.

Atualmente, a durabilidade desses filmes flexíveis, que são basicamente plásticos semitransparentes com uma camada de semicondutores impressa em sua superfície não é muito alta, mas já estão em andamento estudos visando aumentar essa durabilidade para o patamar de 10.000 horas de vida útil (Inovação tecnológica, 2009).

No que diz respeito ao quesito eficiência, essas células já alcançam os 6%, mas os pesquisadores afirmam que pode atingir os 10%, pois já descobriram como otimizar a deposição das camadas semicondutoras sobre o plástico, aumentando a sua eficiência na captura da luz solar e também a sua vida útil. A Figura 7 mostra a seção de uma célula solar orgânica de polímero de fulereno.

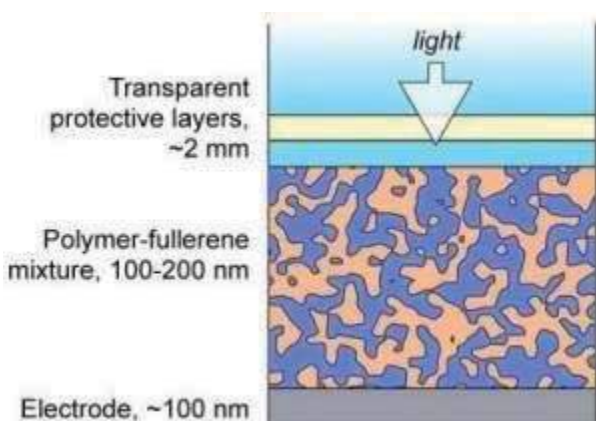


Figura 7. Seção de uma célula solar orgânica de polímero de fulereno

4 CONCLUSÕES

A crescente preocupação com a escassez dos combustíveis fósseis que se avizinha, aliada ao

fenômeno do grande crescimento populacional mundial observado nas últimas décadas, faz crescer a busca por soluções menos impactantes para o meio ambiente e tecnologicamente mais eficientes, em busca de cidades mais sustentáveis.

Diante desse cenário, as fontes de energia limpas e renováveis, tais como a hidroelétrica, a dos ventos e a solar, ganham cada vez maior destaque estratégico para qualquer país do mundo que pretenda minimizar possíveis impactos negativos relacionados às suas matrizes energéticas.

Ao redor do mundo já existem grandes projetos em andamento que estão sendo postos em prática esse tipo de raciocínio. Nos Emirados Árabes Unidos, por exemplo, está sendo construída a cidade sustentável de Masdar. Em pleno deserto, ela tira proveito de dois recursos naturais muito abundantes na região: os ventos e a radiação solar.

No caso da energia solar, painéis solares estrategicamente localizados são responsáveis pela produção de grande parte da energia consumida pela cidade. Masdar já conta com uma usina solar, composta por 87 mil painéis solares distribuídos por 22 hectares, com capacidade para produzir 17.500 MWh de eletricidade limpa por ano (Pensamento verde, 2013).

Outros bons exemplos de aproveitamento do potencial da energia solar são o município chinês de Rizhao, com 2,8 milhões de habitantes, que resolveu investir pesadamente na tecnologia solar, tanto através de aquecedores, quanto de painéis fotovoltaicos e, na Alemanha, há o caso do bairro solar Schlierberg, em Friburgo, que é capaz de produzir quatro vezes mais energia do que consome. Nesse contexto, é inegável a contribuição que a energia solar pode dar, e já vem dando, para a matriz energética mundial.

Com o desenvolvimento da nanotecnologia voltada para a fabricação de painéis solares de alto desempenho, as barreiras econômicas atualmente existentes, e que ainda limitam sua utilização em larga escala, poderão ser finalmente derrubadas, devendo-se, portanto, pensar nas perspectivas futuras para seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

Ambiente online, 2011. 6ª Expo Energia. Disponível em: <<http://www.ambienteonline.pt/ambiteca/detalhe/6-expo-energia>> Acesso em: 24 fev. 2015.

Cresesb/Eletróbás, 2006. Energia solar: princípios e aplicações. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf>. Acesso em: 03 set. 2014.

Electrónica. Painel solar fotovoltaico. Disponível em: <<http://www.electronica-pt.com/painel-solar-fotovoltaico>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

Elvin, G., 2007. Nanotechnology for Green Building. Green Technology Forum.

Ferreira, A. D. D., 2014. Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos. 1. ed., Rio de Janeiro: Editora Interciência.

Inovação tecnológica, 2009. Células solares orgânicas ganham em eficiência e durabilidade. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=celulas-solares-organicas-ganham-eficiencia-durabilidade&id=010115090820>> Acesso em: 25 fev. 2015.

Larousse cultural, 1998. São Paulo: Ed. Nova Cultural. 24v.

Nano@construção, 2011. A nanotecnologia aplicada ao serviço da eficiência energética e das necessidades do sector da construção. Disponível em: <http://www.centrohabitat.net/sites/default/files/projetos-pdf/cd_nc_pt_1.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2015.

Pensamento verde, 2013. Masdar City: Uma cidade inteligente em busca da emissão zero de gás carbônico. Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/cidades-sustentaveis/masdar-city-cidade-inteligente-busca-emissao-zero-gas-carbonico/>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

Rana, A. K. et al., 2009. Significance of nanotechnology in Construction Engineering. International Journal of Recent Trends in Engineering, vol. 1, no. 4, pp. 46–48.

Rüther, Ricardo, 2004. Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis. Editora UFSC / LABSOLAR.

Tecmundo, 2015. Pesquisador desenvolve método que pode diminuir por mil o preço do grafeno. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/grafeno/73230-pesquisador-desenvolve-metodo-diminuir-mil-preco-grafeno.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

Sustentabilidade em lajes alveolares protendidas

Romão Leitão Carrapato Direitinho

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, São Paulo, Brasil

romao.direitinho@gmail.com

Sheyla Mara Baptista Serra

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, São Paulo, Brasil

sheylabs@ufscar.br

Marcelo de Araújo Ferreira

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, São Paulo, Brasil

marcelof@ufscar.br

ABSTRACT: The industrial flooring systems employing prestressed hollow core slabs have grown strongly over the last decade, but there are few studies available on the benefits of sustainability with the implementation of such slab. This article presents a comparative analysis of predominantly qualitative nature, about the advantages and disadvantages that such flooring solutions entail, compared with two of the most used flooring solutions molded in place, and under the perspective of sustainability. For this purpose, it was made bibliographic research based on international scientific papers and dissertations.

Keywords: sustainability, prestressed hollow core slabs

RESUMO: Os sistemas industrializados de pisos que empregam lajes alveolares protendidas têm crescido fortemente na última década, mas existem ainda poucos estudos disponíveis sobre as vantagens de sustentabilidade com a aplicação deste tipo de laje. Este artigo traz uma análise comparativa, de índole predominantemente qualitativa, acerca das vantagens e desvantagens que tais soluções para pavimentos acarretam, quando comparadas com duas das soluções mais utilizadas de pavimentos moldados no local, e sob a perspectiva da sustentabilidade. Para tal, foi feita uma pesquisa bibliográfica fundamentada sobre artigos científicos internacionais e dissertações.

Palavras-chave: sustentabilidade, lajes alveolares protendidas

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade ligada ao setor da construção civil, tão em foco nos dias atuais, passou a fazer parte das preocupações dos gestores das empresas do setor de pré-fabricados de betão. E como parte do sistema estrutural dos edifícios tem-se as lajes, nas quais as lajes alveolares são uma das soluções possíveis. De entre as soluções possíveis para pavimentos em betão, duas que podem ser consideradas como referência são as lajes moldadas no local, sejam elas maciças ou aligeiradas com vigotas, e as lajes alveolares pré-fabricadas em betão pré-esforçado (LABP). O presente artigo estabelece uma avaliação comparativa qualitativa, sob a perspectiva da sustentabilidade, entre os tipos de lajes convencionais referidos, e as LABP.

2 HISTÓRICO

O emprego do betão armado para pavimentos existe em Portugal desde a década de 1920. Vale e Almeida (2012) referem que o segundo quartel do século XX corresponde ao período da sua introdução em uso corrente. Em estudo realizado sobre edifícios na cidade do Porto, referem os autores que no final do primeiro quartel do século passado, a estrutura dos pavimentos era

ainda maioritariamente de madeira apoiada nas paredes de meiação, com recurso marginal ao betão armado. Na década de 20, verificava-se uma relação de 93% de casos de pavimentos de madeira, e 7% de pavimentos em betão armado, valores que passam, na década de 30, a 79% e 21% respetivamente. Na década de 40 a situação inverte-se com apenas 9% de casos com pavimentos em madeira e 91% com pavimentos em betão armado.

Segundo os autores, a partir de meados da década de 30, as lajes de betão armado começam a ser substituídas por lajes aligeiradas por elementos cerâmicos vazados, de espessuras superiores, que eram essencialmente de dois tipos. O primeiro, mais utilizado, correspondia ao simples aligeiramento da laje pela colocação, sobre uma cofragem, de elementos cerâmicos vazados individuais, alinhados de forma a garantir a passagem da armadura numa ou em duas direções ortogonais. O 2º tipo dispensava cofragem, e correspondia a um sistema patenteado de vigas pré-fabricadas que venciam a totalidade do vão, reforçadas por armaduras num rebaixo na zona superior e nos intervalos entre elementos.

Por seu lado Vasconcelos (1992), afirma que em 1913 a vinda da firma alemã Wayss & Freytag constituiu o ponto mais importante para o desenvolvimento do concreto armado (betão armado) no Brasil. Os seus sócios apenas conseguiram registar a empresa em solo brasileiro em 1924, como Companhia Construtora Nacional, que funcionou até 1974. De 1913 a 1924 Wayss utilizou-se da firma de um alemão, L. Riedlinger, para construir várias obras no Brasil. Riedlinger importou mestres de obras da Alemanha, e a firma serviu de escola para a formação de especialistas brasileiros. O primeiro edifício em São Paulo data de 1907/1908, e tinha três pavimentos. A partir de 1924 quase todos os cálculos estruturais passaram a serem feitos no Brasil, com destaque para Engº Emílio Baumgart.

As lajes com vigotas pré-esforçadas e aligeiradas pelo uso de elementos cerâmicos vazados (LA), entretanto, tiveram a sua proliferação no Brasil a partir da década de 1940, após o final da Segunda Grande Guerra.

Segundo Araujo (2011), citando a *Association of manufacturers of prestressed hollow core floors*, ASSAP, (2002), as bases daquilo que são hoje as LABP foram estabelecidas pelos alemães Wilhelm Schaefer e Otto Kuen em meados da década de 30 do século XX. Nessa época, aquelas que viriam a ser as LABP eram elementos estruturais isolados, com núcleo alveolar de betão celular embutido entre 2 camadas de betão armado. No final da década de 40 e início da década de 50, após um processo de anos de mudanças na produção por tentativa e erro, Schaefer e Kuen começaram a ter sucesso. Assim, licenças de produção foram vendidas para cinco empresas na Alemanha Oriental e Ocidental e uma para os Estados Unidos. O mais importante fabricante da Alemanha Ocidental, Buderussche Eisenwerke, foi o primeiro a introduzir protensão nas lajes alveolares, na sua fábrica em Burgsolms, a qual ainda está em operação.

Na primeira metade da década de 50, o betão celular foi abandonado, para permitir a produção de LABP em peças monolíticas com vãos e capacidades menos limitadas pela pobre resistência ao cisalhamento do mesmo. Na época, de acordo com o *Precast/Prestressed Concrete Institute*, PCI, (2005), a empresa americana que comprara a licença de produção de Schaefer e Kuen introduziu a protensão e desenvolveu o produto a tal ponto que o patenteou sob o nome de *Spancrete*. O projeto de *Spancrete* adota uma máquina de betonagem sob uma ponte rolante. As betonagens das lajes alveolares eram feitas em camadas, umas sobre as outras, separadas por uma simples folha plástica. Uma vez que a camada superior de uma pilha de lajes estivesse enrijecida, as lajes eram cortadas e removidas.

Segundo Catoia (2011), o sistema de fôrmas deslizantes e vibratórias com uma única pista de protensão, similares às utilizadas hoje, foi projetado em 1955, por Max Gessner (Munique). Em 1957, as empresas da Alemanha Ocidental Max Roth KG E Weiler KG compraram a patente de Gessner, e em 1961 começaram a sua gradual expansão na Europa e no mundo. De acordo com

a autora, em 1960 a empresa canadense SPIROLL desenvolveu a máquina original para a produção de LABP por meio de extrusão do betão, em cujo procedimento o betão com baixa relação água/cimento era compactado e vibrado. As lajes produzidas nesse processo eram caracterizadas por seções transversais com alvéolos circulares, diferente dos habituais alongados produzidos pelas fôrmas deslizantes. O processo de extrusão foi recebido favoravelmente, em especial no norte europeu e no Bloco Soviético. A partir daí deu-se o início da concorrência para a supremacia entre os sistemas de fôrmas deslizantes e os de extrusoras.

Catoia (2011), afirma que a empresa italiana Nordimpianti System, que desde 1974 se especializou na construção de máquinas moldadoras deslizantes (*slipform*), merece relevo devido ao impulso que deu no aumento das dimensões das LABP. Em 1987 a Nordimpianti ganhou admiração pela construção de maquinário para a produção de uma série de LABP com 3 alvéolos, com alturas de 50cm, 60cm, 70cm e 80cm, e estas 3 últimas alturas ainda são um recorde.

No Brasil as LABP passaram a ser empregues na década de 1980, e consolidaram-se a partir de 2001. O seu uso em pavimentos tem aumentado significativamente em todos os continentes.

As LABP apresentam hoje uma boa possibilidade de ganhos de sustentabilidade. Apesar de implicarem investimentos iniciais em equipamento consideráveis, trata-se de um produto com uma racionalização muito grande no uso de recursos naturais, alto grau de automatização/mecanização, baixos níveis de geração de resíduos, elevado grau de industrialização, o que favorece o controle de qualidade do produto, e aumento da durabilidade. As LABP favorecem a produtividade, pois quer a quantidade de produção em fábrica, em m²/dia, quer a sua montagem em obra requerem pouca mão de obra e têm rápido tempo de execução, quando comparado com as lajes produzidas “in-situ”. Podem ainda incorporar a chamada “*fabric energy storage*” (FES), que se trata de painéis de LABP com capacidade de absorção de calor e que reduzem a temperatura de pico dos ambientes em até 4°C e retardam em até 6 horas o alcance deste pico. A possibilidade de eliminação de ar condicionado traz a redução de 20% do custo total de energia elétrica e a redução das emissões de CO₂. Outra vantagem do FES é que permite o uso de concreto aparente interna e externamente. Isto reduz em até 5% os custos da construção e entre 10% e 15% o seu peso total. Tudo isso aumenta o valor agregado do setor.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Como metodologia de pesquisa foi executada uma revisão bibliográfica de textos científicos internacionais sobre o tema, tanto artigos quanto dissertações e teses, fossem de autores consagrados ou de jovens pesquisadores. Como resultado, fez-se uma análise predominantemente qualitativa das vantagens e desvantagens que o uso de pavimentos em LABP apresenta, por comparação com duas das soluções convencionais moldadas no local mais usadas, as lajes maciças de betão armado e as lajes aligeiradas com abobadilha cerâmica e vigotas pré-esforçadas de betão. Este artigo faz parte de uma dissertação de mestrado em desenvolvimento.

4 PROCESSO DE PRODUÇÃO

O processo de produção das soluções convencionais de laje maciça ou aligeirada em betão são bem conhecidos. Para execução de uma laje maciça de betão armado (LMBA), e após a cura e desforma dos pilares, procede-se do seguinte modo: • nivelamento e montagem da cofragem para as vigas; • escoramento dessa cofragem, por escoras de madeira ou prumos metálicos, com o correto espaçamento entre eles; • montagem da cofragem para a superfície inferior da laje, em madeira corrente, contraplacado marítimo, ou outro material, nivela-se a mesma e escorase, com o espaçamento definido em projeto para as escoras entre si; • montam-se as armaduras das vigas que haviam sido entretanto produzidas em estaleiro, na esmagadora maioria dos casos, com espaçadores entre as armaduras, e a cofragem para garantir os recobrimentos

adequados; • monta-se a armadura das lajes maciças, com os respetivos espaçadores por baixo, convenientemente espaçados entre si, para garantia dos recobrimentos exigidos; • betonagem em simultâneo de vigas e lajes; • cura da laje, durante a qual esta é regada periodicamente com água para manter o concreto húmido e evitar a formação de fissuras na sua superfície, por retração; • retirada progressiva das escoras, em função do tempo de presa da laje, e dos resultados obtidos nos ensaios á compressão dos provetes; • descofragem da laje e limpeza das formas de forma a que possam ser reutilizadas.



Figura 1. Preparação de laje maciça de betão, em construção (esquerda); betonagem de laje maciça (direita) (Fonte: o autor)

A execução de LA, por outro lado, é bastante semelhante à execução de LMBA, só que não há necessidade de cofrar inferiormente a laje, pois o encaixe entre os elementos cerâmicos e as vigotas de betão pré-esforçado serve como forma.



Figura 2 – Execução de laje aligeirada em construção (esquerda); betonagem de laje aligeirada (direita) (Fonte: o autor)

Existem variações no processo de fabricação das LABP, mas considera-se que existem dois processos principais: a extrusão e a moldagem. A designação relaciona-se com os equipamentos usados, extrusoras e moldadoras. Ambas trabalham com betões de baixas relações água/cimento, na ordem dos 0,30 a 0,40 no caso das moldadoras, e valores mais baixos ainda no caso das extrusoras. Isso permite a ambos os processos fazerem uma utilização otimizada da quantidade de cimento empregue na fabricação. As extrusoras têm uma velocidade de progressão um pouco maior que as moldadoras, o que lhes permite maiores produtividades. Por outro lado são máquinas mais caras, e com uma manutenção mais cara também. Enquanto as extrusoras executam a laje por um processo de 3 camadas de betão, as moldadoras fazem-no em 2 camadas. No entanto, e ainda antes de se chegar à extrusão ou moldagem, existem outras fases a considerar. Começa-se pela receção e armazenamento/estocagem das matérias primas. O cimento é armazenado em grandes silos, de 100 toneladas cada ou mais, e os agregados, grossos (as chamadas “britas ou pedras”) ou finos, são estocados ou em baias, em forma de estrela relativamente a uma central misturadora de betão de grande capacidade, ou em grandes caçambas colocadas em série umas em relação às outras e providas de esteiras de transporte dos agregados até à central de mistura. A dosagem dos componentes do betão pode ser feita por peso ou em volume, mas o cimento é normalmente dosado em peso, através de um sistema de células de carga. Acresce a adição da água à mistura e dos aditivos e/ou adjuvantes para o betão. A dosagem de todos os componentes é comandada por uma cabine com central de comando totalmente automatizada, eletronicamente. No entanto, a observação da mistura ainda no seu

estado fresco por operador experimentado continua a ser muito importante. Os tempos de mistura são padronizados em função da composição adotada para o betão. As centrais de mistura são normalmente do tipo hemisférico, de tambor horizontal, munidas de pás rotativas. Depois, tem-se o transporte do betão desde a central até às pistas de protensão, o qual pode ser realizado de 4 formas distintas, mas sempre com caçambas: • transporte da caçamba por ponte rolante, por via aérea; • transporte da caçamba por trator, por via terrestre; • transporte da caçamba por via terrestre, sobre trilhos, puxada por vagoneta; • transporte da caçamba por via aérea em trilhos (sistema “fly”). Este último sistema é o mais caro de todos mas também aquele que permite velocidades de transporte maiores, o que pode ser fundamental para a resolução de problemas logísticos no processo (garante velocidades de transporte que chegam a ser cinco vezes superiores).

Quando o betão chega à pista, e ainda antes de se começar a produzir a laje, houve um trabalho prévio para que isso possa acontecer. A pista teve que ser previamente limpa, por varredura manual ou automatizada (recurso a equipamentos mecânicos próprios), em seguida é passado um óleo desmoldante sobre a mesma, por pulverização manual ou por processos mecânicos, depois são estendidos os fios/cordoalhas, que são mantidos nas suas posições de projeto com o auxílio a um sistema de guias que na gíria se designam por “pentas”, esses fios/cordoalhas são primeiro fixados numa cabeceira passiva, por cunhas, numa das extremidades da pista, e na extremidade oposta é aplicada a protensão de projeto através de macacos hidráulicos, após o que as cordoalhas são fixas nessa extremidade, através de cunhas também. Haverá que cuidar de proteger a pista de protensão com gradeamento metálico, tanto lateralmente como nas cabeceiras, por questões de segurança de trabalho.



Figura 3. Caçamba alimentando extrusora (esquerda); cura a vapor (direita) (Fonte: Elematic, 2007; Catoia, 2011)



Figura 4. lançamento das LABP (esquerda); Estocagem das LABP (direita) (Fonte: Elematic, 2007; Araújo, 2011)

Depois do betão chegar à pista, pode-se começar a extrusão ou moldagem, que são processos altamente mecanizados. Embora no limite as máquinas pudessem permitir velocidades de execução de laje da ordem dos 3m/min, na melhor das situações e por limitações logísticas a maioria das fábricas atinge no máximo velocidades de 2m/min. Terminada a execução da laje procede-se à cura do seu betão, o que pode ser feito desde via natural, dependendo das condições ambientes atmosféricas, até cura térmica ou cura a vapor. Depois disso e quando os testemunhos de betão retirados das misturas atingem resistências á compressão da ordem dos 30 a 35 Mpa, é feita a desprotensão das pistas. Após a desprotensão procede-se ao corte das lajes em painéis, com os comprimentos requeridos, e posto isso esses painéis são estocados no pátio, até poderem ser transportados para obra. Por questões de gabarito dos caminhões de transporte, no máximo os painéis costumam atingir comprimentos da ordem dos 12,5 metros, embora esse

comprimento possa ser excedido. Em obra as LABP são içadas normalmente por gruas automíveis, e depois são colocadas na sua posição final com ou sem capa estrutural.

5 AS LAJES ALVEOLARES E A SUSTENTABILIDADE

Segundo o relatório Brundtland (1987), sustentabilidade é o desenvolvimento que atinge as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atingirem as suas próprias necessidades. Portanto, questões como a redução dos desperdícios, diminuição dos níveis de ruído, utilização de processos energeticamente mais eficientes, saúde e segurança do trabalhador, mas as questões económicas também, e as ambientais evidentemente, têm que constituir preocupações.

Referenciada a execução das LMBA, LA e o fabrico das LABP, daí se explica a aplicação das LABP como solução sustentável para pavimentos, por comparação com as anteriores.

Segundo Van Acker (2002), traduzido por Ferreira, os alvéolos das LABP representam uma percentagem de volume de vazios que pode variar entre 30% a 50%, quando comparado com uma LMBA com a mesma espessura, e isso significa o uso de menos betão por m². Com menos betão consequentemente foi gasto menos cimento, e assim as emissões de CO₂ são menores. Segundo ele, comparando com a generalidade das restantes soluções para lajes, as LABP têm a vantagem de terem superfície inferior lisa, o que diminui a quantidade de material a aplicar no revestimento de tetos, bem como o uso de mão-de-obra para a respetiva execução. Refere ainda que as LABP quase dispensam o uso de escoramento, o que significa em relação às LMBA e LA uma grande vantagem ambiental, pela dispensa das escoras de madeira, para além da correspondente redução de custos no escoramento. Mais, as LABP são produzidas em fábrica, o que significa independência das condições climáticas, ao contrário das LMBA e LA. Como tal, não só os trabalhadores estão protegidos das intempéries -benefícios em relação a questões de saúde e de trabalho-, como os prazos de execução de obra diminuem, visto que existe uma total independência da execução de pavimentos em relação a outras tarefas, no cronograma. Sendo produzidas em ambiente industrial, por contraposição às LMBA e LA, são produzidas num ambiente de maior controle de qualidade. Por serem produzidas em fábrica, onde as condições de segurança e higiene no trabalho são superiores às normalmente encontradas em estaleiro, onde são executadas as LMBA e LA, esse fato beneficia os trabalhadores. Para Van Acker (2002), a produção em ambiente industrial das LABP propicia, ao contrário das LMBA e LA, um efeito de escala, com vantagens económicas que são impossíveis de alcançar com processos “artesanais” como os da execução das LMBA e LA.

Por outro lado, e no Reino Unido (UK), segundo Elhag (2008), a “Precast Flooring Federation” (PFF), que reúne os fabricantes mais representativos de LABP daquela região, empreendeu a partir desse ano um programa integrado com o objetivo de reduzir as emissões de CO₂ no setor, o seu nível de desperdícios, consumo de energia, impacto no transporte, e outros. Todos estes impactos não costumam ser contabilizados dentro de sistemas produtivos de empresas mais convencionais. E a sustentabilidade diz respeito a olhar para todos eles e tentar encaminhar a sua resolução. A PFF estabeleceu um programa de maneira a que esses objetivos fossem sendo gradualmente atingidos, o que leva à primeira razão fundamental para tentar responder à pergunta: “Por que usar pavimentos protendidos em lajes alveolares?”.

Segundo Elhag (2008), pesquisas realizadas no UK demonstraram que o efeito combinado dos fornecimentos (incluindo aço reforçado) no setor das LABP estava entre 1.78Kg e 6.29 kg de emissões equivalentes de CO₂, por tonelada de produção líquida, o que é um valor bem reduzido. Por outro lado, segundo ele, um estudo de 8 semanas realizado num determinado número de membros da PFF demonstrou que os níveis de desperdício nas respectivas fábricas de LABP não excediam os 2% para a maioria dos postos de trabalho avaliados (incluindo desperdícios que vinham dos locais de rejeitos). Além disso, o estudo sugeria que a produção e

o transporte de pavimentos em LABP perfaziam um total de não mais de 0.199 “ecopontos”/tonelada de produção líquida (“ecopontos” é uma classificação de emissões tabelada pelo *Building Research Establishment-BRE*). Por outro lado, as LABP podem incorporar conteúdos reciclados, o que é mais difícil de conseguir em soluções tradicionais de laje como as LMBA e LA. Assim, segundo Elhag (2008), estudos de qualidade realizados *BRE* demonstram percentagens de reciclagem de conteúdos entre 10 a 20% para as LABP, seja para agregados finos ou graúdos. As LABP podem ser trituradas e usadas em diferentes reaplicações, no final da vida útil dos edifícios (como camadas de sub-base e preenchimento de material em rodovias, ou até na produção de concretos com um fck de até 40 - fck é o valor da tensão de resistência à compressão em provetes cilíndricos- ou 50 Mpa, como agregados graúdos desses betões), o que em face do monolitismo das estruturas com LMBA é mais difícil de se conseguir nesse tipo de solução.

Elhag (2006), refere ainda que uma grande parte das empresas de LABP do UK possui instalações para reciclagem de água, permitindo poupanças até 40% no consumo, em algumas fábricas, e que uma boa parte delas faz também o aproveitamento das águas das chuvas. Normalmente em estaleiro, onde são produzidas as LMBA e executadas as LA, nada disso é feito.

Segundo Elhag (2008), a energia consumida nas fábricas de LABP, no UK, andava em torno de 206.43 MJ/ton líquida de produção. Isso perfazia um total de 1510 MJ/ton, que comparados com o total de 25900 MJ/ton para produzir barras de aço (energia primária) das LMBA, e com os mais de 2415 MJ/ton necessários para o conjunto das atividades de crescimento, colheita, e serragem da madeira, e a mais 1600 MJ/ton para secagem da madeira no forno, usadas nas escoras e cofragens quer das LMBA quer das LA, representa valores bem baixos. Segundo o autor, as LABP teriam ainda um diferencial em relação a outras soluções, que consistia na “certificação de fornecimento responsável” (o princípio do fornecimento responsável objetiva providenciar uma prova de que a inteira cadeia de vigilância de um produto específico, neste caso as LABP, e dos respectivos ingredientes nele usados tomaram todas as medidas éticas, sociais e ambientais necessárias para assegurar que o produto foi fabricado de forma “responsável”). Previa-se que as LABP seriam, na época, um dos primeiros produtos de construção a receber essa certificação no Reino Unido, de acordo com o esquema do *BRE*.

Por fim Elhag (2006), refere que as LABP são desenvolvidas por uma indústria com uma estratégia apropriada de sustentabilidade, planos de administração do produto e indicadores-chave de desempenho (KPI's), e auditorias ambientais através da ISO 14001, o que não é usual na maioria das empresas construtoras civis, onde são produzidas as LMBA, e executadas as LA.

No Brasil, por contatos com consultores que atuam na área das LABP, conseguiu-se chegar a valores de desperdícios gerados pelas fábricas que andam em torno de 6% dos insumos consumidos, o que, apesar de ser um valor alto quando comparado com os valores apontados por Elhag (2008), ainda assim fica abaixo dos valores que são comuns nos estaleiros de construção civil, se se contabilizarem os resíduos/desperdícios de madeiras para cofragem e/ou escoramento seja em LMBA ou LA, aço nervurado para LMBA, betão aplicado obra na produção dos dois tipos de lajes, e outros resíduos de materiais na execução das mesmas.

Já Mateus (2004), desenvolve um estudo comparativo de várias soluções para pavimentos, que contempla os três tipos referenciados até agora, e que contraria em parte as afirmações de Van Acker (2002) e de Elhag (2006;2008). Isso pode ter a ver com a tipologia de edifícios estudada, edifícios para habitação, e com o reduzido número de parâmetros que foram tidos em conta no estudo, e que foram: massa dos pavimentos, isolamento térmico, isolamento acústico, energia primária incorporada, e custo inicial dos pavimentos. No estudo, Mateus (2004) refere que, para edifícios de habitação, os pavimentos em LABP apresentam como única vantagem, quando comparados diretamente com os pavimentos de LA, uma redução de 25% de energia primária incorporada, e que a sua maior desvantagem em relação aos mesmos reside no custo inicial de

construção, que é mais do dobro. Conclui que os pavimentos em LABP, sob o ponto de vista da sustentabilidade, são mais adequados a edifícios com grandes vãos ou elevadas sobrecargas, como os edifícios industriais. O próprio autor refere que um parâmetro que não foi considerado no seu estudo foi o tempo necessário para construção, onde os pavimentos em LABP têm uma clara vantagem sobre as outras duas soluções consideradas neste artigo.

6 RESULTADOS

Pode concluir-se sobre o que foi exposto a síntese aproximada identificada na Tabela 1.

Tabela 1. Comparativo das LABP com as alternativas convencionais moldadas no local vistas

	LABP	Lajes maciças em betão armado	Lajes aligeiradas com abobadilha cerâmica e vigotas pré-esforçadas
Maior automatização do processo	X		
Menos resíduos de materiais	X		
Maior controle de qualidade do produto	X		
Menores custos de mão de obra	X		
Menores emissões de co2	X		
Superfície inferior lisa	X	X	
Ausência de escoramento	X		
Menos madeira para formas	X		
Betão mais resistente à compressão	X		
Menos cimento/m2	X		X
Menos tempo de execução e montagem	X		
Mais leves	X		X
Independência condições climatéricas	X		
Melhores condições shst	X		
Maior economia de escala	X		
Incorporação de menos energia primária	X		
Mais possibilidade de reciclagem após demoli-	X		
Maior reutilização h2o no processo	X		

As LABP não têm apenas vantagens, no entanto. Têm no mínimo quatro desvantagens: • perda de monolitismo da estrutura; • custos de investimento inicial mais elevados; • equipamentos de montagem mais onerosos; • gabaritos de maior porte, que podem dificultar no transporte.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade para o setor das LAP demanda a análise completa de toda a sua cadeia de valor. A sua industrialização colabora com o uso racional dos recursos, minimização dos resíduos, e aumento da produtividade, o que é uma vantagem em relação aos sistemas tradicionais de pavimentos executados em obra. No entanto é necessário definir melhor quer os parâmetros utilizados para definição dos níveis de sustentabilidade das várias soluções para pavimentos, bem como das várias tipologias de edifícios em estudo para melhor comparação. O setor das LAP está buscando o aumento de qualidade, competitividade e redução de custos. As indústrias que estiverem atentas, buscando a inovação e a melhoria continuada dos seus produtos conquistarão um novo espaço sustentável. Cada vez mais consumidores, construtoras, incorporadoras e instituições financiadoras procuram projetos e produtos com melhor desempenho socio-ambiental, o que é muito positivo para o segmento das LABP.

REFERÊNCIAS

Araujo, C.A.M. 2011. Contribuições para projeto de lajes alveolares protendidas. 2011. 222f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

ASSAP – Association of manufacturers of prestressed hollow core floors, 2002. The Hollow Core Floor Design and Applications. 1.ed. Verona: Offset Print Veneta, 2002. 220p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. Abnt nbr iso 14001 – Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos. Rio de Janeiro: Abnt, 2004.

Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto – Abcic, 2012. *Anuário 2012*.

British Standards Institution, 2007. Bsi Ohsas 18001 – Sistema de Gestão da Saúde e Segurança no Trabalho – Requisitos. Bsi, 2007.

Brundtland, G.H. & Comum, N.F. 1987. Relatório Brundtland. Organização das Nações Unidas, 1987.

Catoia, B. 2011. Lajes alveolares protendidas: cisalhamento em região fissurada por flexão. 2011. 324f. Tese (Doutorado em Ciências, Programa de Engenharia Civil - Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos.

Elhag, H.K. 2006. Business improvement through a structured approach to sustainability in the precast concrete flooring industry. Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University. 2006.

Elhag, H.K. et al 2008. Implementing environmental improvements in a manufacturing context: a structured approach for the precast concrete industry. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 8 (4.)

International Organization For Standardization (ISO), 2006. ISO 14040:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. 2006.

_____. 2004. ISO 14001: 2004. Environmental management systems-Requirements with guidance for use (ISO 14001: 2004).

Mateus, R.F.M da S. 2004. Novas Tecnologias Construtivas com vista à Sustentabilidade da Construção. 2004. 224f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI), 2005. The History of Spancrete – Bringing Excellence to the Construction Industry for Sixty Years. PCI Journal, jan./fev. 2005, p. 25-35.

Vale, C.P. do & Almeida, V.A. 2012. Entre tradição construtiva e modernidade arquitectónica - Caracterização construtiva da habitação corrente da cidade do Porto no segundo quartel do século XX. In Patorreb 2012, Santiago de Compostela: Colexio Oficial de Arquitectos de Galicia

Vasconcelos, A.C. de 1992. O Concreto no Brasil – Recordes, Realizações, História – Vol 1, 2.ed., São Paulo, Pini, 1992.

Van Acker, A. 2002. Manual de Sistemas Pré-fabricados de Concreto – FIB 2002.

Avaliação do Conceito de Desenvolvimento Sustentável em Agregados Artificiais

Claudia Coura

Universidade Federal de Juiz de Fora, Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído, Juiz de Fora (MG), Brasil
claudia.coura@ifsudestemg.edu.br

Maria Teresa Barbosa

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Juiz de Fora (MG), Brasil
teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br

ABSTRACT: The natural sand has been a progressive exhaustion in planet, in special, for engineering building and the new alternative solutions appears. Conducted studies confirm the effectiveness of the full replacement of natural sand by waste rock triturated. This paper carried out the chemical analyze and evaluated the potential of alkali aggregate reaction , which will enable the use of these in large concrete works , observing environmental , social and economic factors that integrate the concepts of technological innovation and sustainable development. It was carry out in concrete produced with artificial sand (marble triturate waste or gnaisse triturate waste): workability, compressive strength, density of mass in the hardened state, modulus of elasticity and alkali-aggregate reaction. The results showed that the concrete produced with marble triturate waste exhibit higher mechanical and durability properties. At finally, these wastes indicate to the manufacture of concrete or sustainable concrete products.

Keywords: marble powder, aggregate, sustainable development.

RESUMO: A areia natural, por ser um material de grande utilização em obras de engenharia, tem sofrido um esgotamento progressivo de suas jazidas e conseqüente aumento de seu custo, levando à busca de soluções alternativas. Estudos efetuados comprovam a eficácia da substituição integral da areia natural por rejeitos de rochas trituradas O presente trabalho efetuou a caracterização química e avaliou a potencialidade de reação álcali agregado, o que possibilitará o emprego dos mesmos em grandes obras de concreto, observando os fatores ambientais, sociais e econômicos que integram os conceitos de inovação tecnológica e desenvolvimento sustentável. Realizou-se nos concretos produzidos com a areia artificial (gnaisse triturado ou rejeito de mármore triturado): trabalhabilidade, resistência à compressão axial, densidade de massa no estado endurecido, módulo de deformação e reação álcali-agregado. Os resultados apontaram que os concretos elaborados com o rejeito de mármore apresentam características mecânicas e de durabilidade superiores, comprovando a viabilidade da utilização desse rejeito na confecção de concreto, proporcionando produtos sustentáveis.

Palavras-chave: rejeito de mármore; inovação tecnológica; desenvolvimento sustentável.

1 INTRODUÇÃO

A humanidade sempre dependeu dos recursos minerais para sua sobrevivência. Segundo (BUEST, 2006), as pedras inicialmente eram empregadas mantendo as características naturais, na forma de seixos rolados e de lascas encontradas na natureza, posteriormente foram modificadas, passando a ser utilizadas como instrumentos de guerra e produzindo fogo mediante atrito.

A construção civil é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais. No Brasil, a demanda de agregados vem aumentando ano a ano. De acordo com (JOHN, 2000), o consumo estimado de agregados naturais, somente na produção de concretos e argamassas, era, no ano

2000, de aproximadamente 220 milhões de toneladas. Em 2006, (BUEST, 2006) menciona que o consumo chega a 395 milhões de toneladas.

Atualmente, grande parte dos processos com atividade econômica, são fontes geradoras de resíduos, causando grande degradação ambiental e desconsiderando, muitas vezes, o desenvolvimento sustentável do ambiente construído. Sendo assim, o desafio atual trata do aproveitamento racional dos resíduos provenientes dos processos industriais. Dentro deste contexto, a Construção Civil, surgiu como sendo o setor tecnológico mais indicado para absorver os resíduos sólidos, devido ao grande volume de recursos consumidos.

A indústria da Construção Civil busca, de maneira constante e insistente, materiais alternativos oriundos de subprodutos que venham a atender: a redução de custos, a agilidade de execução, a durabilidade e a melhoria das propriedades do produto final, visando, principalmente, à redução da extração de materiais naturais através do emprego de resíduos recicláveis, solucionando, também, os problemas de estocagem do material.

No que se refere a grande parte do agregado miúdo natural (areia), que é extraída de leitos de rios provocando a retirada da cobertura vegetal, a degradação dos cursos d'água além, de consideráveis prejuízos ao meio ambiente. Órgãos responsáveis pela fiscalização do meio ambiente, como o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), vêm coibindo esta prática. Dentro deste contexto, os mineradores são forçados a extrair esses agregados em locais cada vez mais distantes do mercado consumidor, onerando o preço final do produto.

Constata-se, no meio técnico e científico, um incremento de estudos que visam obter alternativas para a substituição total do agregado miúdo natural (AMN), fazendo frente a esta escassez crescente de oferta e do decorrente aumento de preço do agregado miúdo no mercado.

Duas alternativas de substituição é objeto de estudo neste trabalho, a primeira delas são retalhos e sobras de mármore, passíveis de serem britadas, sendo aqui denominadas de Rejeitos de Mármore Triturado (RMT); a segunda, a utilização de Rocha de Gnaiss Triturada (RGT). Sendo analisados experimentalmente em concreto fresco e endurecido, a fim de contribuir com o meio técnico no que se refere ao uso de agregados miúdos britados para a produção de concreto.

A utilização desses rejeitos resulta em benefícios para o meio ambiente e numa maior lucratividade para as empresas produtoras, uma vez que o material retirado das jazidas passa a ser reaproveitado, reduzindo as perdas do processo e fornecendo alternativa para o mercado.

2 ESTUDO DA AREIA ARTIFICIAL COMO AGREGADO MIÚDO

2.1 Procedimentos Experimentais

A viabilidade técnica do emprego de areia artificial na produção de concretos foi verificada através do estudo de suas propriedades físicas e mecânicas, tais como: trabalhabilidade, resistência à compressão axial, densidade de massa no estado endurecido, módulo de deformação e reação álcali-agregado.

Neste estudo, além da mistura de referência utilizando areia natural de rio (AMN), foram formuladas duas novas misturas, substituindo-se a areia natural por RMT, utilizando mesma distribuição granulométrica do AMN. Salienta-se que tal procedimento foi possível devido a grande variabilidade de faixas granulométricas resultantes da britagem da rocha e, a terceira e última mistura substituindo-se AMN por RGT.

A dosagem do concreto de referência baseou-se no método desenvolvido pelo IPT/ EPUSP, sendo fixado um teor de argamassa seca ideal igual a 50% e um abatimento do tronco de cone

de, aproximadamente, 70 ± 10 mm. Logo, o traço adotado, neste estudo, e igual a: 1: 1,83: 2,83: 0,50 (cimento: agregado miúdo: agregado graúdo: fator água/cimento), estimando-se uma resistência à compressão axial mínima aos 28 dias de idade igual a 20MPa.

Nos concretos com emprego de RMT e RGT, utilizou-se o mesmo traço, com a simples substituição do agregado miúdo, a fim de avaliar o material no que se refere a: trabalhabilidade, resistência à compressão axial, densidade de massa no estado endurecido, módulo de deformação e reação álcali-agregado.

Cumprir esclarecer que foram moldados 8 (oito) corpos-de-prova cilíndricos para cada mistura e para cada tipo de ensaio a ser realizado, sendo avaliada a resistência à compressão nas idades de: 3, 7 e 28 dias. Sendo adotados os procedimentos de moldagem, adensamento e cura prescritos na normalização brasileira.

2.2. Materiais Empregados

No desenvolvimento desta pesquisa empregaram-se matérias primas convencionais como a areia de rio (AMN), rochas de gnaiss trituradas (RGT) e rejeitos de mármore triturados (RMT), cujas características passam a ser apresentadas.

2.2.1. Caracterização do Rejeito de Mármore Triturado (RMT)

O RMT foi fornecido pela empresa Marshetti, localizada na cidade de Mar de Espanha, Estado de Minas Gerais, que utiliza apenas mármore em seu processo de beneficiamento. Nesta empresa, os cacos de mármore, após a lavagem e secagem, passaram primeiramente pelo britador de mandíbulas, posteriormente foram para o processo de moagem, em moinhos de bolas por, sendo em seguida peneirados mecanicamente e ensacados por fração granulométrica, segundo requisitos da normalização brasileira (NBR NM 248/ 03). A Figura 1 mostra os grãos de RMT, eles não apresentam forma irregular, angulosa e estrutura cristalina.



Figura 1. Grãos do RMT

O conhecimento das características químicas é de fundamental importância para o conhecimento do resíduo e avaliação do seu desempenho. A composição química do RMT está apresentada na Tabela 1.

Para uma melhor identificação da rocha que compõe o RMT, realizou-se a descrição petrográfica, com a composição mineralógica, como primeiro passo na investigação das potencialidades reativas do agregado, ou seja, buscou-se determinar a presença ou não de constituintes do agregado passíveis de desenvolver reações com o cimento prejudiciais à durabilidade e vida útil do concreto. A Tabela 2 ilustra a análise petrográfica do RMT.

Tabela 1 – Análise química do RMT

Composição Química do RMT	
Principais Elementos	Teor (%)
Ca	18.1
Mg	12.9
CaO	2.4
MgO	7.8

Classificação: Magnesiano

Tabela 2 – Análise petrográfica do RMT

Descrição Petrográfica do RMT		
Mineral	Formulação Química	Porcentagem
Carbonato	(CaCO ₃) ou (CaMg (CO ₃) ₂)	95%
Olivina – Fosterita	(Mg ₂ SiO ₄)	3%
Clorita – Mg	(Mg ₁₂ [(Si,Al) ₈ O ₂₀](OH) ₁₆)	*
Serpentina	Mg ₃ [Si ₂ O ₅](OH) ₄	*
Anfíbio - Tremolita	[Ca ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂]	*

* A percentagem dos três minerais juntos chegam a 2% da lâmina.

O carbonato pode ser tanto Calcita (CaCO₃) como Dolomita (CaMg(CO₃)₂), não sendo possível distinguir em lâmina delgada, somente por outros métodos como Geoquímica ou Difração de Raio X, porém por meio da paragênese mineral é bem provável que a lâmina apresente dolomita, pois no sistema apresenta minerais ricos em Mg como a Olivina (Mg₂SiO₄) e a Tremolita [Ca₂Mg₅Si₈O₂₂(OH)₂].

A tabela 3 apresenta a caracterização física do agregado.

2.2.2. Agregado Miúdo Natural (AMN)

Empregou-se uma areia natural quartzosa, proveniente do leito do rio do Peixe, localizado na cidade de Juiz de Fora (MG), conforme apresentado na Tabela 3. Os AMN apresentam partículas com formas visualmente mais arredondadas e também com textura mais lisa que os RMT.

2.2.3. Rocha de Gnaiss Triturada (RGT)

O RGT foi fornecido pela empresa P, situada na cidade de Matias Barbosa, Estado de Minas Gerais, de origem gnáissica, conforme apresentado na Tabela 3.

2.2.4. Agregado Graúdo

O agregado graúdo empregado na confecção do concreto foi oriundo da pedra P, situada na cidade de Matias Barbosa, Estado de Minas Gerais, de origem gnáissica, vide Tabela 3.

Tabela 3 – Características dos agregados.

Propriedades	AMN	RMT	RGT	Agregado Graúdo
Diâmetro característico máximo (mm)	2.40	2.40	4.80	25.0
Graduação granulométrica (segundo normalização brasileira)	Zona Utilizável	Zona Utilizável	Zona Utilizável	Graduação 1
Módulo de finura	2.75	2.75	3.23	6.53
Massa específica real (kg/dm ³)	2.62	2.91	2.,70	2.70
Massa específica aparente (kg/dm ³)	1.46	1.74	1.71	1.36
Teor de material pulverulento (%)	0.60	5.0	14.,50	0.20
Impureza Orgânica (p.p.m.)	<300	<300	<300	<300
Torrões de argila (%)	Isento	Isento	Isento	Isento
Absorção de água (%)	3.16	1.27	2.37	***

2.2.5 Cimento

No programa experimental utilizou-se o cimento Portland com alta resistência inicial do tipo CPV – ARI , fabricado pela Holcim do Brasil.

2.2.6. Água

Empregou-se água potável proveniente da rede de abastecimento de Juiz de Fora, Estado de Minas Gerais.

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade dos concretos foi avaliada por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone (slump test), conforme NBR NM 67/1998. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 4 – Consistência dos concretos a serem ensaiados.

Tipo de Agregado	100% de RGT	100% de AMN	100% de RMT
Slump	55 mm	80 mm	140 mm

Analisando a Tabela 4 constata-se que o emprego do RMT nos concretos acarretou um incremento na trabalhabilidade da mistura, sem desagregação ou exsudação excessiva do mesmo. Tal comportamento deve-se, principalmente, à baixa porosidade e absorção dos grãos de RMT, ou seja, como podemos observar na Tabela 3, a massa específica aparente do RMT é superior à do AMN, conduzindo a uma redução da porosidade do RMT, constata-se, também que o RMT apresenta menor absorção de água que o AMN; em virtude disso, o agregado não absorve parte da água de amassamento e, conseqüentemente a consistência tende a ser mais fluida. (NEVILLE, 1997).

Ao contrário do exposto acima, constata-se que o emprego do RGT reduz a trabalhabilidade da mistura. Este fato é comprovado através da dificuldade de homogeneização da mistura, devido ao efeito das pequenas partículas do AMA difundidas na mesma, visto que este agregado miúdo tem maior teor de material pulverulento do que os demais agregados estudados (cerca de 14.50%). O comportamento foi conforme esperado, pois todo material com excesso de finos ocasiona esse efeito.

3.2. Ensaio de densidade de massa no estado endurecido

A tabela 5 apresenta os resultados médios da densidade de massa no estado endurecido em corpos-de-prova de 100 mm x 200 mm aos 120 dias de idade conforme norma NBR13280 (1995).

Tabela 5 – Densidade de massa no estado endurecido.

Tipo de Agregado	100% de AMN	100% de RGT	100% de RMT
Densidade (g/cm ³)	2.26	2.33	2.39

Constata-se que, com a adição de RMT, aumenta-se a densidade de massa, no estado endurecido.

As misturas produzidas com RGT (maior teor de material pulverulento) apresentaram maior densidade de massa em relação ao concreto de referência (100% de AMN). Estes resultados demonstram que, além dos grãos de RGT possuírem maior massa específica do que a areia natural, o aumento dos teores de finos, aumenta o grau de empacotamento do conjunto agregado e aglomerante, conforme foi constatado por (SILVA et al, 2005), visto que o empacotamento está relacionado com a correta seleção da proporção e do tamanho adequado dos materiais, de forma que os vazios maiores sejam preenchidos com partículas menores, cujos vazios serão novamente preenchidos com partículas ainda menores e assim sucessivamente.

3.3. Resistência à compressão axial

A resistência à compressão axial foi avaliada nas idades de 3, 7 e 28 dias, de acordo com a normalização brasileira NBR 5739/ 94.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 6, onde é apresentado o valor médio obtido em 8 (oito) corpos-de-prova com o respectivo coeficiente de variação (CV) da amostra. Salienta-se que o coeficiente de variação é uma análise estatística preliminar, com o qual se avalia a variabilidade dos resultados de um experimento. Em geral, se seu valor for inferior a 25% a amostra é aceita.

Identificou-se que os traços contendo agregados miúdos triturados atingem maiores resistências, destacando-se o concreto com RMT, com maiores resistências em relação aos demais. A causa para obtenção destes resultados pode ser entendida devido à baixa porosidade do RMT (absorção de água baixa), pois de acordo com (BUEST, 2006), a porosidade do agregado pode afetar a resistência à compressão do concreto. (NEVILLE, 1997) salienta que a influência do agregado na resistência do concreto é proveniente da resistência mecânica do agregado, e, também, da sua absorção e da sua aderência.

Numa análise mais detalhada verificou-se que a variável idade, analisada isoladamente, apresenta influência significativa, de forma que para as idades avaliadas os concretos apresentaram ganho médio de 57% de 3 para 28 dias. Na idade de 28 dias, constata-se um aumento médio na resistência de 9% para os concretos fabricados com RGT e de 14% para os confeccionados com RMT, quando comparados à mistura de referência.

Tabela 6 – Resistência à compressão axial do concreto (MPa).

Tipo de agregado	Idade do ensaio					
	3 dias		7 dias		28 dias	
	fc _m	CV (%)	fc _m	CV (%)	fc _m	CV (%)
100% de AMN	16.50	2.05	22.51	6.16	26.85	6.38
100% de RGT	15.38	6.12	23.89	2.46	28.99	2.20
100% de RMT	19.65	8.83	24.47	1.74	35.49	1.37

Através da ANOVA comprovou-se a significância estatística das variáveis relacionadas, a saber: tipo de agregado e idade do ensaio. A Tabela 7 apresentada à análise de influência dos fatores e suas possíveis interações, sendo possível concluir que o tipo de agregado provoca aumentos significativos na resistência à compressão axial ao longo do tempo.

Tabela 7 – Resultados da ANOVA em relação à resistência à compressão axial dos concretos.

Fator	F _{calc}	F _{0,05}	Significância
Tipo de adição	38.29	3.06	Sim
Idade	71.08	4.26	Sim
Tipo de adição x Idade	131.25	6.94	Sim

F_{calc} – Valor de F calculado

F_{0.05} – Valor tabelado de F para o nível de significância de 5%

3.4 Módulo de Elasticidade

O conhecimento do módulo de elasticidade é fundamental na análise das deformações elásticas ou viscoelásticas das estruturas de concreto. Ele é definido como sendo a relação entre a tensão e a deformação no regime elástico. No projeto estrutural baseia-se no fato de que ele representa a tensão máxima permissível que o material pode suportar, sem sofrer deformações permanentes, é uma expressão da rigidez do concreto no estado endurecido.

A tabela 8 apresenta os resultados obtidos nos ensaios.

Tabela 8 – Resultados obtidos nos ensaios de Módulo de Elasticidade.

Tipo de Agregado	Módulo de Elasticidade (GPa)	Coefficiente de Variação (%)
100% de AMN	28.82	5.24
100% de RGT	28.88	5.14
100% de RMT	50.47	2.18

Com relação ao módulo de deformação, a partir dos resultados mostrados na tabela 10 foi realizada a ANOVA para verificar se existe influência significativa do tipo de agregado, a Tabela 9 comprova o efeito significativo desse fator.

Tabela 9 – Resultados da ANOVA em relação ao módulo de deformação dos concretos avaliados.

Fator	Fcalc	F0.05	Significância
Tipo de adição	770.62	5.14	Sim

Baseado nos resultados observa-se um aumento significativo do módulo de elasticidade com o emprego do RMT, os concretos apresentam um ganho médio de 71% nas misturas em relação ao concreto de referência.

Os AMN apresentam partículas com formas visualmente mais arredondadas e também com textura mais lisa que os RMT. Isso tende a proporcionar maior formação de microfissuras entre agregado e pasta do que os RMT durante o ensaio, reduzindo os valores do módulo de elasticidade.

Verifica-se também que os resultados obtidos dos concretos com o emprego de RGT foram ligeiramente inferiores ao de referência. Os AMN propiciam maior volume de pasta devido a maior presença de material pulverulento que o RMT, o que favorece a porosidade da zona de transição, com maior índice de vazios, favorecendo a ocorrência de microfissuras na interface pasta-agregado, reduzindo o módulo de elasticidade.

4 ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE OCORRER REAÇÃO ALCALI AGREGADO

Constata-se na composição mineralógica do RMT a ausência de minerais que possam causar a reação álcali-agregado tais como: opala, calcedônia, cristobalita, tridimita, silicatos existentes nos feldspatos, folhelos argilosos, brucita e cálcario dolomítico.

Segundo HOBBS (1988), há uma tendência de expansão em concretos contendo maior quantidade de partículas finas que naqueles de partículas maiores. Em outras palavras, há indícios de que partículas menores produzam maiores expansões. O resíduo de mármore triturado utilizado neste estudo apresenta o módulo de finura de 2.75 o que corresponde a graduação média, portanto acredita-se que dificilmente o RMT produza reação álcali-agregado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

E, finalmente, a partir dos resultados obtidos, conclui-se:

A utilização de Rejeitos de Mármore Triturado (RMT) e de Rochas de Gnaiss Triturada (RGT) como agregados miúdos em concretos estruturais apresentam indicadores para a busca de alternativas técnicas, necessárias devido às restrições ambientais na exploração dos AMN.

As misturas de concreto com adição do RMT apresentaram um incremento na trabalhabilidade das misturas, sem desagregação ou exsudação excessiva do mesmo. Tal comportamento deve-se, principalmente, à baixa porosidade e absorção de água dos grãos do RMT. Em virtude disso, o agregado não absorve parte da água de amassamento e, conseqüentemente a consistência tende a ser mais fluida.

O emprego do RGT resulta, numa diminuição da trabalhabilidade da mistura. Este fato é comprovado através da dificuldade de homogeneização da mistura, devido ao efeito das

pequenas partículas do AMA difundidas na mesma, visto que este agregado miúdo artificial tem maior teor de material pulverulento do que os demais agregados estudados.

Constatou-se que as misturas com RMT apresentaram maior densidade de massa no estado endurecido que as demais misturas.

As misturas produzidas com RGT (maior teor de material pulverulento), apesar de apresentar menor densidade de massa do que as misturas com RMT apresentaram maior densidade de massa em relação ao concreto de referência (100% de AMN) utilizando-se o mesmo proporcionamento de materiais. Estes resultados demonstram que, além dos grãos de RGT possuir maior massa específica do que a areia natural, possivelmente, o aumento dos teores de finos, aumenta o grau de empacotamento do conjunto agregado e aglomerante.

Os traços contendo agregados miúdos triturados atingiram maiores resistências, destacando-se as misturas confeccionadas com o RMT, devido ao fato de possuírem maior densidade de massa no estado endurecido e, conseqüentemente menor teor de ar aprisionado.

Os valores da resistência à compressão axial tendem a crescer com o emprego do RGT e do RMT, resultando em valores de 9% a 14%, respectivamente, superiores aos do concreto de referência.

A absorção de água apresenta decréscimo de 15% com a incorporação do RMT em substituição ao AMN, devido à baixa absorção de água do RMT.

Nos concretos com RGT a absorção de água aumentou em 21% em relação ao concreto com AMN.

Analisando os resultados observa-se que os concretos com RMT apresentam maior módulo de elasticidade que os concretos com AMN. Já os concretos confeccionados com RGT não apresentaram aumentos significativos em relação ao concreto de referência (com AMN).

Os AMN apresentam partículas com formas visualmente mais arredondadas e também com textura mais lisa que os RMT. Isso tende a proporcionar maior formação de microfissuras entre agregado e pasta do que os RMT durante o ensaio, reduzindo os valores do módulo de elasticidade.

E mais, em virtude do uso do RMT, melhorar a trabalhabilidade do concreto, é possível reduzir o fator água/cimento, o que conduzirá a um aumento das resistências.

E, finalmente, face à variedade de intervalos granulométricos disponíveis do RMT, o rejeito beneficiado pode substituir com maiores vantagens o agregado miúdo natural.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas, NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação, Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 8522 – Concreto – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação, Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 9778 – Massa específica, índice de vazios e absorção de água por imersão, Rio de Janeiro, 1987.

_____. NBR 11578 – Cimento Portland composto, Rio de Janeiro, 1991.

_____. NBR 13280: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido, Rio de Janeiro, 1995.

_____. NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro, 2003.

Buest Neto, G. T. Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland. 2006. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006

Gonçalves, J. P. Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos. 2000. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2000

Hobbs, D. W. Alkali-silica reaction in concrete. 1. ed. London: Thomas Telford Ltd, 1988.

John, V. M. Reciclagem de resíduos na Construção Civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo: EPUSP, 2000. 113p.(Tese de Livre Docência).

McGeary, R. K. Mechanical packing of spherical particles. Journal of the American Ceramic Society. V. 44, p. 513-522, 1996.

Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. Concreto: Estrutura, propriedades e *materiais*. 1. ed. São Paulo: PINI, 1994.

Neville, A. M. Propriedades do concreto. (Tradução: Salvador Giammusso). 2. ed. São Paulo: PINI, 1997.

Pileggi, R. G. Ferramentas para o estudo e desenvolvimento de concretos refratários. 2001. 187f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2001.

Silva, N. G. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária. 2006. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006

Silva, N. G.; Buest, G. T.; Campiteli, V. C. A influência do filler de areia britada de rocha calcária nas propriedades da argamassa de revestimento. In: Seminário: O Uso Da Fração Fina Da Britage M. São Paulo. Anais... 2005, p. 1-12.

Concreto com o uso conjunto de dois resíduos: ACBC e o RCC

Juliana Petermann Moretti

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, São Paulo, Brasil
julianamoretti88@gmail.com

Almir Sales

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, São Paulo, Brasil
almir@ufscar.br

Fernando do Couto Rosa Almeida

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, São Paulo, Brasil
fernandocralmeida@gmail.com

Pedro Paulo Gromboni

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia de Materiais, São Carlos, São Paulo, Brasil
pedro_materiais@yahoo.com.br

Mariana Rezende

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, São Paulo, Brasil
marianarezende@uol.com.br

ABSTRACT: This study focus on the development of a new concrete produced with the combined use of sugarcane bagasse ash sand (ACBC) and construction waste (RCC) as partial substitute of natural aggregates. Concrete samples were produced with contents varying from 0% up to 50% of ACBC and RCC. Mechanical, physical and durability properties were analyzed. The results showed that the concrete sample with 30% of ACBC combined with 30% of RCC presented similar carbonation depth and decrease of 8% on compressive strength when compared to the reference concrete (without waste). It can be concluded that the use combined of ACBC and RCC as partial substitute of natural aggregates in concrete is possible, even though the decrease of strength. This reduction can be considered low compared to the possibilities of the application of this new concrete.

Keywords: waste, concrete, sustainability

RESUMO: Este estudo trata do desenvolvimento de um novo concreto produzido com o uso conjunto da areia de cinza do bagaço da cana-de-açúcar (ACBC) e dos resíduos de construção civil (RCC) em substituição parcial dos agregados naturais. Foram moldados corpos de prova de concreto com teores de substituição de 0% a 50% de ACBC e RCC, de forma conjunta e isolada, para a verificação das propriedades mecânicas, físicas e de durabilidade. Os concretos produzidos com 30% de ACBC em conjunto com 30% de RCC apresentaram profundidade de carbonatação similar ao concreto de referência (sem resíduos) e resistência à compressão com redução de 8%. Conclui-se que é possível indicar o uso conjunto da ACBC e do RCC como substitutos parciais de agregados naturais em concretos, pois a redução da resistência pode ser considerada baixa frente às possibilidades de utilização desse novo concreto.

Palavras-chave: resíduos, concreto, sustentabilidade

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é grande consumidora de recursos naturais. Sendo assim, o consumo das matérias-primas não renováveis deve ser reduzido para contribuir com o desenvolvimento sustentável. Dentro deste contexto, a reciclagem é uma opção por gerar novos produtos a partir dos resíduos, formando assim um ciclo produtivo fechado. Novas tecnologias

devem ser desenvolvidas para a realização de um processo de reciclagem eficiente e seguro que garanta ao produto final, o desempenho técnico adequado e custo competitivo para o mercado (Rocha & John, 2004).

A crescente geração de resíduos sólidos em todo o mundo é preocupante e exige estratégias de gestão que visem prioritariamente a sustentabilidade ambiental (Laurent, et al., 2014). As falhas nos processos de gestão e planejamento para a disposição dos resíduos têm gerado graves problemas urbanos e ambientais. A carência de áreas de disposição de resíduos, problemas de saneamento público e contaminação ambiental são alguns desses problemas (John, 2003).

O Brasil é o maior produtor de derivados da cana-de-açúcar no mundo (MAPA,2007). Durante o processo industrial para obtenção do caldo da cana, é gerado o bagaço; esse bagaço é queimado nas caldeiras das usinas para a cogeração de energia elétrica, gerando ao final a areia de cinza do bagaço da cana-de-açúcar (ACBC). A disposição final desse resíduo é um problema enfrentado pelos administradores das usinas. Para cada tonelada de bagaço queimado, são produzidos aproximadamente 24 quilos de ACBC (FIESP/CIESP, 2001). Na safra de 2013/14, está prevista a produção de cerca de 650 milhões de toneladas de cana, o que será capaz de gerar aproximadamente 3,8 milhões de toneladas de ACBC (CONAB 2013).

Outro grande gerador de resíduos é a indústria da construção civil. Na cidade de São Carlos, a taxa de geração per capita de RCC é elevada, e segundo Córdoba (2010) são gerados cerca de 3 kg/habitante.dia, sendo que a cada tonelada de resíduo sólido domiciliar são geradas 4 toneladas de resíduo da construção civil. A geração de RCC no município vem crescendo significativamente, segundo o levantamento realizado por Marques Neto (2003), no ano de 2002, a taxa de geração era de 1,93 kg/habitante.dia. Considerando os dados levantados por esses pesquisadores, ocorreu um aumento na geração de RCC de 55% entre os anos de 2002 e 2010.

Poon et al. (2013) verificaram que os índices de geração dos RCC são variáveis entre os países; na Espanha, Reino Unido, Austrália, Japão, Itália, Holanda e Finlândia, a geração de RCC corresponde a 70%, 50%, 44%, 36%, 30% 26% e 14% respectivamente, em comparação com a geração dos demais resíduos.

No Reino Unido, são reciclados aproximadamente 17% do RCC gerado, na Holanda este índice é de 75% (PONN et al., 2013). Todavia, o Brasil não apresenta bons índices de reciclagem do RCC, se todas as usinas instaladas no Brasil trabalhassem em sua capacidade máxima, apenas 4,5% do RCC gerado seria reciclado, (Miranda et al., 2013).

No entanto, essa situação de geração de resíduos em grandes volumes e disposição inadequada pode ser enfrentada por meio de soluções tecnológicas. A indústria da Construção Civil apresenta-se com um grande potencial para a diminuição de problemas dessa natureza, pela viabilidade da incorporação de resíduos nos materiais de construção (Rocha & Cheriaf, 2003).

Utilizados como matéria-prima em artefatos de concreto, os resíduos deixariam de ser causa primária de alguns problemas ligados à saúde pública e ao meio ambiente. Adicionalmente, tanto os custos finais de diversos componentes de concreto da construção civil, quanto os relativos à disposição desses subprodutos em aterros específicos poderiam ser substancialmente reduzidos.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: cimento Portland CP II E 32, areia natural, pedra britada, areia de cinza do bagaço da cana-de-açúcar (ACBC) coletada em uma usina sucroalcooleira localizada próxima a cidade de São Carlos e o

agregado reciclado proveniente de resíduos da construção civil (RCC) coletado na usina de reciclagem do município de São Carlos.

2.2 Padronização da ACBC e do RCC

As amostras de ACBC foram secas em estufa com temperatura de 100 ± 5 °C e peneiradas manualmente em peneira de malha quadrada de 4,8 mm para retirar as impurezas incorporadas (torrões, gravetos, folhas, bagaço). Para homogeneização das amostras foi realizada moagem em moinho tipo almofariz-pistilo, em porções de 0,150 kg por 3 minutos na rotação de 65 rpm. Na Figura 1 pode ser visualizado o aspecto da ACBC padronizada.

Foi utilizado o agregado graúdo proveniente de resíduos de concreto e argamassa (resíduo cinza). No laboratório, as amostras foram secas em estufa a 100 ± 5 °C e foi realizada uma triagem visual para a retirada de impurezas (cerâmica vermelha, solo, madeira e metais). Além das impurezas, o RCC apresentava variabilidade em sua composição granulométrica e partículas com dimensões superiores a 25 mm. A variabilidade granulométrica e as partículas com dimensões superiores a 25 mm poderiam prejudicar a moldagem dos concretos, diante disso, todo o material foi peneirado e foram descartadas as partículas que ficaram retidas na peneira de malha 19 mm e no fundo. Esse procedimento foi realizado com a finalidade de padronizar a granulometria do RCC (Figura 1).

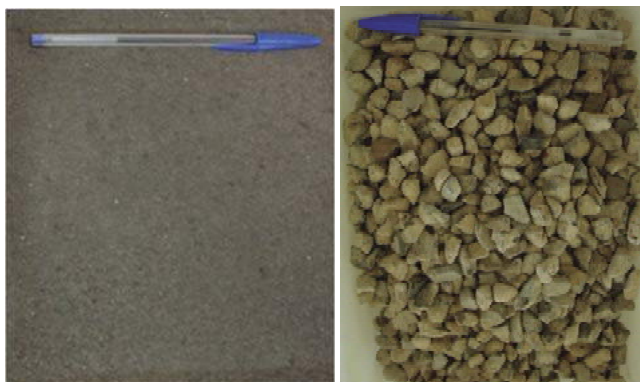


Figura 1 – ACBC (esquerda) e RCC (direita)

2.3 Caracterização dos materiais

Os resultados obtidos na caracterização dos materiais podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1- Valores obtidos na caracterização física dos agregados

Características	Unidade	Areia	ACBC	Brita	RCC
Massa específica	g/cm ³	2,33	2,60	2,85	2,46
Massa unitária no estado seco e solto	kg/m ³	1.531,3	1.424,9	1.484,5	1.302,8
Absorção de água	%	0,74	0,79	1,10	4,16
Dimensão máxima característica	mm	2,36	1,18	19	19
Módulo de finura	-	2,30	1,04	1,89	1,85
Zonas granulométricas	-	zona ótima	Não se enquadrou	9,5/25	zona granulométrica

Vale salientar que os ensaios foram realizados segundo as seguintes normalizações: NM 23 (AMN, 2000); NM 30 (AMN, 2001); NM 45 (AMN, 2006); NM 52 (AMN, 2009); NM 53 (AMN, 2002) e NM 248 (AMN, 2003).

2.4 Dosagem e moldagem

O estudo de dosagem dos concretos foi baseado no método da ABCP adaptado do ACI (American Concrete Institute). Este método é indicado para concretos de consistência plástica e fluida. A resistência de dosagem aos 28 dias foi de 31,6 MPa determinada pela Equação 1.

$$f_{c(28)} = f_{ck} + 1,65 * sd \quad (1)$$

onde:

f_{c28} = resistência de dosagem aos 28 dias

f_{ck} = resistência característica de 32MPa

sd = desvio padrão de 4MPa (materiais medidos em massa segundo a NBR 12655 (ABNT 2006))

Para determinar a dosagem ideal do traço referência (sem resíduos) foi utilizado como parâmetro a trabalhabilidade constante com abatimento de 70 ± 10 mm (indicado para um concreto plástico, sem uso de aditivos segundo a NBR 7223 (ABNT 1992)). A partir do valor alcançado do abatimento, foram realizadas mudanças no teor de argamassa e consumo de cimento a fim de encontrar a melhor dosagem. O consumo de cimento do concreto referência foi de 385 kg/m^3 e teor de argamassa de 53,4%.

A partir do traço de referência, foram realizadas as substituições dos agregados naturais pelos resíduos. Foram utilizados 30% de ACBC (em massa) em substituição da areia natural, e 30% e 50% de RCC (em volume) em substituição da brita. A substituição do RCC foi realizada em volume devido a menor massa específica do RCC em comparação com a da brita. Desta forma, se a substituição tivesse sido realizada em massa, haveria um volume maior de RCC e, devido ao alto teor de absorção de água do RCC, seria necessária uma quantidade ainda maior de água na mistura para produzir misturas equivalentes à referência. Essa metodologia de compensação foi utilizada por diversos pesquisadores (Vieira et al., 2003, Carneiro et al. 2014, Leite et al. 2013).

Posteriormente, foi determinado o tempo de pré-molhagem do agregado reciclado de RCC. O procedimento de pré-molhagem visou evitar que o agregado reciclado absorvesse parte da água de amassamento da mistura, comprometendo a trabalhabilidade do concreto. O tempo de pré-molhagem dos agregados reciclados foi de 10 minutos, tempo que corresponde à absorção de cerca de 50%, e nesta condição, o agregado apresentava-se semi-saturado. Segundo Buttler & Machado (2003) a presença de água no agregado reciclado faz com que grande quantidade de partículas de cimento fique aderida na superfície do agregado ocasionando melhor aderência pasta/agregado. Outra vantagem da pré-molhagem refere-se ao efeito da “cura interna” que ocorre no estado endurecido do concreto quando a água absorvida pelo agregado é mobilizada na matriz de cimento ocasionando a hidratação das partículas remanescentes de cimento não hidratado (Buttler & Machado, 2003).

Para manter a trabalhabilidade constante (70 ± 10 mm) dos concretos produzidos com a ACBC e o RCC, foi necessário realizar ajustes na relação água/cimento. Vale salientar que o abatimento foi mantido constante tendo em vista a não utilização de aditivos, evitando-se possíveis interferências dos aditivos na otimização das proporções da utilização conjunta e isolada dos resíduos em estudo. Essa metodologia é bastante utilizada entre pesquisadores que visam estudar a incorporação de resíduos em matrizes cimentícias sem o uso de aditivos (Lima et al., 2011; Tabsh & Abdelfatah 2009; Corinaldesi, 2009; CASUCCIO et al., 2008; Sales & Souza, 2009). Os parâmetros das dosagens obtidas em laboratório estão apresentados na Tabela 2.

Foram moldados corpos de prova de concreto com diâmetro de 100 mm e altura de 200 mm de acordo com as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2003). Após a moldagem, os corpos de prova permaneceram em cura imersa até a idade de ensaio.

Tabela 2 – Parâmetros de dosagem dos concretos estudados

Traços	Teor de ACBC	Teor de RCC	Composição do traço de concreto (em massa)						Abatimento (mm)
			Cimento	ACBC	Areia	RCC	Brita	a/c	
Referência	0%	0%	1,00	-	2,00	-	2,62	0,49	77
30ACBC	30%	0%	1,00	0,60	1,40	-	2,62	0,51	62
30RCC	0%	30%	1,00	-	2,00	0,68	1,83	0,50	65
50RCC	0%	50%	1,00	-	2,00	1,13	1,31	0,52	65
30ACBC30RCC	30%	30%	1,00	0,60	1,40	0,68	1,83	0,52	73
30ACBC50RCC	30%	50%	1,00	0,60	1,40	1,13	1,31	0,54	64

2.5 Ensaios para a verificação das propriedades físicas, mecânicas e durabilidade

Foram realizados ensaios de resistência à compressão axial segundo as especificações da NBR 5739 (ABNT, 1994), resistência à tração por compressão diametral segundo as especificações da NBR 7222 (ABNT, 1994), módulo de elasticidade segundo as especificações da NBR 8522 (ABNT, 1994), absorção de água, índice de vazios e massa específica segundo as especificações da NBR 9778 (ABNT, 1987), todos aos 28 dias, e também foi verificada a profundidade de carbonatação acelerada.

Para a realização do ensaio de carbonatação acelerada, os corpos de prova permaneceram sete dias em estufa para secagem com temperatura de 50 ± 5 °C e mais sete dias em sala climatizada com temperatura de 23 ± 1 °C, e umidade relativa do ar de $60\% \pm 5\%$ (período de sazonalidade). Após o sazonalidade, as amostras foram acondicionadas na câmara de carbonatação com teor de $15 \pm 5\%$ de CO₂, e umidade relativa entre 60% e 85%. Os ensaios para verificar a profundidade de carbonatação dos concretos foram realizados após 56 e 112 dias de acondicionamento. A avaliação da profundidade de carbonatação foi realizada pelo método calorimétrico seguindo as recomendações de RILEM (1984). Primeiramente os corpos de prova foram rompidos à tração por compressão diametral, e após o rompimento, uma solução de fenolftaleína (1% de fenolftaleína, 29% de água destilada, 70% de álcool isopropílico) foi aspergida na superfície das faces rompidas de cada corpo de prova. O hidróxido de cálcio adquire uma coloração rosada, enquanto a parte carbonatada permanece incolor.

A medição da profundidade de carbonatação foi realizada por meio de 10 medidas para cada superfície do corpo de prova (cinco medidas de cada lado), totalizando 20 medidas por corpo de prova (foram utilizados dois corpos de prova para cada traço) e 40 medidas por traço de concreto. Vale salientar que esta técnica é qualitativa e pode ser utilizada como método comparativo entre as amostras estudadas. Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão axial e profundidade de carbonatação dos concretos foram analisados pelo método ANOVA e teste de Tukey, com um nível de significância $\alpha = 5\%$ para as análises estatísticas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos ensaios para a determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica foram utilizados três corpos de prova para cada traço, e a média dos resultados podem ser verificados na Tabela 3.

Os concretos REF (referência) e 30ACBC apresentaram resultados médios de absorção de água e índice de vazios similares. Os traços produzidos com a incorporação do RCC apresentaram valores de absorção de água e índice de vazios superiores ao concreto de referência. Os traços com adição conjunta de ACBC e RCC (30ACBC30RCC e 30ACBC50RCC) apresentaram valores médios de absorção de água e índice de vazios levemente inferiores aos traços nos quais houve substituição apenas do RCC (30RCC e 50RCC), e desta forma, pode-se inferir que a ACBC preencheu os poros do RCC e conseqüentemente, reduziu a absorção e índice de vazios das matrizes.

Tabela 3- Resultados do ensaio de absorção de água, índice de vazios e massa específica.

Traços	Absorção (%)	Índice de vazios (%)	Massa específica (Kg/m ³)
REF	5,0	11,9	2374,3
30ACBC	5,0	11,9	2358,4
30RCC	5,7	13,3	2325,4
50RCC	5,7	13,2	2301,8
30ACBC30RCC	5,6	12,9	2310,7
30ACBC50RCC	5,5	12,6	2282,1

Todos os traços que foram produzidos com o RCC apresentaram valores de massa específica inferiores aos do concreto de referência. O agregado reciclado de RCC possui menor massa específica que a brita, ou seja, a substituição da brita pelo RCC contribuiu com a redução da massa específica desses concretos.

No ensaio de resistência à compressão foram utilizados quatro corpos de prova por traço, e no ensaio de resistência à tração e módulo de elasticidade foram utilizados dois corpos de prova por traço. Os resultados obtidos nesses ensaios podem ser verificados no gráfico representado pela Figura 3.

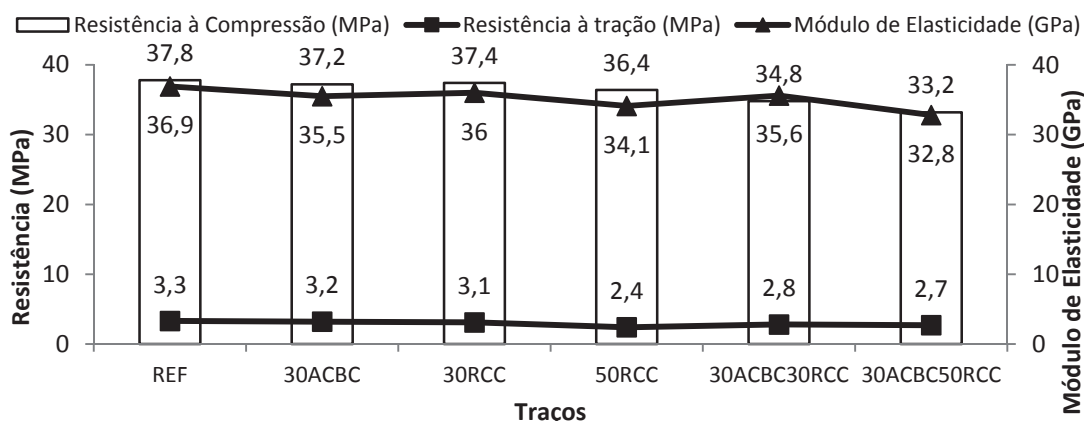


Figura 2 – Resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade dos concretos aos 28 dias.

Por meio da análise da variância pelo método ANOVA, pode-se afirmar que houve diferença significativa entre os valores médios de resistência à compressão aos 28 dias dos traços analisados. Por meio do teste de Tukey, pode-se afirmar que os traços 30ACBC, 30RCC e 50RCC apresentaram valores de resistência à compressão aos 28 dias estatisticamente similares ao do concreto referência. Porém, a utilização de 30% de ACBC conjuntamente com 30% e 50% de RCC (traços 30ACBC30RCC e 30ACBC50RCC) resultaram na redução da resistência à compressão desses concretos quando comparados com o concreto referência. Considerando o valor médio da resistência dos traços 30ACBC30RCC e 30ACBC50RCC, houve uma redução de resistência de 8% e 12% respectivamente, em comparação ao concreto referência.

Os valores obtidos no ensaio de resistência à tração por compressão diametral indicaram as seguintes relações: 9% sobre o valor da resistência à compressão para os traços REF e 30ACBC; 8% sobre o valor da resistência para os traços 30RCC, 30ACBC30RCC, 30ACBC50RCC; e 7% sobre o valor da resistência para o traço 50RCC. Segundo Mehta e Monteiro (2008), para concretos de média resistência a relação entre resistência à tração e a resistência à compressão é de 8 a 9%, ou seja, com exceção do traço 50RCC, os demais traços apresentaram as mesmas relações de resistência à compressão e tração indicadas na literatura.

Todos os concretos produzidos com resíduos apresentaram valores de módulo de elasticidade inferiores ao concreto de referência. A redução foi de menos de 4% para os traços 30ACBC,

30RCC e 30ACBC30RCC. Nos traços onde foram utilizados 50% de RCC, observou-se uma redução mais acentuada, sendo de 8% para o traço 50RCC e 11% para o traço 30ACBC50RCC.

A porosidade do agregado graúdo é uma das principais características que afetam o módulo de elasticidade do concreto, pois, quanto mais poroso o agregado, menor sua rigidez e também menor a capacidade do agregado restringir a deformação da matriz (Mehta & Monteiro, 2008). O RCC apresenta maior porosidade e menor densidade quando comparado à brita basáltica, fato que pode explicar o menor módulo de elasticidade obtido para os traços onde a brita foi substituída parcialmente pelo RCC.

Os valores médios da profundidade de carbonatação podem ser verificados no gráfico representado pela Figura 5.

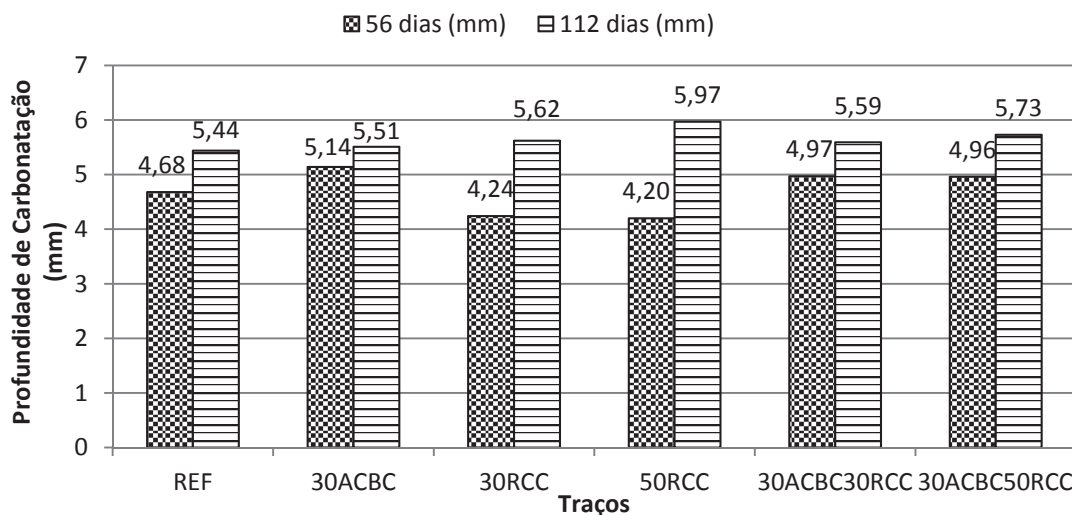


Figura 3 – Profundidade de carbonatação dos concretos aos 56 e 112 dias

Aos 56 dias, o teste de Tukey indicou diferença significativa entre o traço 30ACBC e o traço referência, ou seja, pode-se afirmar que a utilização de 30% de ACBC contribuiu com o aumento da profundidade de carbonatação do concreto. O teste também indicou diferença significativa para os traços 30RCC e 50RCC quando comparados ao concreto referência, e neste caso, a utilização de 30% e 50% de RCC contribuíram com a redução da profundidade de carbonatação dos concretos aos 56 dias. Os traços 30ACBC30RCC e 30ACBC50RCC apresentaram profundidade de carbonatação estatisticamente similares às profundidades obtidas para o concreto referência, ou seja, a utilização combinada da ACBC e RCC não interferiu na profundidade de carbonatação dos concretos.

Aos 112 dias, o teste de Tukey indicou que não houve diferença significativa entre os valores médios de profundidade de carbonatação para os traços 30ACBC, 30RCC e 30ACBC30RCC quando comparado com o traço referência. Os traços 50RCC e 30ACBC50RCC apresentaram maior profundidade de carbonatação que a profundidade obtida para o traço referência. Pode-se afirmar, com 95% de confiabilidade que a utilização de 50% de RCC contribuiu com o aumento da profundidade de carbonatação dos concretos aos 112 dias, e infere-se que a utilização da ACBC não interferiu nesta propriedade.

É possível verificar no gráfico representado pela Figura 5 que os traços 30RCC e 50RCC apresentaram maior evolução na profundidade de carbonatação quando comparados aos demais traços estudados. Nos traços onde foi utilizado a ACBC em conjunto com o RCC, foi verificado um menor avanço da frente de carbonatação quando comparado às frentes carbonatadas dos traços que utilizaram apenas o RCC (30RCC e 50RCC).

No estudo realizado por Lima et al. (2011), concretos com teores de 30% e 50% de ACBC apresentaram profundidade de carbonatação superiores ao concreto de referência. O avanço da frente de carbonatação para os concretos com ACBC pode ser explicado pela acidez das amostras de cinza, fato que contribui com a redução da alcalinidade do concreto. Nas análises realizadas por Lima et al. (2011), as amostras de ACBC apresentaram valores na ordem de 7,8 para o pH do solubilizado e de 4,96 para o pH do lixiviado.

Pereira et al. (2012) realizou um estudo sobre a durabilidade de concretos produzidos com teores de 20%, 50% e 100% de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado de RCC e para 3 diferentes níveis de resistência à compressão (20MPa, 30MPa e 40MPa), e concluiu que todos os concretos com agregados reciclados de 20MPa e 30MPa apresentaram profundidade de carbonatação inferiores aos valores obtidos para o concreto de referência.

No estudo realizado por Levy & Helene (2004), concretos produzidos com agregados reciclados apresentaram profundidade de carbonatação inferiores ao concreto referência, considerando os concretos que permaneceram acondicionados durante 28 dias em câmara de carbonatação acelerada. Os agregados reciclados são constituídos por argamassa de cimento, e desta forma, os concretos produzidos com esse agregado apresentam maior reserva alcalina, e essa reserva alcalina pode atuar como proteção da superfície do concreto contra a reação da carbonatação (LEVY & HELENE, 2004).

De modo geral, pode-se inferir que na idade de 56 dias, os concretos produzidos com o RCC apresentaram menor profundidade de carbonatação devido a maior reserva alcalina desses concretos provenientes dos agregados reciclados. Na idade mais avançada (112 dias), a estrutura mais porosa da matriz apresentou maior influência no fenômeno da carbonatação resultando em maiores profundidades de carbonatação para os concretos produzidos com o RCC.

4 CONCLUSÕES

A utilização isolada de 30% de ACBC (traço 30ACBC) e 30% de RCC (traço 30RCC) não afeta a resistência à compressão e a profundidade de carbonatação desses concretos.

Os concretos produzidos com a utilização conjunta de 30% de ACBC e 30% de RCC (traço 30ACBC30RCC) apresentaram profundidade de carbonatação similares ao concreto de referência e resistência à compressão com redução de 8%.

Por meio dos resultados obtidos, este estudo pode indicar a possibilidade do uso conjunto da ACBC e do RCC (traço 30ACBC30RCC) como substitutos parciais de agregados naturais em concretos, pois a redução da resistência pode ser considerada baixa frente às possibilidades de utilização dos concretos contendo esses resíduos.

O desenvolvimento desse novo concreto com o uso conjunto de ACBC e RCC poderá contribuir para o incremento de construções sustentáveis por meio de ganhos de ordem científica e tecnológica (novo material alternativo), ambiental (mitigação de resíduos e de aterros, e redução da extração de recursos naturais), e socioeconômica (alimentação das cadeias da construção civil e agronegócio).

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2003. *NBR 5738 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto*. Rio de Janeiro.

_____. 1994. *NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro.

_____. 2007. *NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro.

_____. 1994. *NBR 7222 – Argamassas e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro.

_____. 1992. *NBR 7223 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone*. Rio de Janeiro.

_____. 2008. *NBR 8522 – Concreto – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação*. Rio de Janeiro.

_____. 1987. *NBR 9778 – Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por imersão*. Rio de Janeiro.

_____. 1996. *NBR 12655 – Concreto – Preparo, controle e recebimento*. Rio de Janeiro.

Asociación Mercosur de Normalización (AMN). 2000. *NM 23 – Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da densidade absoluta*. 2000.

_____. 2001. *NM 30 – Agregado miúdo– Determinação da absorção de água*.

_____. 2002. *NM 45 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios*.

_____. 2003. *NM 52 – Agregado miúdo– Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água*.

_____. 2001. *NM 53 – Agregado graúdo– Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água*.

_____. 2003. *NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica*.

Buttler, A. M.; Machado, E. F. Jr. 2003. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – Influência da idade de reciclagem nas propriedades mecânicas dos concretos. In: *VI SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL*. 2003. São Paulo. Anais...São Paulo: IBRACON.

Carneiro, J. A., Lima, P. R. L., Leite, M. B., & Toledo Filho, R. D. 2014. Compressive stress–strain behavior of steel fiber reinforced-recycled aggregate concrete. *Cement and Concrete Composites*, v. 46, p. 65-72.

Casuccio, M.; Torrijos, M. C.; Giaccio, G.; Zerbino, R. 2008. Failure mechanism of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, v. 22, n. 7, p. 1500-1506.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. 2013. *Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar*. Primeiro levantamento da safra 2013/2014. Abr/2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&ordem=M%EAs/Ano%20da%20publica%E7%E3o>>. Acesso em: dez 2013.

Córdoba, R. E. 2010. *Estudo do sistema de gerenciamento integrado de resíduos de construção e demolição so município de São Carlos – SP*. 2010. 372f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

Corinaldesi, V. 2009. Mechanical behavior of masonry assemblages manufactured with recycled-aggregate mortars. *Cement and Concrete Composites*, v. 31, n. 7, p. 505-510.

FIESP/CIESP. 2001. *Ampliação da oferta de energia através da biomassa (bagaço da cana-de-açúcar)*, São Paulo: FIESP/CIESP, 90 p.

John, V. M. 2003. Cinzas e aglomerantes alternativos. In: *Tecnologias e materiais alternativos de construção / W. J. Freire, A. L. Beraldo (coord.) – Campinas: Ed. UNICAMP*.

Laurent, A., Bakas, I., Clavreulb, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., Hauschild M.Z., Christensen T.H. 2014. Review of LCA Studies of Solid Waste Management Systems – Part I: Lessons Learned and Perspectives. *Waste Management*, 34(3), 573-588.

Leite, M. B., do Filho, J. G. L. F., & Lima, P. R. 2013. Workability study of concretes made with recycled mortar aggregate. *Materials and structures*,46(10), 1765-1778.

Levy, S. M.; Helene, P. 2004. Durability of recycled aggregates concrete: a safe way to sustainable development. *Cement and Concrete Research*, v. 34, n. 11, p. 1975-1980.

Lima, S. A.; Sales, A.; Almeida, F. C. R.; Moretti, J. P.; Portella, K. F. 2011. Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão. *Ambiente Construído*, v. 11, n.2, p. 201-212.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2007. *Evolução da Produtividade da cana-de-açúcar no Brasil*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>.

Marques Neto, J. C. 2003. *Diagnóstico para estudo de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição do Município de São Carlos-SP*. 155f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. 2008. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 3ª ed. São Paulo: IBRACON.

Miranda, L. F., Ângulo, S. C., & Careli, É. D. 2009. A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil:1986-2008. *Ambiente Construído*, 9(1), 57-71.

Pereira, E.; Medeiros, M. H. F.; Levy, S. M. 2012. Durabilidade de concretos com agregados reciclados: uma aplicação de análise hierárquica. *Ambiente Construído*. vol.12, n.3, pp. 125-134.

Poon, C. S., Yu, A. T., Wong, A., Yip, R. 2013. Quantifying the Impact of Construction Waste Charging Scheme on Construction Waste Management in Hong Kong. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(5), 466–479.

RILEM. 1984. Concrete Permanent Comitee . RILEM Draft Recommendation - Measurement of hardened concrete carbonation depth CPC-18. *Materials and Structures*, v.17, n. 102, p. 435-440.

Rocha, J. C.; Cheriaf, M. 2003. Aproveitamento de resíduos na construção. In: *Utilização de Resíduos na Construção Habitacional* / Eds. J. C. Rocha [e] V. M. John. - Porto Alegre: ANTAC, 2003. – (Coleção Habitar, v.4).

Sales, A.; Souza, F. R. 2009. Concretos and mortars recycled with water treatment sludge and construction and demolition rubble. *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 6, p. 2362-2370.

Tabsh, S. W.; Abdelfatah, A. S. 2009. Influence of recycled concrete aggregates on strength properties of concrete. *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 2, p. 1163-1167.

Vieira, G. L.; Dal Molin, D. C. C.; Lima, F. B. 2003. Corrosão em armaduras de concretos obtidos com agregados reciclados da construção civil. In: *VI SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL*. 2003. São Paulo. Anais...São Paulo: IBRACON.

Zordan, S. E.; John, W. M. 2004. 2004. *Metodologia de avaliação do potencial de reciclagem de resíduos*. 2004. 11f. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo.

Design e produção de protótipos de componentes pré-fabricados elaborados com materiais de base florestal

João Victor Gomes dos Santos

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Departamento de Design, Bauru, São Paulo, Brasil.

joavoti@gmail.com

Tomás Queiroz Ferreira Barata

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Departamento de Design, Bauru, São Paulo, Brasil.

barata@faac.unesp.br

Marco Antônio Pereira

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Mecânica, Bauru, São Paulo, Brasil.

pereira@feb.unesp.br

ABSTRACT: This article discusses the development of prototype building components and structural connections with the use of local materials from renewable sources. Seeks to prove the constructive viability of these components as a sustainable alternative to full or partial replacement of conventional materials in construction. The research methodology is structured in three main aspects: application of concepts and strategies of sustainable design with the use of renewable sources, development process of product design using virtual models and experimental process of prototype production using joinery techniques. The results are presented: a) analysis of projects and similar products; b) survey of plantations of bamboo and lumber in the central region of São Paulo; c) development of the design process with support of virtual and parametric modeling; d) steps of production of physical prototypes with the use of bamboo *in natura* of *Guadua angustifolia* and *Dendrocalamus asper* species and roundwood of *Eucalyptus citriodora* species.

Keywords: sustainable design, construction materials, bamboo, wood

RESUMO: Este artigo aborda o desenvolvimento de protótipos de componentes construtivos e conexões estruturais com o emprego de materiais locais de fontes renováveis. Visa comprovar a viabilidade construtiva desses componentes como uma alternativa sustentável para substituição integral ou parcial dos materiais convencionais na construção civil. A metodologia da pesquisa está estruturada em três aspectos fundamentais, que são: aplicação de conceitos e estratégias do design sustentável com uso de materiais de fontes renováveis, processo de desenvolvimento do design de produtos com uso de modelos virtuais e processo de produção experimental de protótipos com uso de técnicas de marcenaria. Como resultados são apresentados: a) análise de projetos e produtos similares; b) levantamento de plantios e produtos de bambu e madeira serrada na região central do Estado de São Paulo; c) Processo de desenvolvimento do design com auxílio de modelagem virtual paramétrica e; d) Etapas de produção dos protótipos físicos com emprego de bambu *in natura* das espécies *Guadua angustifolia* e *Dendrocalamus asper* e madeira roliça da espécie *Eucalyptus citriodora*.

Palavras-chave: design sustentável, materiais de construção, bambu, madeira

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o desenvolvimento sustentável é uma realidade econômica na indústria da construção civil, com mercados em forte crescimento e uma tendência no aumento da demanda por materiais

e produtos ecologicamente adequados aos novos paradigmas do design, da arquitetura e da engenharia civil. A construção e o uso de edificação são as principais causas da demanda de energia e de materiais que produzem gases de efeito estufa. Para reduzir e então reverter com sucesso o aquecimento global e o esgotamento dos recursos naturais no planeta, a construção civil vem enfrentando novos desafios, tanto no que se refere ao emprego de materiais renováveis de base florestal, como no tocante à forma de pré-fabricação de componentes estruturais que utilizem técnicas menos impactantes para o meio ambiente (Keeler, 2010).

No Brasil, verifica-se uma situação florestal favorável no que se refere à elevada capacidade de produção de madeira proveniente de atividades silviculturais. O elevado potencial de emprego da madeira como material de construção, aliado ao conhecimento e a capacitação técnica de profissionais do setor da construção civil e da cadeia produtiva da madeira, pode favorecer o desenvolvimento e a produção, de forma sustentável, de edificações em madeira e demais materiais renováveis e de origem local, e em particular de componentes estruturais pré-fabricados. Contudo a certificação florestal de produtos e serviços florestais não-madeireiros ainda está em desenvolvimento. Segundo Shanley (2006) o bambu, a castanha-do-brasil, o ratan e o palmito são alguns identificados como bons candidatos à certificação. Produtores e ONGs como o Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola - Imaflo, um dos certificadores FSC (Conselho de Manejo Florestal) no Brasil, trabalham para a certificação desses produtos. O bambu, contudo, por ainda tratar-se de um material em ascensão no Brasil, sua oferta é pequena, os fornecedores estão dispersos e as informações à cerca da planta e da sua cadeia produtiva ainda estão sendo disseminadas, o que dificulta a sua normatização e certificação.

Além de possuir inúmeras vantagens como excelente relação resistência/densidade e bom desempenho como isolamento térmico, a madeira de reflorestamento apresenta-se como um substituto viável a outros materiais de maior impacto ambiental contribuindo para a preservação e a sustentabilidade das florestas nativas (Hansen, 2008).

Segundo Cardoso Jr (2000), Hidalgo (2003) e Obermann & Laude (2008) atualmente estão sendo desenvolvidas novas técnicas de conexões estruturais e ensaios com componentes de bambu, em busca de soluções que, de maneira eficiente, aproveite toda a capacidade de resistência mecânica do bambu da qual se pode destacar a resistência à tração, resistência à compressão e a resistência ao cisalhamento. Estas propriedades alcançam melhores condições de resistência quando utilizados colmos maduros e secos.

Dessa maneira, este trabalho visa comprovar a viabilidade construtiva de componentes e conexões estruturais com o emprego de materiais locais de fontes renováveis, especificamente, bambu *in natura* de grande diâmetro e madeira roliça proveniente de florestas plantadas como uma alternativa sustentável para substituição integral ou parcial dos materiais convencionais na construção civil. Como resultados são apresentados uma breve análise de projetos e produtos similares, um levantamento de plantios e produtos de bambu e madeira serrada na região central do Estado de São Paulo, o processo de desenvolvimento do projeto e as etapas de produção dos protótipos físicos dos componentes e das conexões propostas.

2 MATERIAS E MÉTODOS

A figura 1 apresenta a estrutura metodológica da pesquisa, que se divide em sete etapas: 1) Revisão bibliográfica; 2) Levantamento de Fornecedores; 3) Etapa de Projeto; 4) Processo de Produção; 5) Análise de Dados; 6) Reformulação do Projetos e; 7) Elaboração de relatórios conclusivos.

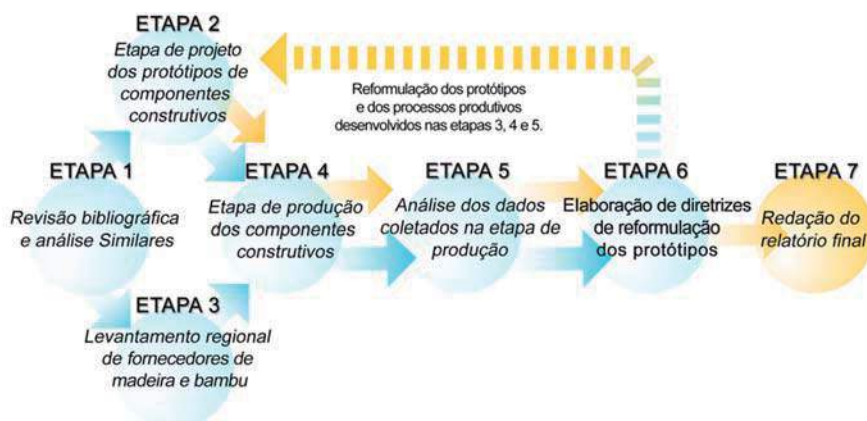


Figura 1. Fluxograma com as etapas metodológicas da pesquisa.

2.1 Materiais

Os materiais utilizados para confecção dos protótipos foram: bambu *in natura* (*Guadua angustifolia* e *Dendrocalamus asper*) com 10,5 centímetros de diâmetro em média, madeira roliça (*Eucalyptus citriodora*) de aproximadamente 8,0 centímetros de diâmetro, ferro chato de 2" x 1/4", tubo de aço de 1.1/2" x 3/20", vergalhão de 5/8", chapa de aço de 3/5" e ferragens (barra roscada, porcas, arruelas e parafusos). O bambu e a madeira foram cedidos pelo Projeto Bambu da Unesp, campus de Bauru e são provenientes da mata plantada da universidade destinada à pesquisas e projetos de extensão. Os demais materiais de construção foram adquiridos no mercado local.

2.2 Métodos

Os procedimentos metodológicos da pesquisa estão divididos em atividades de campo e em atividades laboratoriais e estão descritos a seguir: a) Processo de desenvolvimento de projeto com uso de software de modelagem virtual paramétrica; b) Extração e processamento do bambu; c) Processamento da madeira roliça; d) Processamento das conexões metálicas; e) Montagem dos protótipos físicos no Laboratório Didático de Materiais e Protótipos – LDMP (FAAC -UNESP) e no Laboratório de Processamento de Madeira e Bambu (FEB- UNESP) e; f) Aplicação de questionários com empresas do setor madeireiro e de bambu na região central do Estado de São Paulo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise de projetos e produtos similares

Nesta etapa foi executado um levantamento e análise de projetos que adotam o bambu como principal componente estrutural. Esta análise contribuiu para o estabelecimento de diretrizes para o desenvolvimento dos projetos como: utilização de materiais locais de fontes renováveis, processo de produção com equipamentos manuais de manejo simples e procedimentos de montagem e manutenção das conexões com alto grau de simplicidade.

A figura 2 apresenta uma construção executada na Colômbia na qual foi utilizado bambu da espécie *Guadua angustifolia*. O uso do bambu mais interessante a ser destacado é a utilização de três colmos que conectam dois elementos da cobertura em apenas um pilar. Contudo, observa-se que não somente a coluna, mas diversos outros componentes estão incorporados ao concreto, fator que não permite a troca dos colmos em casos de deterioração e também por facilitar o acúmulo de umidade nos pontos de intersecção.

Apesar dos testes resultarem em falhas nos protótipos, o projeto desta conexão (figura 3) é relevante para esta análise de similares. A transferência das forças é feita de maneira linear, paralelamente às fibras do bambu resultando em uma distribuição de forças estável. Este formato permite a transferência das forças para as camadas de fibras exteriores (mais fortes), além de prender o concreto no interior do colmo e evitar o aparecimento de rachaduras.

Contudo, a estética da conexão fica comprometida pelo excesso de elementos exteriores e pela adição do concreto que, segundo TÖNGES (2002), falhou nos testes dos protótipos.



Figura 2. Chinauta House, Fusugasugá, Colombia 2006 (Fonte: Zuarq Arquitectos).



Figura 3. Protótipos de conexões com bambu (Fonte: TÖNGES, 2002).

A estrutura apresentada na Figura 4 é composta por oito pórticos com pilares de bambu mosó (*Phyllostachys pubescens*), que conectam a viga de cobertura e o beiral, constituindo uma cobertura de proteção para a estrutura. Apesar dos elementos superiores serem conectados por barras-rosca e parafusos, a base do pilar é concretada à fundação, não permitindo a troca de colmos se necessário. Contudo, a base é elevada a 50 centímetros do solo para evitar o contato com a umidade. Outro fator a se destacar, é a utilização de anéis de borracha entre as arruelas e a superfície do bambu para reduzir as tensões entre os componentes.

A figura 5 mostra que edifício utiliza colmos de bambu apenas para sustentar o beiral dos corredores não exigindo alto nível de resistência. Apesar da simplicidade no design desta conexão cônica, o tipo do projeto exige que sejam executados componentes individuais para cada pilar e o mesmo vale para as bases de concreto, tornando o projeto dispendioso.



Figura 4. Detalhes do pórtico da Sede IBIOSFERA (Fonte: MARQUEZ, 2007).



Figura 5. El Guadual-Childhood Center, Feldman, Quiñones (Fonte: ORTEGA, CANO E ORTIZ, 2011).

3.2 Levantamento de plantios e produtos de bambu e madeira serrada

O objetivo deste levantamento foi analisar a situação do mercado regional de madeira e bambu no que se refere à quantidade de fornecedores e suas áreas de atuação, bem como as espécies cultivadas e processos de produção utilizados. Dessa maneira a procedência da matéria-prima e sua certificação não foram questionadas uma vez que o bambu ainda não possui certificação florestal. No total, foram formuladas dez perguntas para cada setor, contudo, para este artigo, foram selecionadas apenas as questões mais relevantes cujos resultados estão apresentados abaixo na forma de tabelas.

Tabela 1. Com qual (ais) espécie(s) de bambu sua empresa trabalha?

Respostas das empresas entrevistadas (Emp)										
Espécies	Emp 1	Emp 2	Emp 3	Emp 4	Emp 5	Emp 6	Emp 7	Emp 8	Emp 9	Emp 10
<i>P. aurea</i>		■	■		■		■		■	
<i>G. angustifolia</i>	■	■		■		■				■
<i>B. tuldoides</i>				■				■		■
<i>P. pubescens</i>						■			■	
<i>D. asper</i>	■	■							■	
Outras			■		■			■		

■ Trabalhamos muito com esta espécie (60% a 100%) | ■ Trabalhamos moderadamente com esta espécie (30% a 60%) | ■ Trabalhamos pouco com esta espécie (0% a 30%) | □ Não trabalhamos com esta espécie (em branco)

A tabela 1 apresenta os dados sobre qual espécie de bambu as dez empresas entrevistadas trabalham. Constatou-se que a espécie mais utilizada é o *Phyllostachys aurea*, em seis empresas e com um percentual de utilização de 60% a 100%, em três delas. Seguido pela espécie *Guadua angustifolia* em cinco empresas, com um percentual de utilização de 60% a 100%, em duas empresas.

Tabela 2. Quais os produtos comercializados pela sua empresa?

Respostas das empresas entrevistadas (Emp)										
Produtos	Emp 1	Emp 2	Emp 3	Emp 4	Emp 5	Emp 6	Emp 7	Emp 8	Emp 9	Emp 10
Mobiliário		■	■	■	■			■	■	■
Colmos	■			■	■	■		■		■
Estruturas	■			■	■	■		■		■
Mudas	■			■		■				
Artesanato		■	■				■			
Revestimento							■		■	■
BLC										■
Outros			■		■					

■ Comercializamos este produto | □ Não comercializamos este produto (em branco)

A tabela 2 apresenta os dados sobre os produtos comercializados por cada empresa, verifica-se que o maior número de empresas atua no setor de componentes para estruturas, com seis empresas, seguido pela atividade de produção de colmos, mudas e peças de artesanato. Observa-se que em apenas uma empresa foi registrado a produção de peças e artigos elaborados com BLC.

A tabela 3 apresenta os dados sobre qual espécie de madeira as dez empresas entrevistadas trabalham, a análise dos resultados apontam que a espécie mais utilizada é o *Eucalyptus citriodora*, com registro de oito empresas, seguido pela espécie *Pinus elliottii*.

A tabela 4 apresenta dados sobre quais os produtos comercializados pelas dez empresas pesquisadas. Observa-se que o produto, madeira serrada, é o que apresenta o maior número de registros (oito), seguido por produtos com maior valor agregado como portas, janelas e mobiliários.

Tabela 3. Com qual (ais) espécie (s) de madeira sua empresa trabalha?

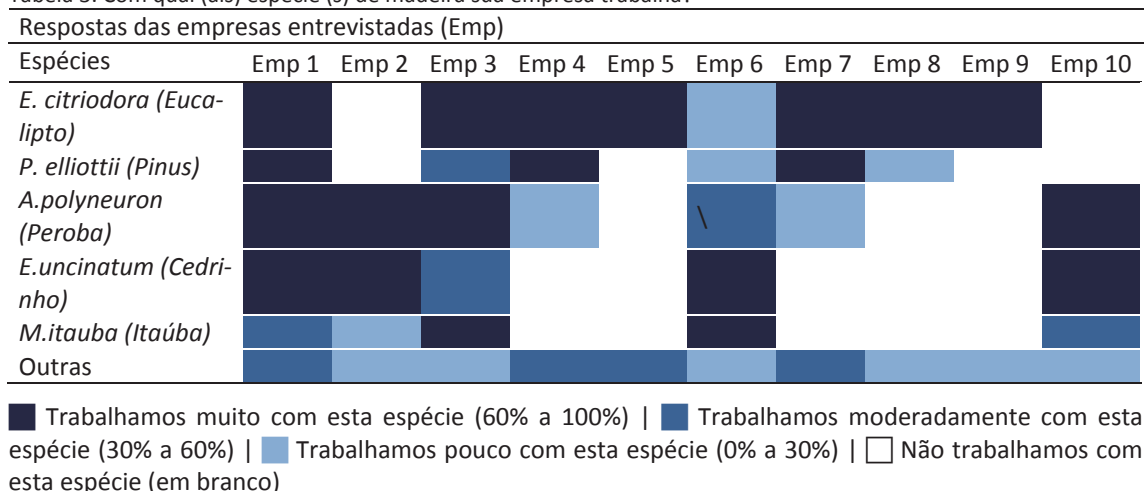
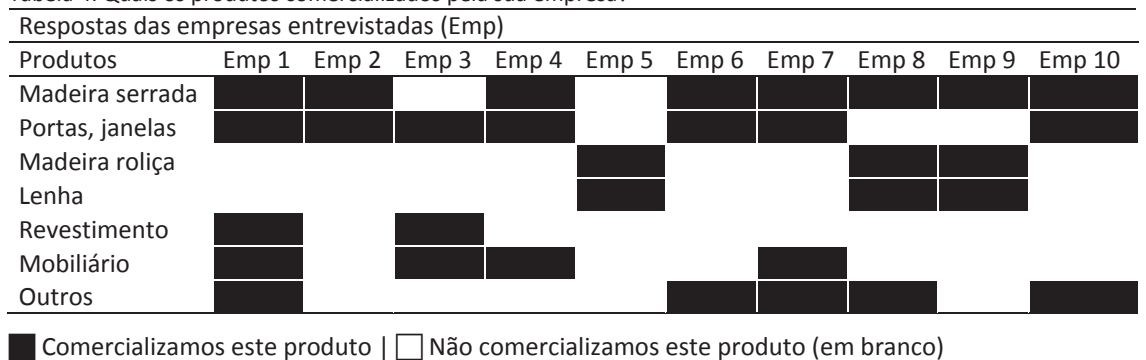


Tabela 4. Quais os produtos comercializados pela sua empresa?



3.3 Processo de desenvolvimento de projeto

A próxima etapa realizada foi a etapa de geração de ideias com desenvolvimento de alternativas na forma de esboços à mão livre. As ideias que atenderam as diretrizes estabelecidas pelo projeto foram encaminhadas para a fase de aprimoramento das ideias onde os esboços foram aperfeiçoados e analisados de maneira mais detalhada em busca de possíveis dificuldades na produção e aplicação. O esboço foi modelado em ambiente virtual e então foram aplicadas as dimensões aproximadas para análise comparativa de proporção e dimensionamento de ferragens. As três alternativas selecionadas foram detalhadas na etapa seguinte de prototipagem virtual. Além do software de modelagem virtual, foram também empregados softwares de edição de imagem, renderizadores e simuladores para estudos de implantação e ensaios físicos virtuais dos protótipos. Os protótipos virtuais passaram então para a etapa de detalhamento técnico, onde foram geradas peças gráficas com as dimensões de cada elemento, especificação de itens, quantificação de peças e outras

informações para a produção efetiva dos protótipos. A seguir, são apresentados na Figura 6, os esboços, a modelagem virtual e o detalhamento técnico de um dos três protótipos selecionados para a produção dos modelos físicos.

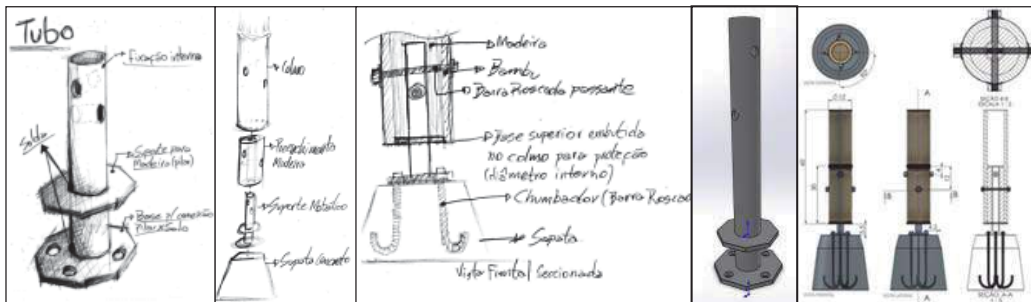


Figura 6. Esboços, modelagem virtual e detalhamento técnico do protótipo 3 (Fonte: do autor).

3.4 Processo de produção dos protótipos físicos

O processo de produção divide-se em quatro etapas principais que são: a) Processamento do Bambu; b) Processamento da madeira roliça; c) Usinagem dos componentes metálicos; d) Produção das bases de concreto.

Após a colheita, tratamento e secagem, os colmos foram cortados nas medidas ideais para a produção dos protótipos. Para facilitar o processamento, transporte e armazenamento dos protótipos, os colmos foram cortados com a dimensão de apenas um internó (aproximadamente 35 centímetros) conservando ambos os nós para garantir a resistência. A Figura 7 apresenta o processamento das peças de bambu *in natura* com auxílio de serra de fita para destopo e serra copo para retirada das paredes internas para fixação dos conectores metálicos.



Figura 7. Processamento das peças de bambu *in natura* (Fonte: do autor).

Em seguida foram selecionadas as peças de madeira roliça de baixo diâmetro para o preenchimento do entrenó do bambu (Figura 8). Nesta etapa do processamento da madeira foi empregado um torno, com o processo de usinagem a peça retificada adquiriu um diâmetro uniforme ao longo da sua seção.



Figura 8 – Processamento das peças roliças de madeira (Fonte: do autor).

O processamento dos componentes metálicos pode ser dividido em três etapas: corte das chapas, do tubo e do ferro chato, utilizando esmerilhadeira manual, furação do ferro chato e das chapas,

com furadeira de bancada e soldagem das peças com solda elétrica. As peças são previamente dimensionadas e marcadas, em um processo contínuo as peças são então cortadas com esmerilhadeira manual. Após o corte na dimensão correta, as chapas e ferro chato são furados na furadeira de bancada, com auxílio de brocas e serra-copo e então soldadas. As conexões metálicas foram produzidas com materiais de fácil aquisição no mercado local, foram utilizados ferro chato de 2" x 1/4", tubo de aço de 1.1/2" x 3/20", vergalhão de 5/8", chapa de aço de 3/5" e ferragens (barra roscada, porcas, arruelas e parafusos). A Figura 9 apresenta os processos de corte, furação e soldagem executados no LDMP/UNESP.



Figura 9. Etapa de usinagem dos componentes da conexão metálica (Fonte: do autor).

Para a produção das sapatas só foi possível de ser iniciada após a produção dos componentes metálicos, ou então com a utilização de gabaritos que possam fixar o componente metálico às barras curvas e ao molde. Dessa maneira, ao despejar a argamassa no molde, todos os componentes estão acomodados na posição correta. Após o período de secagem, que pode levar uma semana, a sapata está pronta para ser desafixada do componente metálico e então desmoldada. Para a produção das três sapatas foi utilizado um balde de 14,5 litros. Após a desmoldagem, o molde pode ser reutilizado para produzir outras sapatas (Figura 10).



Figura 10. Produção das bases de concreto e protótipos finalizados (Fonte: do autor).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos, comprovou-se a viabilidade da produção de conexões para pilares de bambu aliados à madeira e componentes metálicos, permitindo a criação de componentes resistentes, leves, baratos, ecologicamente corretos e de fácil produção. O desenvolvimento desta pesquisa também contribuiu para o aprimoramento do conhecimento à cerca do cultivo, manejo, processamento e aplicação do bambu *in natura* como material de construção, bem como o processamento de metais, de madeira e concreto. Permitiu também estabelecer uma referência da atual situação do mercado de bambu no estado de São Paulo e criar contato com demais pesquisadores da área e produtores de bambu.

Pode-se considerar que o bambu *in natura* das espécies *Guadua angustifolia* e *Dendrocalamus asper* é uma alternativa viável aos materiais de construção convencionais por se tratar de um material sustentável, renovável, de fácil trabalhabilidade, com baixo consumo de energia e emissão de resíduos na etapa de produção, além de possuir excelentes características físicas e mecânicas para aplicação estrutural. Os resultados obtidos possuem estética agradável, são leves e exigem pouca qualificação para montagem das peças ou mesmo produção dos componentes, o que facilita sua

pré-fabricação ou montagem em obra. Sua produção e montagem podem ser executadas com ferramentas simples e com materiais acessíveis, contribuindo para um baixo custo de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barata, T. Q. F. Propostas de painéis leves de madeira para vedação externa adequados ao zoneamento bioclimático brasileiro. 264f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – FEC/ UNICAMP, Campinas, 2008.

Cardoso JR., R. Arquitetura com bambu. 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

Ghavami, K.; Marinho, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, p.107-114, 2005.

Hansen, S. Gestão socioambiental: meio ambiente na construção civil. Florianópolis, SC: SENAI/SC, 2008.

Keeler, Marian; BURKE, Bill. Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. Trad. Alexandre Salvaterra. São Paulo: Artmed Editora S.A., 2010.

Manzini, E.; Vezzoli, C. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. Tradução: Astrid de Carvalho. 1 ed. 1 reim. São Paulo: Edusp Editora, 2005.

Obermann, T. M.; Laude, R. Bambu: recurso sostenible para estructuras espaciales. Medellín: Universidad Nacional de Colômbia, 2008.

Pereira, M. A. R.; Beraldo, A. L. Bambu de corpo e alma. Bauru: Canal 6, 240p. 2007.

Shanley, P.; Pierce, A.; Laird, S. Além da Madeira: A certificação de produtos florestais não-madeireiros. Centro de Pesquisa Florestal Internacional (CIFOR) - Forest Trends. 153 p. Belém, 2006.

Desenvolvimento de Produto: Pesquisa para Proposição de Produto com Características Sustentáveis

Marcos Martins Borges

Universidade Federal de Juiz de Fora, Mestrado em Ambiente Construído, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil
marcos.borges@engenharia.ufjf.br

Amanda Schelgshorn Pereira

Universidade Federal de Juiz de Fora, Mestrado em Ambiente Construído, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil
amanda_uai@yahoo.com.br

Eduardo Breviglieri Pereira de Castro

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil
eduardo.castro@ufjf.edu.br

ABSTRACT: This work is based on experimental research for the development of a photovoltaic *brise-soleil*. In this proposal, we seek to increase the energy efficiency of the photovoltaic module, when inserting fins for heat dissipation. For this, the technologies employed were identified and specific software used for virtual prototyping of products. The project was guided by a specific methodology for PDP, which developed concepts were validated and scored in a specific decision matrix. The component for heat dissipation was experienced in the laboratory with the help of thermographic camera, using as reference the SX 120 U photovoltaic module BP Solar Company. Later we performed study guided by prescriptive RTQ-C (2010) method, where we evaluated the energy efficiency of a building on the current situation, and in the hypothetical situation, after the virtual experimentation of photovoltaic *brise-soleil* on the north facade.

Keywords: Photovoltaics *Brise-Soleil*, Energy Efficiency, Heat Exchanger.

RESUMO: Este trabalho é baseado em pesquisa experimental para o desenvolvimento de um *brise-soleil* fotovoltaico. Nesta proposição, busca-se aumentar a eficiência energética do módulo ao inserir aletas para dissipação de calor. Para isto, foram identificadas as tecnologias empregadas, e utilizado software específico para prototipagem virtual de produtos. O projeto foi orientado por metodologia específica para PDP, onde os conceitos elaborados foram validados e ranqueados em matriz de decisão específica. O componente para dissipação de calor foi experimentado em laboratório com auxílio de câmera termográfica, utilizando como referência o módulo fotovoltaico SX 120 U da empresa BP Solar. Posteriormente, foi realizado estudo norteado pelo método prescritivo RTQ-C (2010), onde foi avaliada a eficiência energética de uma edificação em situação atual, e em situação hipotética, após a experimentação virtual do *brise-soleil* fotovoltaico na fachada norte.

Palavras-chave: *Brise-Soleil* Fotovoltaico, Eficiência Energética, Dissipador de Calor.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Pahl *et al.* (2005), as inovações são classificadas segundo o grau de originalidade, podendo ser radicais ou incrementais. As inovações radicais envolvem significativas modificações no projeto do produto, ao criar nova categoria ou família de produtos. Assim, são incorporadas novas tecnologias, materiais e processos de fabricação diferenciados, com o intuito de modificar expressivamente a inserção do produto no mercado. Tais inovações são eventos descontínuos e irregulares, que procuram solucionar novos problemas e incorporar novas tarefas.

Portanto, observa-se que a indústria, durante as últimas décadas, atravessou por profundas reestruturações produtivas, no qual a inovação e o *design* apresentam papéis fundamentais para a competitividade industrial (Naveiro & Gouvinhas, 2010).

Segundo a empresa brasileira de geração e distribuição de energia elétrica ELETROBRAS (2013), estima-se que 50% da energia elétrica produzida no Brasil são gastos na manutenção e operação de sistemas de conforto ambiental, o que propicia diversas propostas para a redução do consumo dessas demandas. Assim, a instalação de produtos para à eficiência energética pode representar uma economia de 30% em edificações já existentes. Em projetos novos é possível reduzir o consumo em 50%, adotando soluções eficientes desde a concepção da edificação. Neste sentido, observam-se boas oportunidades no desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao setor energético.

Portanto, este trabalho possui objetivo em projetar de um *brise-soleil* fotovoltaico, que contém inovação incremental. Para realização da proposta, foi revisada literatura específica. O projeto foi orientado por metodologia estruturada em desenvolvimento de produto, observando as fases de pré-desenvolvimento e projeto conceitual da metodologia dos autores Ulrich & Eppinger (2012), especialistas em P&D de produtos. Em seguida, foram gerados os modelos projetuais das peças do *brise-soleil*, através de modelador tridimensional paramétrico - Solidworks, realizando assim, análises de protótipos virtuais. Após a geração dos modelos, esses foram ranqueados em matriz de seleção específica da metodologia supracitada, a fim de selecionar a melhor opção para a elaboração do projeto final. Posteriormente, foi realizada experimentação em campo com a câmera termográfica Fluke TI 100 no modelo de referencia, utilizado no projeto, SX 120 U de silício policristalino da empresa BP Solar. Nessa experimentação, foram avaliadas as temperaturas das superfícies posterior e frontal do módulo fotovoltaico, em áreas onde foram colocadas aletas em alumínio para dissipação de calor, e em locais sem esse recurso. Isto para uma possível melhoria no desempenho energético, conforme descrito por Castro, 2008. Por fim foi realizado um estudo com a ferramenta RTQ-C (2010) (Requisitos Técnicos da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de Serviço e Públicos, metodologia brasileira para classificação de edifícios). Neste estudo, onde foi analisada uma edificação pública em sua situação real, e em situação hipotética, após a simulação virtual da colocação do produto estudado na fachada norte. Assim, o produto é experimentado virtualmente para observação de possíveis melhorias na eficiência energética.

Neste sentido, a metodologia desta pesquisa é de natureza aplicada: para investigar, comprovar ou rejeitar hipóteses levantadas. Portanto, pode ser classificada, conforme Prodanov & Freitas (2013), sendo aplicada; com objetivo exploratório, descritivo e experimental; e de abordagem qualitativa.

2 CONCEITOS ABORDADOS

A seguir, são apresentados alguns conceitos revisados, na literatura consultada, a fim de elaborar a pesquisa e desenvolver o *brise-soleil* fotovoltaico.

2.1 Desenvolvimento de Produtos

O processo de desenvolvimento de produto (PDP) pode ser definido como um conjunto de atividades que buscam conciliar as necessidades do mercado, as restrições tecnológicas existentes e as estratégias comerciais, para a criação, inovação, e aprimoramento de novos produtos. Seu principal objetivo é antecipar o lançamento de novas tecnologias, propondo soluções mais eficientes, que tenham qualidade e preço competitivo (ROZENFELD, *et al.*, 2006).

O PDP apresenta-se como uma atividade de grande complexidade que necessita na maioria dos casos, da integração entre equipes multidisciplinares. Este caráter multidisciplinar auxilia na produção de um projeto completo, que agrega diversas áreas de conhecimento. O processo exige

um esforço significativo para o gerenciamento das informações, necessitando desde conhecimentos explícitos em livros; tabelas e manuais, a conhecimentos implícitos referentes à experiência e habilidade do projetista. Observa-se no PDP, a elaboração de projetos incrementais para incorporação de pequenas modificações a um artefato já existente. Essas pequenas inovações reunidas transformam radicalmente o produto inicial (Borges, 2004).

Ulrich & Eppinger (2012) desenvolveram uma metodologia de caráter interdisciplinar, que incluiu a participação de estudantes de graduação em design industrial, engenharias, e estudantes de MBA. Essa proposta foi aplicada primeiramente no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), com publicação da experiência em 2000. Este modelo, o processo criativo é organizado nas fases de Planejamento, Desenvolvimento do Conceito, Projeto dos Sistemas, Projeto Detalhado, Refinamento e Produção *Ramp up*.

Outro ponto importante dessa metodologia, está na seleção dos conceitos. Nessa seleção, Ulrich e Eppinger (2012) apresentam uma matriz de avaliação, onde as soluções e oportunidades encontradas são ranqueadas e comparadas em relação a um conceito de referência. Assim, cada solução é avaliada dentro de parâmetros pré-estabelecidos, que são pontuados e multiplicados a pesos de importância. Ao final é realizado o somatório das pontuações obtidas e o ranqueamento das alternativas analisadas.

2.2 Brise-Soleils

Os *brise-soleils* controlam os efeitos diretos da radiação solar nas edificações, evitando assim a entrada excessiva de calor, luz e brilho solar. Assim, são utilizados para obter melhor controle luminoso e térmico, ao diminuir o ofuscamento dos raios solares e aumentar o sombreamento, favorecendo a redução de temperatura. Os *brise-soleils* colaboram para maior eficiência energética, pois auxiliam na redução de ar condicionado e outros equipamentos para o arrefecimento. Possuem diversas tipologias em lâminas móveis ou fixas, horizontais, verticais, ou em tramas, e são muito utilizados em prédios comerciais e institucionais no Brasil (Medeiros, 2012).

Para o projeto de *brise-soleils*, geralmente, utiliza-se a carta solar associada ao transferidor de ângulos, com o intuito de analisar a implantação da edificação, e representar graficamente a máscara de sombras formada por essa proteção. Portanto, a máscara é traçada pelos ângulos de sombra resultantes dos dispositivos colocados nas aberturas. Já os ângulos de sombra são medidos a partir de posições específicas do observador na abertura analisada, uma vez que, as proteções solares formam ângulos verticais (α) e horizontais (β) de sombreamento (Frota & Schiffer, 2001).

2.3 Células Fotovoltaicas

As células fotovoltaicas transformam diretamente a luz solar em energia elétrica ao produzir eletricidade na forma de corrente contínua, que posteriormente, é convertida em corrente alternada (Lechner, 2009; Roaf *et al.*, 2009). Atualmente, encontra-se no mercado grande variedade de células solares. Essas se encontram subdivididas em cristalinas e de película fina. Observa-se que percentualmente, 57% são policristalinas, 31,7% são monocristalinas, 3,4% de silício amorfo, 5,5% de telureto de cádmio e 2,4% disseleneto de cobre e índio (Cogen, 2012).

Constatam-se dois fatores capazes de alterar a eficiência nos fotovoltaicos: a temperatura do módulo durante a exposição solar, e a intensidade da irradiação solar incidente no material. Assim, observa-se que a tensão no interior de célula diminui com o aumento da temperatura, enquanto, a corrente sofre apenas variação pequena. Portanto, um aumento significativo de irradiação solar provoca o aumento de temperatura no material, diminuindo a eficiência. Por outro lado, a baixa irradiação solar também provoca diminuição na produção energética (Castro, 2008, Cogen, 2012).

Geralmente, os fabricantes de painéis fotovoltaicos especificam temperaturas ótimas de funcionamento. Porém, em países com grande incidência solar como o Brasil, as células alcançam facilmente 70°C, o que gera a redução de 20% na potência máxima em painéis policristalinos e de 10% em painéis de silício amorfo (Gogen, 2012).

3 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Inicialmente, foram avaliados os possíveis esforços gerados por ventos incidentes sobre a superfície do *brise-soleil*. Assim, foi realizada simulação virtual no programa paramétrico Solidworks, objetivando encontrar a resultante máxima gerada por velocidade média de 27,78 m/s ou 100 km/h, no eixo X, conforme Figura 1. Portanto, procurou-se projetar as peças do *brise-soleil* para resistir aos esforços provocados por forças aerodinâmicas.

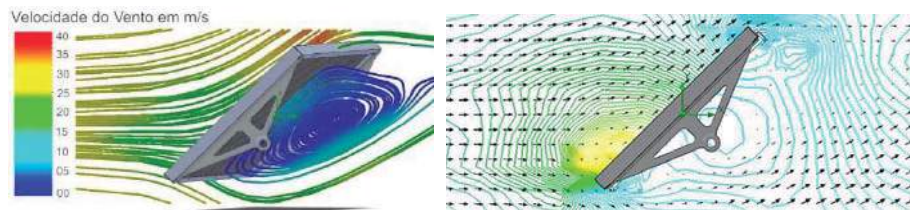


Figura1. Simulação de Ventos: Objetivo; Encontrar Esforços Máximos para Projeto de Peças Combatíveis.

Algumas peças do *brise-soleil* fotovoltaico foram projetadas em liga de Alumínio 1060. Essa liga possui preços competitivos no mercado brasileiro, sendo relativamente pura, além de muito dúctil quando recozida e indicada para deformação a frio. Outra característica está na boa resistência à corrosão (Abal, 2007).

Em geral, as estruturas metálicas são projetadas para assegurar limites de deformações elásticas, quando uma tensão é aplicada. Assim, o limite de escoamento representa a transição da fase elástica do material para a fase plástica (Callister, 2008). Deste modo, o limite de escoamento da liga de Alumínio 1060 é de 27,57 N/mm², a partir desse limite o material sofrerá deformações permanentes, vindo a romper a partir do limite de resistência a tração de 68,94 N/mm².

Outras peças do projeto foram propostas em Liga de Aço 1020, para construção mecânica. O aço 1020 possui carbono comum, seu custo benefício é bom, se comparado a aços similares, tendo excelente plasticidade e soldabilidade, muito utilizado na elaboração de componentes mecânicos e em algumas composições estruturais. Sua composição química varia de 18% a 23% de carbono; 30% a 60% de manganês; com até 3% de potássio e 5% de enxofre (Acelor Mittal, 2014).

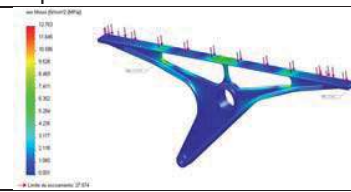

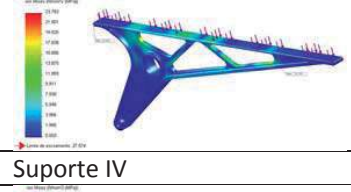



Figura2. Encaixes das Peças para formação do *Brise-Soleil*, Fotovoltaico Modelo SX 120 U /BP Solar (Referência).

3.1 Seleção das alternativas desenvolvidas para o suporte.

Na Tabela 1, são apresentados alguns modelos de peças projetadas e testadas no programa Solidworks, onde foram considerados carregamentos referentes a 500 N, retirados de simulação para resistência a vento, também realizada no programa supracitado.

Tabela1. Opções de Suporte para Placa Fotovoltaica – *Brise-Soleil*.

Suporte I	
	<p>As tensões de deformação aplicadas ao modelo chegaram em seu limite máximo a 12,7 N/mm². Isto demonstrou resultado satisfatório, em vista ao limite de escoamento de 27,57 N/mm² do material. Portanto, neste modelo ocorrerá apenas a deformação elástica.</p>
Suporte II	
	<p>Foi verificado que o carregamento de 500 N aplicado no suporte II gerou tensão máxima de 84,36 N/mm², acima do limite de escoamento de 27,57 N/mm² e ultrapassando o limite de ruptura do material de 68,94 N/mm². Assim, o suporte II apresentará quebra de estrutura.</p>
Suporte III	
	<p>A tensão máxima aproximou-se de 23,8 N/mm². Portanto, no suporte III não ocorrem deformações plásticas e estruturais.</p>
Suporte IV	
	<p>No suporte IV, o carregamento de 500 N gerou tensão máxima de 13,8 N/mm². Logo, este modelo não sofrerá deformações plásticas, limitando-se a deformações elásticas e deslocamento estático do objeto.</p>

A tabela 2, a seguir, exemplifica o procedimento de análise dos quesitos para a seleção de opções. Nesta matriz estão elencadas algumas características necessárias à qualidade dos suportes, exemplificados acima. Assim, são conferidos pesos, para multiplicação a pontuação, e posteriormente o somatório e a classificação final. Essa matriz de decisão disponível na literatura de referência da pesquisa, permite a comparação entre diversas alternativas de solução, organizadas nas colunas, com base em critérios de seleção, organizados nas linhas, que são construídos ao longo do processo de projeto e que podem atender a requisitos identificados no cliente principal do produto e também nas possibilidades e competências internas da equipe ou estrutura organizacional que desenvolve o produto. No caso da pesquisa desenvolvida, os critérios se basearam e foram adaptados para o caso de desenvolvimento de um produto no âmbito de uma dissertação de mestrado e de acordo com a infraestrutura disponível nos laboratórios que deram suporte à pesquisa. A matriz é balanceada, permitindo que cada critério de seleção tenha um peso em porcentagem compatível com sua importância no contexto do produto como um todo. Assim, para cada alternativa, existe a pontuação e seu valor balanceado correspondente (Ulrich & Eppinger, 2012).

Nessa análise, o suporte III foi identificado como a melhor solução para aplicação final. Isto ocorreu, principalmente, pelo design que permite melhor tomada de ar entre o *brise-soleil* e a edificação, uma vez que, o centro de encaixe do suporte III permite maior afastamento do objeto em relação ao plano de vidro do edifício. Porém, nota-se que essa solução deve ser melhorada, em vista a tensão-deformação de 23,8 N/mm², que está próxima ao limite de escoamento de 27,57 N/mm². Logo, para maior segurança no projeto, foram realizados ajustes na opção selecionada.

Tabela 2. Matriz Adaptada para Seleção de Peças – *Brise-Soleil* Fotovoltaico

Critérios de seleção	Peso	Suporte i		Suporte iii		Suporte iv	
		Pontos	Peso	Pontos.	Peso	Pontos	Peso
Facilidade Fabricação	5%	3	0,15	3	0,15	3	0,15
Facilidade Manutenção	5%	3	0,15	3	0,15	3	0,15
Peso	10%	3	0,30	4	0,40	2	0,20
Resistência Mecânica	25%	5	1,25	3	0,75	5	1,25
Resistência Mecânica a Ventos.	25%	5	1,25	3	0,75	5	1,25
Permitir circulação de ar.	25%	1	0,25	5	1,25	1	0,25
Pontuação	100%	3,35		3,45		3,25	
RANK		2		1		3	
Continua?		NÃO		DESENVOLVER		NÃO	

3.2 Brise-Soleil Fotovoltaico

Na figura 4, abaixo, é apresentada a proposta.

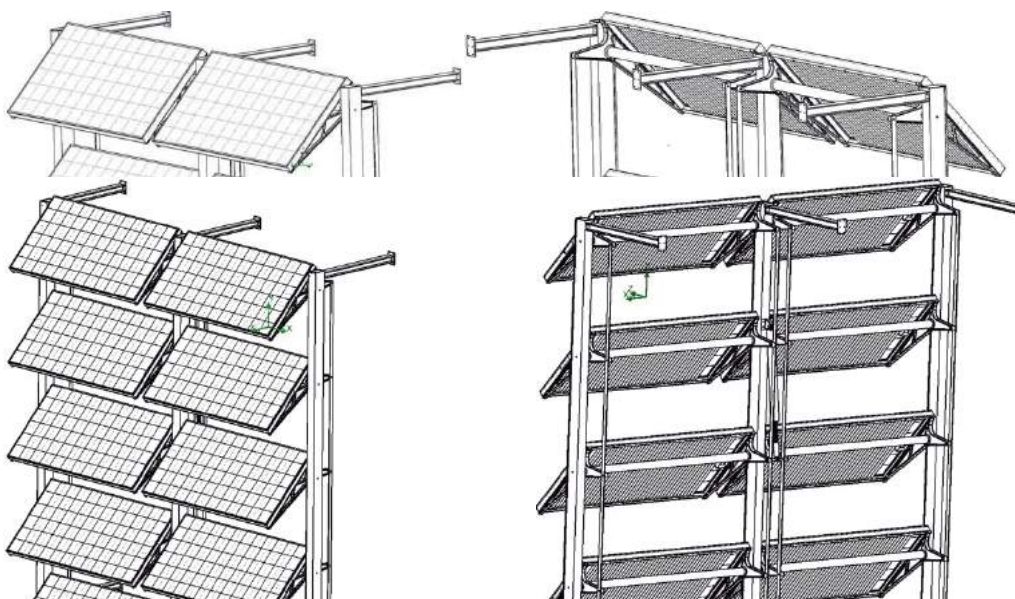


Figura 4. *Brise-Soleil* Fotovoltaico Montado

4 EXPERIÊNCIA COM DISSIPADORES

Foram utilizados perfis em alumínio no formado de U duplo para a formação de uma superfície para de dissipação de calor. Tais perfis foram encaixados de modo a permitir, a presença de um espaço sem o arranjo, para medição de alvos com e sem as aletas de dissipação, conforme Figura 5.



Figura 5. *Brise-Soleil* Fotovoltaico Montado. Fonte: Autores.

Neste artigo são apresentados os dados das experimentações realizadas no dia 20/03/2014, entre as 11 horas a 12 horas na cidade de Juiz de Fora (MG - Brasil). Nestes experimentos foi utilizada uma câmera termográfica Fluke TI 100, onde foram observados os índices de

emissividade dos respectivos materiais fotografados, e aplicada fita em Teflon para equiparação do índice do alumínio, em relação aos outros materiais.

Assim, na Tabela 3, é possível verificar os valores numéricos, referentes as variações de temperatura, ocorridas nas superfícies posterior e frontal fotografadas do módulo fotovoltaico SX 120 U, conforme indicações na Figura 6 a seguir.

Tabela 3. *Brise-Soleil* Fotovoltaico Montado, Após Teste de Cargas.

Temperaturas parte posterior do módulo fotovoltaico				
Imagens	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Temperatura média	Ponto alvo de medição
Imagem 01: sem aletas	53,5°C	56,8°C	55,0°C	54,9°C
Imagem 02: com aletas	46,8°C	48,5°C	47,5°C	48,2°C
Temperaturas parte frontal do módulo fotovoltaico				
Imagens	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Temperatura média	Ponto alvo de medição
Imagem 03: sem aletas	47,8°C	49,3°C	48,5°C	48,5°C
Imagem 04: com aletas	42,1°C	45,3°C	43,3°C	43,0°C

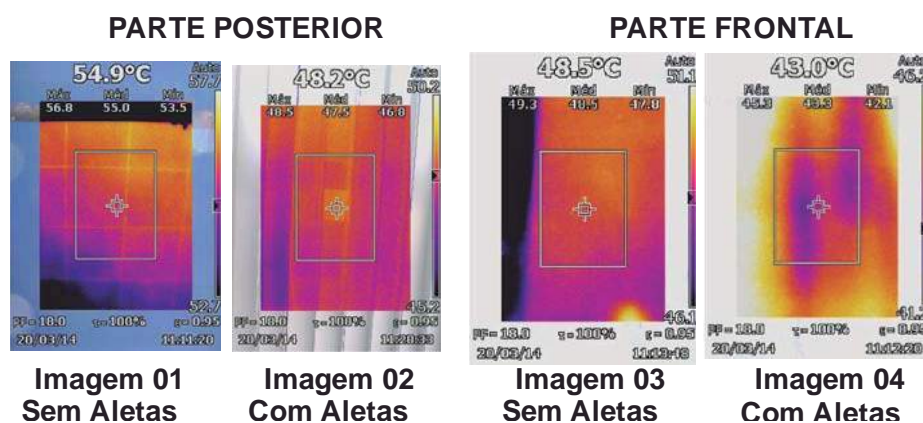


Figura 6. Fotografias Térmicas Parte Posterior e Frontal do Módulo SX 120 U.

Como verificado na tabela, a colocação das aletas permitiu a redução de temperatura de 5,5°C em comparação a alvos frontais com e sem as aletas de dissipação. Isto sinaliza a viabilidade de mecanismo para dissipação em fotovoltaicos, pois, com a redução de temperatura, pode suceder o aumento da eficiência, conforme observado anteriormente. Mediante os resultados obtidos, constatou-se que a colocação das aletas para dissipação de calor favorece a redução de temperatura na superfície frontal, e conseqüentemente, no conjunto, o que validaria esse conceito no projeto. Porém, nos experimentos devem ser realizados para melhor confirmação.

5 RTQ-C (2010)

No Brasil foram regulamentadas a Portaria do INMETRO nº 372 de 17 de setembro de 2010 e a Portaria nº449 de 25 de novembro de 2010, que objetivam estabelecer requisitos mínimos de eficiência energética para prédios comerciais, de serviço, públicos e residenciais. Estas portarias aprovaram a aplicação dos manuais técnicos denominados RTQ-C e RTQ-R (2010), desenvolvidos em parceria entre o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da Universidade Federal de Santa Catarina – SC / Brasil (LabEEE, UFSC), e entidades governamentais. Nestes manuais são encontrados métodos prescritivos e de simulação para a certificação de edificações, vinculada ao programa energético brasileiro PROCEL EDIFICA.

Observa-se, que o RTQ-C (2010) é utilizado em edificações com área útil total mínima de 500 m² ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3 kV, incluindo edificações condicionadas ou não, onde são classificados os sistemas de envoltória, iluminação artificial e ar condicionado.

Logo, todos os sistemas são avaliados individualmente em níveis que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente), e em seguida, são correlacionados numa equação única para a obtenção da classificação final, também variante de A a E. Por fim, foram observadas neste trabalho as inclusões realizadas pela Portaria Nº 299 de 19 de Junho de 2013 do Inmetro no RTQ-C (2010).

No estudo realizado com RTQ-C (2010), foi constatado que o consumo energético da envoltória (edificação da Justiça Federal, localizado na cidade de Juiz de Fora, MG - Brasil) encontrava-se em classificação D. Em situação hipotética, com a colocação do *brise-soleil* fotovoltaico proposto na fachada norte, modificou-se o índice de consumo para nível C, evidenciando a importância de elementos de sombreamento nesta edificação.



Fachada Norte

Fachadas Norte e Oeste

Figura 7. Edificação Simulada por Método Prescritivo RTQ-C (2010) – Justiça Federal – Juiz de Fora, MG, Brasil.

Em relação à classificação final obtida, a edificação alcançou classificação geral D em situação atual, e em situação hipotética índice C. A classificação obteve mudança de nível, em vista, a economia de 7,5% anuais, caso fosse colocada à proteção sugerida. Neste caso, foi estimado o consumo médio anual de 56.550 kWh da edificação, e a geração de 4.232,6 kWh anuais para 380 módulos fotovoltaicos.

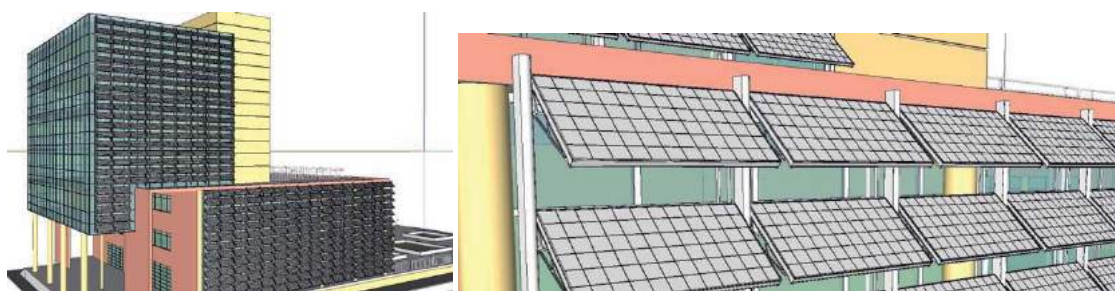


Figura 8 Simulação de Aplicação do Produto Estudado a Edificação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se aqui, a importância de metodologias estruturadas de projeto que incorporem ferramentas para gerenciamento de opções, e tomada de decisões. Tais metodologias poderiam ser utilizadas em conjunto a ferramentas computacionais de gestão e prototipagem virtual, o que facilita a avaliação e seleção de hipóteses elaboradas em projetos.

Destaca-se, o reconhecimento do RTQ-C (2010) com boa ferramenta de avaliação, principalmente, para projetos arquitetônicos que englobe em seus planos o uso racional de energia elétrica. Assim, esta ferramenta torna-se útil na validação de hipóteses, que são justificadas pelas indicações e recomendações contidas no manual.

Nas experimentações com aletas foi constatada a validade da proposição. Porém, novos estudos devem ser realizados para o aprofundamento dos conceitos abordados neste artigo, em vista de inúmeras possibilidades acerca da tecnologia fotovoltaica.

Por fim, como sugestão para novas pesquisas, é apresentada proposta referente ao refinamento das características e design do produto estudado, além das possíveis aplicações, em simulação experimental, nas edificações do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora, devido ao grande potencial energético da universidade.

REFERÊNCIAS

Abal (Associação Brasileira do Alumínio) 2007: *Fundamentos e Aplicações do Alumínio*. 1ª Ed. São Paulo: Editora Abal.

Borges, M.M. 2004: Proposta de um Ambiente Colaborativo de Apoio aos Processos de Ensino/ Aprendizagem do Projeto. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia de Produção). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ.

Callister, JR.; W.D. 2008: *Ciência e Engenharia de Materiais, uma Introdução*. 7ª Ed. Rio de Janeiro: LTC.

Castro, Rui M. G. 2008: *Introdução à Energia Solar Fotovoltaica, Energias Renováveis e produção descentralizada*. Pesquisa Acadêmica. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico. DEEC/Área Científica de Energia.

Cogen (Associação da Indústria de Cogeração de Energia): *Inserção da Energia Solar no Brasil*. São Paulo: GOPEN, 2012. Disponível em: <www.cogen.com.br/Solar/.../Relatorio_Final_GT_COGEN_SOLAR.pdf>. Acesso em: novembro de 2013.

ELETOBRAS: Selo Procel Edifica. Disponível em: <<http://www.eletobras.com/elb/procel/main.asp>>. Acessado em 29 de abril de 2013.

Frota, A.B.; Schiffer, S.R. 2001: *Manual do Conforto Térmico*. 5ª Edição. São Paulo: Studio Nobel.

Medeiros, I.D 2012: *O Brise-Soleil na Zona Bioclimática 3 sob Avaliação dos Requisitos Técnicos da Qualidade para Níveis de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). PROGRAU, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Naveiro, R.M. e Gouvinhas, R.P. 2010: *Projeto do Produto, Competitividade e Inovação*. In: ROMEIRO FILHO, E., et al.: *Projeto do Produto*. São Paulo: Editora Elsevier.

Pahl, G., et al. 2005: *Projeto na Engenharia: Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos, Métodos e Aplicações*. 6ª Ed. São Paulo: Edgard Blücher.

PRODANOV, C.C. E FREITAS, E.C. 2013: *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. 2ª Ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale.

Rozenfeld, H., et al. 2006: *Gestão de Desenvolvimento de Produto: Uma Referência para a Melhoria de Processo*. São Paulo: Saraiva.

RTQ-C, 2010: *Requisitos Técnicos da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos*. Anexo da Portaria INMETRO nº 372 / 2010.

Ulrich, K. e Eppinger, S. 2012: *Product Design and Development*. 5ª Ed. Nova York: Mcgraw-Hill Irwin.

Painéis de vedação em bambu: projeto, processo construtivo e patologias

Marco Antônio dos Reis Pereira

São Paulo State University-Unesp, School of Engineering, Mechanical Department, Bauru, São Paulo, Brasil
pereira@feb.unesp.br

Tomas Queiroz Ferreira Barata

São Paulo State University-Unesp, Design Department, Bauru, São Paulo, Brasil
barata@faac.unesp.br

ABSTRACT: With the increasing deforestation and pressure on tropical forests, it becomes increasingly necessary the search for renewable materials and solutions that alleviate in part this process. The use of bamboo as a construction material, replacing conventional materials such as wood, cement and bricks, can contribute to reducing the consumption of these. Bamboo is considered one of the oldest materials for housing, with excellent physical and mechanical characteristics. This paper deals with the use of bamboo for making panels for application in a single-family housing unit. The panels were made using woven bamboo slats that externally were coated with mortar. A prototype of the house with 50 m² was designed and built using these panels in its closure. The work presents the design and production of the panels used in housing and identifies the types and occurrences of pathologies.

Keywords: construction materials, bamboo, housing

RESUMO: Com o crescente desmatamento e pressão sobre as florestas tropicais, torna-se cada vez mais necessária à busca por materiais renováveis e soluções capazes de atenuar em parte este processo. A utilização do bambu como material de construção, substituindo materiais convencionais, como a madeira, o cimento e os tijolos, pode contribuir para a diminuição do consumo destes. O bambu é considerado um dos mais antigos materiais para habitações, apresentando excelentes características físicas e mecânicas. Este trabalho trata da utilização de bambus para a confecção de painéis de fechamento e aplicação em unidade habitacional unifamiliar. Os painéis foram confeccionados em duas faces com ripas trançadas de bambu e revestidos externamente com argamassa. Um protótipo de moradia com 50 m² foi projetado e construído utilizando os painéis em seu fechamento. O trabalho apresenta o projeto e a produção dos painéis utilizados na moradia e procura identificar a ocorrência de patologias.

Palavras chave: materiais de construção, bambu, habitações

1 INTRODUÇÃO

Ao se iniciar um novo século, a distância que separa economistas de ecólogos em sua percepção do mundo não poderia ser maior. Economistas olham o crescimento sem precedentes da economia global e do comércio e investimentos internacionais e vêem um futuro promissor em expansão contínua. Observam com orgulho justificável que, desde 1950, a economia global cresceu sete vezes, aumentando a produção de bens e serviços de US\$ 6 trilhões para US\$ 43 trilhões, em 2000, incrementando os padrões de vida em níveis antes impensáveis. Os ecólogos olham para esse mesmo crescimento e percebem que é produto da queima de gigantescas quantidades de combustíveis fósseis, artificialmente baratos, num processo que está desestabilizando o clima e o meio ambiente (Brown, 2003).

As pesquisas para desenvolvimento tecnológico de materiais e processos de construções sustentáveis receberam nas últimas décadas investimentos crescentes, estimulados por

agencias governamentais, instituições de pesquisa e pelo setor privado de diversos países, como estratégia para minimização do uso de recursos não renováveis, economia de energia e redução de perdas. Considerando que a indústria da construção civil, particularmente construção, operação e demolição de edifícios é a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente (International Conference Buildings And The Environment, 1997).

Historicamente, o bambu tem acompanhado o ser humano fornecendo alimento, abrigo, ferramentas, utensílios e uma infinidade de outros itens. Atualmente, estima-se que contribua para a subsistência de mais de um bilhão de pessoas. Igualmente importante ao lado dos usos tradicionais, tem sido o desenvolvimento de usos industriais do bambu (Sastry, 1999).

Com o crescente desmatamento e pressão sobre as florestas tropicais, bem como sobre as áreas de reflorestamento, torna-se cada vez mais necessária à busca por materiais renováveis e soluções alternativas capazes de atenuar em parte este processo. Hoje em dia, poucos duvidam que os problemas ecológicos vão condicionar cada vez mais o desenvolvimento, os processos industriais e os assentamentos humanos, sendo já considerado o século XXI como o século do meio ambiente. Assim, a busca por materiais renováveis e fontes energéticas não convencionais tem-se convertido em uma prioridade mundial neste início de século (Saleme & Viruel, 1995).

Nos últimos 50 anos o ritmo de devastação de florestas foi de 24.9 milhões de ha/ano, ou o equivalente a 47.41 ha/minuto, condição que deve contribuir também para o aumento da área cultivada de bambu no mundo que hoje é de cerca de 22 milhões de hectares (Zhou, 2000). Reportagem do jornal Folha de São Paulo (09/08/2002), cita dados da FAO onde são apresentados para o período de 1990 a 1997 uma velocidade de desmatamento equivalente a 12.17 ha/minuto.

Estudo divulgado pela Fundação SOS Mata Atlântica (2014) aponta desmatamento de 23,948 hectares (ha), ou 239 Km², de remanescentes florestais nos 17 Estados da Mata Atlântica no período de 2012 a 2013, um aumento de 9% em relação ao período anterior (2011-2012), que registrou 21,977 ha. Nos últimos 28 anos, a Mata Atlântica perdeu 1,850,896 ha, ou 18,509 km² – o equivalente à área de 12 cidades de São Paulo.

O bambu é considerado um eficiente fixador de carbono, convertendo-o através da fotossíntese em celulose, hemicelulose e lignina, com crescimento e colheitas rápidas, fibras longas e fortes e elevada resistência mecânica com um mínimo de gasto energético, tendo ainda, a possibilidade de se poder desenvolver todo um conglomerado industrial ao redor do bambu (Pauli, 1996, Pauli, 2001).

Devido a sua velocidade de crescimento, o bambu é o recurso natural que menos tempo leva para ser renovado, não havendo nenhuma espécie florestal que possa competir em velocidade de crescimento e aproveitamento por área (Jaramillo, 1992).

O decréscimo da quantidade e qualidade dos recursos florestais tem aumentado o interesse por materiais renováveis e de baixo custo como o bambu. Por se tratar de uma planta predominantemente tropical, perene, renovável e que produz colmos anualmente sem a necessidade de replantio, o bambu apresenta um grande potencial agrícola, com excelentes características físicas, químicas e mecânicas. Pode ser utilizado em reflorestamentos, na recomposição de matas ciliares, como protetor e regenerador ambiental, como ainda ser empregado em diversas aplicações ao natural ou após sofrer um adequado processamento. Porém o bambu ainda é pouco utilizado, quer seja pelo desconhecimento de suas espécies, de suas características e de suas aplicações, quer seja devido à falta de pesquisas específicas e à ineficiente divulgação das informações disponíveis. Nos últimos anos, no entanto, o bambu como matéria-prima fibrosa de natureza ligno-celulósica, vem se valorizando em decorrência de suas grandes possibilidades agrônômicas e tecnológicas. Por outro lado, a crescente escassez e valorização das espécies arbóreas (madeiras), têm contribuído para pesquisas visando o uso do bambu em diversas aplicações (Pereira & Beraldo, 2007).

Embora não se pense no bambu como uma solução exclusiva para os problemas relacionados ao meio ambiente e/ou à diminuição acentuada dos recursos florestais, ele pode ser considerado como uma alternativa de baixo custo a ser estudado. A exploração da cultura do bambu e sua cadeia produtiva podem beneficiar o meio ambiente, gerar renda e emprego e, desta forma, contribuir para fixar o homem ao campo. Em termos de produção pode servir a uma ampla gama de negócios, desde o pequeno artesanato local e agricultura familiar, até grandes empreendimentos. A cultura do bambu é condizente com preceitos de sustentabilidade, já que pode ser rapidamente implementada e explorada no campo e, se adequadamente manejado, pode ser utilizado geração após geração por longos períodos de tempo num mesmo local [Pereira, 2012]. Muito embora existam milhares de espécies de bambu espalhadas pelo mundo e o Brasil possua centenas de espécies nativas, o uso e o conhecimento básico de suas características e aplicações permanece pouco conhecido e difundido entre nós.

O Brasil apesar de ser um país de clima tropical e possuir cerca de 230 espécies nativas de bambu tem o uso deste material na construção ainda bem restrito. Até hoje as construções com bambu no território brasileiro se restringem as habitações de comunidades indígenas e a pequenos agricultores que não dispõem de recursos financeiros. No processo de colonização o país incorporou essencialmente o uso de materiais comuns na cultura Ibérica.

Este trabalho objetiva mostrar o projeto e a técnica de confecção de painéis com ripas trançadas de bambu para utilização no fechamento de moradias pequenas e/ou de baixo custo, bem como mostrar as condições atuais de uma habitação em bambu 18 anos após construída com esta técnica.

2 METODOLOGIA

Para mostrar a utilização do bambu no fechamento de moradia, com a utilização de painéis trançados com ripas, foram analisadas as condições de uma moradia com 50 m² construída a aproximadamente 18 anos com esta técnica na região de Bauru, SP, Brasil. A moradia utilizou painéis de dupla face confeccionados com ripas de bambu os quais foram utilizados no fechamento da casa. O painel de dupla face foi estruturado com um quadro feito de colmos de bambu, onde foram parafusadas as placas trançadas e para o pé direito foram utilizadas peças de eucalipto tratado. Externamente o painel/parede recebeu cobertura de reboco para proteção contra as intempéries e contra a entrada de insetos, sendo que internamente o painel de bambu foi deixado à mostra recebendo proteção com stain. Neste trabalho serão também apresentados o projeto e as principais etapas necessárias para a confecção dos painéis para fechamento, verificando ainda as possíveis patologias existentes no fechamento da moradia após 18 anos.

2.1 Espécies de bambu utilizadas e idade dos colmos

A escolha da espécie e a idade em que será colhido o bambu são fatores importantes para se produzir o painel e a estrutura. Para a confecção dos painéis com ripas trançadas são indicados bambus de parede fina como, por exemplo, as espécies *Bambusa tuldooides*, *Bambusa textilis bambusa oldhami*, entre outras, bastante comuns em nosso meio. Para a estrutura são indicados bambus de parede grossa como, por exemplo, as espécies *Dendrocalamus giganteus* e *Guadua angustifolia* entre outras, também comuns em nosso meio.

Para a confecção dos painéis e a estrutura em bambu são indicados colmos maduros, com idade mínima de 3 anos (Liese, 1998; Hidalgo Lopez, 2003; Janssen, 2000; Zhou, 2000 e CNBRC, 2001), pois a partir desta idade os colmos apresentam resistência mecânica adequada para uso. Isso possibilita também o manejo sustentável de moita, pois somente são colhidos colmos maduros, sendo deixados os colmos jovens (até 3 anos) na moita. A Figura 1 mostra moitas das espécies *Bambusa tuldooides*, *Guadua angustifolia* e *Dendrocalamus asper* respectivamente, existentes na Unesp.



Figura 1. Moita de bambu das espécies *Bambusa tuldooides*, *Guadua angustifolia* e *Dendrocalamus asper*

2.2 Confeção dos painéis

2.2.1 Obtenção de ripas

O painel foi produzido a partir do trançado das ripas que são retiradas dos colmos de bambu com a ajuda de uma ferramenta chamada “Chapeu Chines”, que é uma faca radial composta por 12 lâminas e que tem a capacidade de tirar até 12 ripas ou tiras de um colmo de uma só vez. A Figura 2 mostra a ferramenta utilizada para a obtenção das ripas. Para facilitar a retiradas das ripas, recomenda-se utilizar o bambu ainda verde (recém-colhido) com no máximo três dias.



Figura 2. Ferramenta para obtenção das ripas

Para facilitar o trançado dos painéis, as ripas passam pelo processo de retirada da parte interna da parede da ripa de bambu. Esta região constituída em sua maioria por células de parênquima é considerada menos resistente e devido à presença de amido mais atraente ao ataque de insetos xilófagos. A retirada é feita através de uma técnica popular em que se faz um corte no sentido longitudinal da fibra e com “puxões” se separa a casca (região mais resistente) do parênquima da ripa (região menos resistente). A Figura 3 mostra o processo de confecção das ripas.



Figura 3. Retirada da parte interna/parênquima das ripas.

2.2.2 Tratamento das ripas e colmos

Para a proteção contra insetos xilófagos, as ripas após serem obtidas são imersas em solução de octoborato (ácido bórico + borax) na concentração de 8%. Os colmos recém-colhidos a serem utilizados na estrutura, são igualmente submetidos a tratamento, através do método de substituição de seiva com o mesmo produto utilizando o sistema Boucherie modificado. A Figura 4 mostra os tratamentos efetuados.



Figura 4. Tratamento preservativo das ripas e colmos

2.2.3 Projeto e montagem dos painéis

Para exemplificar a utilização dos painéis trançados com ripas de bambu, foi projetado e montado um protótipo de painel de dupla face com 1.0 m² de área, semelhante ao utilizado na moradia, mostrando as etapas necessárias para sua confecção e as quantidades de ripas e de colmos de bambu utilizadas.

2.2.4 Caracterização e quantificação de patologias nos painéis

As patologias foram quantificadas visualmente *in loco*, internamente e externamente aos painéis, buscando verificar a ocorrência de rachaduras, defeitos e desgastes no revestimento cimentício externo. Internamente aos painéis, verificou-se a ocorrência de alterações de cor e forma na trama de bambu interna, bem como as condições de fixação do painel após 18 anos de sua utilização em moradia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Projetos dos painéis de vedação

Para a confecção do painel foi montado primeiramente uma estrutura/corpo com colmos de maior diâmetro e espessura, onde o painel de ripas trançadas foi fixado. Para maior estabilidade da parede e para possibilitar um maior isolamento e conforto, os painéis são construídos em dupla face. Como o bambu não deve ter contato direto com o sol e a chuva, os painéis tiveram seu lado externo revestidos com argamassa/reboco seguido de pintura e internamente os bambus foram deixados aparentes recebendo acabamento com o produto *stain*. A Figura 5 mostra esquematicamente o projeto das partes componentes do painel.

A Figura 6 mostra detalhes da junção do pilar de bambu, com a estrutura dos painéis dupla face confeccionada com ripas de bambu, onde se pode observar o bambu aparente internamente e a camada de revestimento em reboco externamente no painel. A figura mostra ainda detalhe de janela colocada no painel.

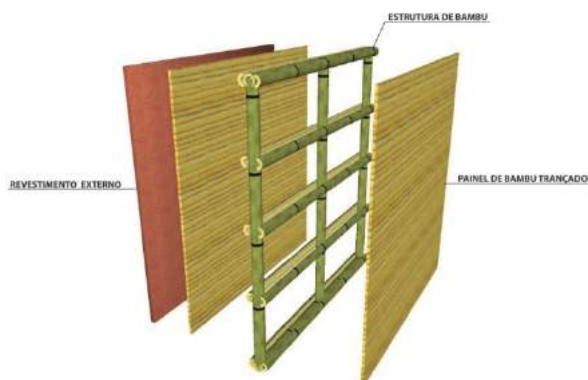


Figura 5. Partes componentes do painel



Figura 6. Junção da estrutura e painel – painel com janela

3.2 Processo de confecção dos painéis

O painel com 1.0 m² foi estruturado com ripas de dimensões de 1.0 m de comprimento e 20 cm (0.2 m) de largura, obtidas com a ferramenta de facas radiais, mostrada na Figura 2. Para cada 1.0 m² de painel foram necessárias 50 ripas dispostas na direção horizontal e 9 ripas na direção vertical totalizando 59 ripas. Como o painel é de dupla face, são então necessárias 118 ripas por m² de painel. Considerando colmos de bambu da espécie *Bambusa tuldooides* com diâmetros médios de 6 cm (0.06 m) e altura média útil de 6 metros de altura, de cada colmo podem ser obtidas cerca de 50 ripas nas dimensões anteriormente especificadas. São assim necessários 2.5 colmos para cada m² de painel a ser confeccionado. Uma moita de bambu desta espécie é capaz de fornecer em média 8 colmos maduros por ano. Num hectare (10,000 m²) é possível o cultivo de aproximadamente 240 moitas (espaçamento 7 x 6 m) de bambu desta espécie. Assim em um hectare cultivado pode-se produzir cerca de 1920 colmos anualmente, já que o bambu é uma cultura de produção anual. Desse modo o fechamento de uma moradia de 50 m² utilizou cerca de 5900 ripas de bambu, o que corresponde à colheita de 118 colmos, essa quantidade pode ser obtida com o manejo de 15 moitas. A Figura 7 mostra as etapas de trançado e montagem do painel.



Figura 7. Etapas de trançado das ripas e montagem do painel *in loco*.

3.3 Aplicação dos painéis em moradia

A Figura 8 mostra aspectos da construção da moradia na época de sua execução 18 anos atrás, mostrando a sua parte externa com a aplicação de reboco e depois de finalizada.



Figura 8. Moradia em construção e finalizada

3.4 Patologias nos painéis de vedação

Observa-se após 18 anos da construção da moradia que internamente os painéis de fechamento com ripas trançadas de bambu continuam em perfeito estado de conservação, não apresentando alterações de cor, forma e fixação, tendo recebido apenas aplicação de acabamento superficial com stain, resultando em aspecto visual atual muito agradável conforme se observa na Figura 10. Não foi observada também a presença de insetos xilófagos ou outros. Externamente a presença do beiral ajudou na durabilidade do reboco, não apresentando ao longo de 18 anos quaisquer sinais de desgaste, rachaduras ou soltura do reboque, sendo somente necessária a manutenção da pintura. Observa-se ainda que o reboco externo foi importante para evitar o contato do bambu com as intempéries assim como para evitar a entrada de insetos. A Figura 9 mostra o estado atual da moradia na sua parte externa e a Figura 10 mostra o estado atual da moradia internamente.



Figura 9. Estado atual externo da moradia



Figura 10. Estado atual interno da moradia

4 CONCLUSÕES

Após 18 anos de construção e uso, a moradia de 50 m² de área construída com fechamento utilizando painéis de dupla face com ripas de bambu, apresenta-se em perfeito estado de conservação, tanto externamente como internamente, não apresentando sinais aparentes de alterações físicas ou mecânicas. Por se tratar de uma tecnologia simples e de baixo custo, as técnicas de construção utilizadas com bambu podem ser uma alternativa interessante na construção de moradias populares, ao mesmo tempo em que a utilização do bambu pode ser uma opção ao emprego de materiais convencionais como madeira, materiais cerâmicos e cimentícios, podendo contribuir para se evitar o corte excessivo de árvores nativas e/ou de reflorestamento. Muito embora existam milhares de espécies de bambu espalhadas pelo mundo e o Brasil possua centenas de espécies nativas, o uso e o conhecimento básico de suas características e aplicações permanece pouco conhecido e difundido entre nós e, embora a utilização do bambu como matéria prima para construção no Brasil seja ainda incipiente e o uso deste material na construção ainda bem restrito, ele possui algumas vantagens que poderiam ser exploradas, pois além de ser um material de baixo custo, é uma cultura de produção anual, de rápido crescimento e cujas espécies tropicais aqui mostradas podem ser facilmente implantadas e cultivadas em grande parte de nosso país, excetuando o sul do país com clima mais frio. Além disso, as técnicas e processos artesanais empregados na confecção dos painéis não necessitam de mão de obra especializada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Área reforestada tem queda de 5% em SP. 09/09/2002. *Folha de São Paulo*. São Paulo. Folha Cotidiano, p.C1
- Brown, L. 2003. Eco-economia. EPI - Earth Policy Institute / UMA- Universidade Livre da Mata Atlântica.
- CNBR - China National Bamboo Research Center. 2001. Cultivation & Integrated utilization on bamboo in China. CBRC, Hangzhou, China.
- Fundação SOS Mata Atlântica. 2014. www.sosma.org.br . Acesso em 20/08/2014
- Hidalgo Lopez, O. 2003. Bamboo the gift of the gods. D'Vinni Ltda, Bogota, Colômbia. 553p.
- International Conference Buildings and the Environment, 2., 1997, Paris. Proceedings...: CIB Task Group 8; Environmental Assessment of Buildings. Paris.
- Janssen, J.J.A. 2000. Designing and building with bamboo. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), Technical report n.20. Beijing, China.
- Jaramillo, S.V. 1992. La guadua en los grandes proyectos de inversion. In: Congresso Mundial de Bambu/Guadua, Pereira, Colômbia.
- Kusak, V. 1999. Bamboo World : The growing and use of clumping bamboo. Australia: Kangaroo Press, 224 p.
- Liese.W. 1985. Bamboos - Biology, silvies, properties, utilization. Hamburgo: Eschborn, dt.Ges.fur.Techn. Zusammenarbeit (GTZ)., 132p.
- Pauli, G. 1996. Emissão Zero: A busca de novos paradigmas: o que os negócios podem oferecer a sociedade. Editora da Pontifca Universidade Católica do Rio Grande do Sul – EDIPUCRS, Porto Alegre, 312 p.
- Pauli, G. 2001. UP sizing: como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição. Porto Alegre, Fundação Zeri Brasil, 3 ed, 356p.
- Pereira M.A dos R. & Beraldo, A.L. 2007. Bambu de Corpo e Alma, Canal6, Bauru, S.P.
- Pereira M. A. dos R. 2012. Projeto Bambu: Introdução de Espécies, Manejo, Caracterização E Aplicações (Tese Livre Docência). Universidade Estadual Paulista-Unesp, Bauru, S.P.
- Saleme, H. & Viruel, S.C. 1995. Estructuras de bambu en la arquictetura moderna. In: JORNADAS SUDAMERICANAS DE INGENIERIA ESTRUCTURAL. Tucuman - Argentina.
- Sastry, C.B. 1999. Timber for the 21st Century. Inbar, 1999. Disponível em www.inbar.org.cn/Timber.asp.
- Zhou, F. 2000. Selected Works of Bamboo Research. Nanjing, China: Research Editorial Committee. Nanjing Forestry University, 164p.

Atributos de compósitos termoplásticos com detritos plásticos e vegetais

Bernardo Zandomenico Dias

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos, Vitória, Espírito Santo, Brasil
bernardozdias@gmail.com

João Luiz Calmon

Universidade Federal do Espírito Santo, Department of Civil Engineering, Vitória, Espírito Santo, Brasil
calmonbarcelona@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos, Vitória, Espírito Santo, Brasil
cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: This research aimed to investigate the implication in resistance to mechanical stress, water absorption, discoloration, oxidation and flammability, of inserting plastic and wood waste into the formulation of thermoplastic composites. The method used consisted of analysis of scientific papers published in the *Scopus* and *Web of Science* databases, prioritizing research published after the year 2000. Papers were grouped according to the type of composite analyzed (virgin or recycled, and with or without wood waste) and as to the properties studied. The result is an overview of the knowledge about some basic characteristics of the material verifying, e.g., that composites made from recycled polymers tend to discolor like those manufactured with virgin polymers, but have reduced resistance to oxidation what affects their useful life.

RESUMO: Esta pesquisa objetivou investigar a implicação na resistência aos esforços mecânicos, na absorção de água, na descoloração, na oxidação e na inflamabilidade, da inserção de resíduos plásticos e vegetais na formulação de compósitos termoplásticos. O método utilizado consistiu da análise de trabalhos científicos publicados nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, priorizando pesquisas divulgadas após o ano 2000. Os trabalhos foram agrupados quanto ao tipo de compósito analisado (virgem ou reciclado, e com ou sem resíduos vegetais) e quanto às propriedades estudadas. O resultado é um panorama do conhecimento atual a respeito de algumas características básicas do material verificando-se, por exemplo, que compósitos fabricados com polímeros reciclados tendem a descolorir de forma semelhante aos fabricados com polímeros virgens, porém têm a resistência à oxidação reduzida, o que afeta sua vida útil.

1 INTRODUÇÃO

Já empregados na construção civil para a confecção de pisos, mesas e bancos, por exemplo, os compósitos termoplásticos apresentam um grande potencial de absorção de resíduos, como os de origem plástica e vegetal, trazendo consigo a expectativa de reduzir a quantidade de lixo destinada aos aterros e de materiais virgens necessários à produção de novos componentes (Kazemi-Najafi et al. 2006).

Conforme Klyosov (2007), nos Estados Unidos, na produção de compósitos termoplásticos com madeira, ou Wood-Plastic Composites (WPCs), são amplamente empregados, a fim de substituir parte da matriz polimérica virgem, resíduos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), de Polipropileno (PP) e de Poli(Cloreto de Vinila) (PVC). Geralmente, resinas poliméricas produzidas a partir de resíduos plásticos, provenientes do lixo urbano, custam menos que resinas virgens, sendo a redução do custo final dos produtos um dos principais atrativos para o uso de resíduos plásticos (Adhikary et al. 2008).

Por sua vez, cargas vegetais são empregadas em larga escala em compósitos termoplásticos principalmente para substituir parte da matriz polimérica, variando algumas características do compósito para melhor, enquanto outras para pior, e barateando o produto final (Klyosov 2007). Segundo o autor, as cargas vegetais mais empregadas nos WPCs fabricados no Estados Unidos são: farinha de madeira, serragem e casca de arroz, sendo que estas cargas são tipicamente resíduos da indústria madeireira e da agroindústria.

Há também cargas vegetais que possuem o papel de melhorar consideravelmente algumas características mecânicas do compósito, que são as chamadas cargas reforçadoras (Azwa et al. 2013). Entre elas estão as fibras de cânhamo, juta, sisal e algodão. Estas cargas muitas vezes são resíduos de processos industriais, entretanto, devido à pouca quantidade existente ou ao elevado custo, ainda não são empregadas em larga escala (Klyosov 2007).

De modo geral, o emprego de resíduos plásticos e vegetais na produção de compósitos termoplásticos já ocorre em escala comercial. Porém, algumas de suas implicações ainda não são conhecidas ou não estão totalmente compreendidas, o que pode acarretar na escolha de um compósito com determinada composição para locais ou usos para os quais ele não seria recomendado, além de levar a comportamentos do material aos quais não se esperava.

2 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa, que faz parte de um trabalho maior, foi investigar a implicação na resistência aos esforços mecânicos, na absorção de água, na descoloração, na oxidação e na inflamabilidade, da inserção de resíduos plásticos e vegetais na formulação de compósitos termoplásticos.

3 METODOLOGIA

A primeira etapa do trabalho consistiu da busca por pesquisas científicas, realizada nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, priorizando trabalhos publicados após o ano 2000. Para isso foram adotadas palavras-chave como “wood plastic composites”, “polymer oxidation”, “wood plastic UV”, “wood plastic composites water absorption”, “wood plastic composites flammability”, “recycled composites”, “recycled composites oxidation”, e “recycled polymer water absorption”. As buscas foram feitas entre novembro de 2013 e julho de 2014, selecionando-se 23 títulos, em idioma inglês e português, sendo alguns de revisão de literatura e outros experimentais. Os trabalhos foram posteriormente agrupados quanto ao tipo de compósito analisado (virgem ou reciclado, e com ou sem cargas vegetais) e quanto às propriedades estudadas (resistência aos esforços mecânicos, absorção de água, descoloração, oxidação e inflamabilidade). Em seguida, foram feitas a análise das pesquisas selecionadas e as considerações a respeito da concordância ou discordância dos resultados encontrados em cada uma, além de possíveis explicações para as diferenças verificadas.

4 RESULTADOS

Agruparam-se os resultados segundo o tema estudado – resistência aos esforços mecânicos, absorção de água, descoloração, oxidação e inflamabilidade –, conforme a seguir detalhado.

4.1 Resistência aos esforços mecânicos

Há vários esforços aos quais componentes podem ser submetidos, como flexão, compressão axial, tração axial, punção, entre outros. Assim, determinadas variações na formulação de compósitos – tanto nos constituintes como em sua proporção – podem resultar em melhoria de resistência a determinado esforço, porém em piora de resistência a outro, tornando sua utilização apropriada apenas para determinadas situações (Klyosov 2007).

4.1.1 Resistência aos esforços mecânicos de compósitos termoplásticos fabricados com resíduos plásticos

Adhikary et al. (2008) realizaram testes de resistência à flexão e à tração, e também de avaliação do módulo de elasticidade nos quais compósitos fabricados com matriz plástica de PEAD virgem foram comparados aos fabricados com matriz plástica de PEAD reciclado. Nesse estudo analisou-se compósitos com as seguintes formulações: 100% PEAD; 60% PEAD e 40% farinha de madeira; e 50% PEAD e 50% farinha de madeira, em relação à massa total do compósito. Os autores chegaram à conclusão que os compósitos feitos com matriz plástica reciclada obtiveram desempenho semelhante estatisticamente aos feitos com matriz plástica virgem.

Outro estudo, realizado por Kazemi-Najafi et al. (2006), após a execução de ensaios mecânicos (dentre eles resistência à tração, à flexão e ao impacto Izod, e ao módulo de elasticidade) com compósitos fabricados a partir de PEAD e PP de origem virgem e reciclada, também relata que os resultados dos ensaios de resistência à tração e à flexão, e de módulo de elasticidade encontrados foram estatisticamente semelhantes. Já para o impacto Izod, os compósitos com matriz plástica virgem e reciclada de PP apresentaram desempenho estatisticamente iguais, diferentemente dos compósitos com matriz de PEAD, cujas maiores resistências foram as dos elementos com matriz plástica virgem.

Beg & Pickering (2008), em sua pesquisa, realizaram ensaios de resistência à tração e ao impacto Charpy, e de módulo de elasticidade com componentes feitos 100% de PP virgem ou reciclado. Primeiramente, o componente produzido a partir de resina virgem era testado mecanicamente e, em seguida, passava por um processo de reciclagem (que incluía aquecimento e depois resfriamento do material) para produzir um novo elemento similar ao anterior que, por sua vez, era testado mecanicamente e passava por um novo processo de reciclagem para produzir um novo elemento similar aos anteriores. Esse ciclo se repetiu até que o plástico chegasse à 8ª reciclagem. Com os dados dos ensaios mecânicos os autores mostram que a resistência à tração e o módulo de elasticidade dos componentes se mantinham estatisticamente iguais após cada ciclo de reciclagem. Entretanto, no teste de resistência ao impacto Charpy, a cada reciclagem realizada o valor obtido era inferior ao anterior, ou seja, a resistência do componente diminuía com o aumento do número de reciclagens. Segundo os autores, isto pode ser devido à redução da massa molecular do PP causada pelos processos de reciclagem. Também ressaltam que a reciclagem de compósitos expostos às intempéries deve ser estudada, já que as reciclagens feitas no estudo ocorreram sem esse fator, não representando as situações reais.

Kazemi-Najafi (2013), em revisão de literatura, corrobora com os resultados citados anteriormente, mostrando vários estudos com compósitos fabricados a partir de plásticos reciclados que indicam uma não variação, em termos estatísticos, do desempenho aos esforços de tração, flexão e do módulo de elasticidade dos componentes, e um decréscimo em sua resistência ao impacto.

Assim, as pesquisas mostram que o uso de resíduos plásticos na produção de compósitos tende a não alterar o módulo de elasticidade e as resistências à flexão e à tração, porém, tende a reduzir sua resistência ao impacto.

4.1.2 Resistência aos esforços mecânicos de compósitos termoplásticos fabricados com cargas vegetais

Adhikary et al. (2008) realizaram ensaios de resistência à flexão e à tração, e de módulo de elasticidade em compósitos com matriz plástica de PEAD e farinha de madeira. Os dados dos testes mostram que quanto maior a quantidade de carga vegetal presente na formulação do compósito menor é sua resistência à flexão e à tração, porém, houve aumento do módulo de elasticidade com a inserção de farinha de madeira em sua composição. No entanto, os autores ressaltam que a queda na resistência à tração e à flexão dos compósitos é devida à má aderência

entre a matriz plástica e a carga vegetal, que pode ser melhorada com o uso de aditivos denominados agentes acoplantes.

Kuo et al. (2009), após a realização de ensaios de resistência à flexão e à tração em compósitos com matriz polimérica de PP com diversas quantidades de farinha de madeira (0%, 28%, 47%, 52%, 56% e 66% da massa total do compósito), mostram que os compósitos com farinha de madeira que apresentaram melhor desempenho no ensaio de resistência à tração possuíam valores de resistência acima dos que eram 100% PP, mas muito próximo a estes. No entanto, os elementos feitos 100% de PP foram os que obtiveram menor resistência à flexão, enquanto os compósitos com 47% de farinha de madeira foram os que alcançaram maior resistência a este esforço. Em todos os compósitos utilizou-se 6% de aditivos, sendo 3% de estereato de zinco como lubrificante – que auxilia no processamento e fabricação dos compósitos (Butylina et al. 2012a) – e 3% de PP modificado com Anidrido Maléico (MAPP) como agente acoplante. Segundo os autores, os dados sugerem que a quantidade ótima de farinha de madeira em compósitos, considerando as propriedades mecânicas, deve ser no máximo 50% de sua massa total.

Já Stark & Rowlands (2003) realizaram ensaios de resistência à flexão e à tração, e de módulo de elasticidade em compósitos com nove formulações: 100% PP; 80% PP e 20% farinha de madeira; 80% PP e 20% fibra de madeira; 60% PP e 40% farinha de madeira; 60% PP e 40% fibra de madeira (em relação à massa total do compósito); e outros quatro tipos com a mesma composição que os quatro últimos citados, porém com a presença de agentes acoplantes (MAPP). Ressalta-se que a fibra de madeira se diferencia da farinha de madeira por seu formato alongado, visto que a farinha de madeira possui formato tendendo ao granular. Os resultados dos ensaios mostram que com o aumento da quantidade de carga vegetal (tanto farinha quanto fibra de madeira) presente nos compósitos registrou-se aumento da resistência à flexão e do módulo de elasticidade, porém, diminuição da resistência à tração. Por outro lado, quando os agentes acoplantes foram inseridos, ocorreu um crescimento significativo estatisticamente das três propriedades avaliadas com o aumento da carga vegetal. Este crescimento foi maior ainda para os compósitos com fibra de madeira.

Desse modo, apesar de alguns estudos apresentarem resultados opostos, observa-se uma tendência de aumento da resistência à flexão e do módulo de elasticidade, e de diminuição da resistência à tração dos compósitos com o aumento da carga vegetal em sua composição.

Ressalta-se que compósitos com cargas vegetais em forma de fibra de modo geral apresentam resistência à flexão diretamente proporcional à quantidade de fibras empregadas em sua composição (Klyosov 2007), exibindo desempenho superior aos elementos puramente plásticos e, também, superior àqueles que possuem cargas vegetais em formato tendendo ao granular, como serragem e farinha de madeira que, por sua vez, podem causar uma queda na resistência do compósito a esse esforço (Stark & Rowlands 2003, Klyosov 2007).

4.2 Absorção de água

Elementos feitos exclusivamente de plástico praticamente não absorvem água. Porém, quando são utilizadas cargas minerais e, principalmente, cargas vegetais em sua formulação pode haver uma elevação acentuada da absorção de água do compósito (Klyosov 2007). A água é absorvida pelos compósitos através de seus poros e canais, e por capilaridade, podendo causar nas peças consequências como: variação dimensional, que pode resultar em ondulações do elemento e pressão sobre componentes adjacentes; redução da resistência mecânica; e proliferação de micro-organismos sobre o material (Klyosov 2007, Azwa et al. 2013).

4.2.1 Absorção de água por compósitos termoplásticos fabricados com resíduos plásticos

Adhikary et al. (2008) fizeram testes de absorção de água (por 2h e 24h) e medições na espessura dos componentes para detectar eventuais inchamentos devidos à absorção da água. Analisou-

se compósitos com matriz plástica reciclada e virgem de PEAD. Ao final dos testes, para ambos os grupos de compósito (feitos com matriz plástica reciclada e com matriz plástica virgem), os resultados foram estatisticamente semelhantes, tanto para a quantidade de água absorvida quanto para o aumento na espessura das peças, possuindo alguns compósitos fabricados com matriz plástica reciclada, resultados melhores que os fabricados com matriz plástica virgem.

Por outro lado, pesquisa experimental como a de Kazemi-Najafi et al. (2007) e revisão de literatura de Kazemi-Najafi (2013) apontam para uma maior absorção de água de compósitos feitos a partir de plásticos reciclados quando comparados aos feitos a partir de plásticos virgens.

Assim, considera-se que ainda há variação não compreendida nos resultados dos experimentos das pesquisas mostradas, necessitando, por isso, que mais pesquisas sejam realizadas a fim de compreender os mecanismos que regem a absorção de água de polímeros reciclados e virgens.

4.2.2 Absorção de água por compósitos termoplásticos com cargas vegetais

Chow et al. (2007) realizaram testes de absorção de água em compósitos com matriz plástica de PP, agentes acoplantes (MAPP) e fibras de sisal nas seguintes proporções, respectivamente: 81%/9%/10%, 62%/18%/20%, 43%/27%/30%. A absorção de água dos compósitos ao final dos testes, em relação à sua massa inicial, foi de aproximadamente 1,5%, 4% e 6% respectivamente.

Rowell et al. (2002) também realizaram testes de absorção imergindo em água por 10 semanas compósitos feitos de PP e farinha de madeira nas seguintes proporções, respectivamente: 100%/0%, 70%/30%, 60%/40%, 50%/50% e 40%/60%. A absorção de água dos compósitos no fim do período foi cerca de 0%, 3%, 5%, 9% e 11% de sua massa inicial, respectivamente. Com isso, observa-se claramente a relação direta entre a quantidade de cargas vegetais presentes nos compósitos termoplásticos e sua absorção de água, sendo a absorção de água do componente feito exclusivamente de PP igual a aproximadamente 0% de sua massa inicial.

Estudos experimentais feitos por Adhikary et al. (2008) com compósitos com matriz plástica de PEAD e farinha de madeira, e revisão de literatura realizada por Azwa et al. (2013) corroboram tal conclusão, evidenciando que quanto maior a quantidade de cargas vegetais do compósito, maior será sua absorção de água.

4.3 Descoloração

A descoloração dos compósitos termoplásticos ocorre quando estes são expostos principalmente aos raios solares, que causam a quebra das cadeias moleculares da matriz polimérica o que, por sua vez, leva à mudança de cor do compósito, fundamentalmente ao seu esbranquiçamento e perda de cores amareladas (Klyosov 2007). Além disso, fatores como a presença de umidade podem acelerar consideravelmente a perda de cor (Stark 2005, Azwa et al. 2013). A descoloração, apesar de poder ocorrer simultaneamente a mecanismos que degradam os compósitos termoplásticos e causam perda de suas propriedades físicas e mecânicas, como a oxidação, é um fenômeno relacionado às questões estéticas e de gosto das pessoas (Klyosov 2007, Azwa et al. 2013). É frequentemente medida após testes de envelhecimento acelerado (realizado em laboratório e sob condições controladas) ou envelhecimento natural (realizado ao ar livre e sob condições climáticas reais).

4.3.1 Descoloração em compósitos termoplásticos fabricados com resíduos plásticos

Butylina et al. (2012a) e Butylina et al. (2012b) realizaram experimentos de envelhecimento natural com compósitos de formulações semelhantes (PP, farinha de madeira, MAPP como agente acoplante, e lubrificante), mas produzidos sem ou com diferentes pigmentos (marrom, cinza ou verde). Os autores constataram que aqueles compósitos que possuíam pigmento marrom ou cinza sofreram menor perda de cor que os fabricados com pigmento verde ou sem pigmento algum, chegando à conclusão que a cor do compósito tem grande importância no nível

de sua descoloração (Butylina et al. 2012a). Já Butylina et al. (2012b) também testaram compósitos feitos a partir de resíduos de PP e os compararam com os fabricados a partir de PP virgem. Após os experimentos de envelhecimento natural, os autores concluíram que os compósitos com matriz reciclada obtiveram menor perda de cor que os com matriz virgem. O melhor desempenho alcançado foi o do compósito de PP reciclado e pigmento cinza, seguidos do compósito de PP virgem e pigmento cinza, PP reciclado e pigmento marrom e dos outros compósitos feitos a partir de PP virgem (Butylina et al. 2012b), demonstrando a relevância da cor do compósito para sua descoloração.

Bajwa & Bruce (2005) apresentam o resultado de sua pesquisa na qual é comparado o nível de descoloração de compósitos de duas cores distintas, sendo uma cor tendendo ao bege e outra ao vermelho, fabricados a partir de resina plástica de PEAD virgem ou reciclada. Após testes de envelhecimento acelerado e envelhecimento natural, os compósitos reciclados obtiveram menor descoloração nos dois tipos de testes para uma cor (vermelha) e maior descoloração, também nos dois tipos de testes, para outra (bege), quando comparados aos compósitos virgens. A partir de tais dados os autores concluem que a principal variável que influencia a perda de cor dos compósitos termoplásticos é a sua cor, sendo a origem da matriz plástica (virgem ou reciclada) não significativa.

A avaliação dos dados colocados pelos autores consultados permite afirmar que tende a não haver influência na descoloração dos compósitos se a matriz polimérica é virgem ou reciclada, no entanto, a cor é um elemento que exerce inquestionável influência.

4.3.2 Descoloração em compósitos termoplásticos fabricados com cargas vegetais

Em estudo, Stark (2005) executou testes de envelhecimento acelerado em compósitos com matriz plástica de PEAD e cargas vegetais de farinha de madeira. Nos testes realizou-se a exposição dos compósitos aos raios ultravioletas e à umidade. Foram testadas as seguintes composições de PEAD/farinha de madeira, respectivamente: 100%/0%, 90%/10%, 80%/20%, 70%/30%, 60%/40%, 50%/50%, 40%/60%. Os resultados dos testes foram medidos pela variação da cor final do compósito, após o envelhecimento acelerado, em relação à cor inicial, ou seja, antes do envelhecimento acelerado. Os dados mostram uma relação direta entre a quantidade de cargas vegetais existentes no compósito e sua facilidade em desbotar ou esbranquiçar. Como exemplo, a perda de cor do componente de composição 40% PEAD e 60% farinha de madeira foi 2 vezes maior que a do componente de composição 50%/50% que, por sua vez, foi 25 vezes maior que a do componente 90% PEAD e 10% farinha de madeira.

Estudos de Klyosov (2007) e Butylina et al. (2012a) também chegam à conclusão que quanto maior a quantidade de cargas vegetais presentes em um compósito termoplástico, maior será sua facilidade de descolorir quando exposto às intempéries.

4.4 Oxidação

A oxidação é causada pela exposição dos compósitos termoplásticos aos raios solares, ao calor e ao oxigênio. Além disso, fatores como alta permeabilidade do componente e exposição à água ou umidade aceleram o processo de oxidação do polímero (Klyosov 2007, Li 2000). O processo de oxidação ocorre, em um primeiro momento, quando as cadeias poliméricas da matriz plástica são quebradas devido à ação dos raios solares e do calor. Posteriormente, as cadeias poliméricas quebradas reagem com o oxigênio presente no ar, formando cadeias poliméricas de tamanho muito menor que o original, isto é, causando sua deterioração (Klyosov 2007). Diferentemente da descoloração, a oxidação causa degradação da matriz polimérica, tornando o compósito fraco, quebradiço e suscetível a uma falha mecânica. A facilidade com a qual um polímero oxida é frequentemente mensurada pelo Oxidation Induction Time (OIT), isto é, o tempo necessário para que a oxidação inicie em determinado plástico. O OIT é indicado em teste realizado em ambiente rico em oxigênio e numa dada temperatura. Quanto maior o tempo indicado pelo

teste mais resistente à oxidação é o material e, com isso, mais durável ele tenderá a ser em condições naturais. Klyosov (2007) coloca ainda que, em média, cada 1 minuto suportado pelo plástico no teste equivale de 2 a 20 anos exposto às intempéries em condições naturais.

4.4.1 Oxidação em compósitos termoplásticos fabricados com resíduos plásticos

Klyosov (2007) explica que resinas poliméricas virgens são fabricadas já com uma porcentagem de substâncias anti-oxidantes, as quais se degradam ao longo da vida útil do plástico e de sua exposição às intempéries. Assim, se após o descarte tais elementos forem enviados a um processo de reciclagem, praticamente não possuirão mais anti-oxidantes. Por isso, compósitos feitos com resíduos plásticos devem ter incorporada à sua composição uma nova dose de anti-oxidantes, caso contrário sofrerão rápida deterioração em condições naturais e apresentarão vida útil inferior a de compósitos fabricados a partir de resinas plásticas virgens.

4.4.2 Oxidação em compósitos termoplásticos fabricados com cargas vegetais

Experimentos foram realizados por Klyosov (2007) para medir o OIT de compósitos com matriz plástica de PEAD e carga vegetal de casca de arroz nas seguintes proporções, respectivamente: 100%/0%, 90%/10%, 70%/30%, 40%/60%. Os valores observados nos ensaios foram os seguintes: 4,4 minutos; 15,0 minutos; 22,0 minutos e 37,0 minutos, respectivamente. Assim, pode-se observar pelos dados uma relação direta entre o crescimento da quantidade de cargas vegetais presentes nos compósitos e o crescimento de sua resistência à oxidação, sendo o compósito com apenas 10% de matriz plástica substituída por cargas vegetais quase 4 vezes mais resistente à oxidação que o compósito feito exclusivamente de PEAD. Entretanto, ressalta-se que caso iniciado o processo de oxidação de uma peça, a consequência pode ser sua fissuração e descamação. Isso facilita a entrada de água nas camadas inferiores do compósito e o contato dela com a carga vegetal que, por sua vez, tenderá a absorver a água e inchar, provocando o aumento das fissuras e o aparecimento de outras, possibilitando a entrada dos raios solares, de oxigênio e de água em camadas mais profundas, acelerando o processo de oxidação (Klyosov 2007, Azwa et al. 2013, Li 2000).

4.5 Inflamabilidade

Existem vários testes laboratoriais que visam a obtenção de dados sobre a inflamabilidade de um material, sendo que cada um individualmente possibilita analisar um aspecto do processo de queima. Assim, para se ter uma descrição completa da inflamabilidade dos materiais é necessária a realização de vários ensaios (Gallo & Agnelli 1998).

Dentre os testes de inflamabilidade estão o Limited Oxidation Index (LOI), ou índice limite de oxigênio, e a calorimetria de cone. O LOI é um índice que apresenta a facilidade com a qual os materiais poliméricos entram em ignição, medindo a quantidade mínima de oxigênio necessária para que isso aconteça. Assim, quanto maior o LOI, mais resistente à ignição é o polímero (Gallo & Agnelli 1998). Já a calorimetria de cone fornece dados para determinar o tempo de ignição do material, a quantidade total de calor e fumaça liberada durante sua queima, a liberação de calor em relação ao tempo, entre outros aspectos (Wang et al. 2014).

Para diminuir a inflamabilidade dos compósitos termoplásticos, ou seja, aumentar o ponto de ignição e reduzir a velocidade de propagação do fogo, são empregadas em sua formulação substâncias retardadoras de chamas e materiais inertes. Outra opção é o uso de plásticos de baixa inflamabilidade como matriz, como o PVC (Klyosov 2007).

4.5.1 Inflamabilidade de compósitos termoplásticos com resíduos plásticos

Kwak & Nam (2002) realizaram vários testes de inflamabilidade com compósitos de PP virgem ou reciclado, e com adição de substâncias retardadoras de chama em diferentes proporções.

Entre outros testes, foi feita calorimetria de cone e o ensaio LOI. Os dados dos testes mostram que os elementos com a mesma quantidade de substâncias retardadoras de chama mas compostos por matrizes plásticas de origens distintas, isto é, virgem ou reciclada, apresentaram resultados diferentes, sendo que: no teste LOI, o melhor desempenho foi obtido por elementos compostos por PP reciclado. Já o tempo necessário para entrar em ignição foi menor para os compósitos de PP reciclado, ou seja, entraram em combustão mais rápido, enquanto os maiores picos de calor liberados durante a queima foram os dos compósitos de PP virgem. Quanto à quantidade total de calor liberada durante a queima, os compósitos de PP virgem apresentaram pior desempenho que os de PP reciclado quando possuíam pequenas quantidade de substâncias retardadoras de chama, mas melhor quando possuíam maiores quantidades destas. Os autores apresentam como explicação para o melhor desempenho em vários aspectos dos elementos compostos de PP reciclado a existência de partículas inorgânicas de outros materiais em sua composição. Tais partículas são provenientes de máquinas e outros materiais e se impregnam nos polímeros durante seu processo de separação e reciclagem, sendo mais estáveis termicamente que a matriz polimérica, o que diminui a inflamabilidade dos compósitos.

El-sabbagh et al. (2013) executaram o teste LOI com compósitos formados, em várias proporções, por PP, fibra de linho, agentes acoplantes (MAPP) e substância retardadora de chama (hidróxido de magnésio). Conforme os autores, todos os compósitos foram reciclados duas vezes. Os componentes de todas as formulações tiveram pior desempenho no teste LOI após as reciclagens, apesar dos autores ressaltarem que tal piora foi em nível tolerável. Observa-se que os compósitos de melhor desempenho possuíam índice um pouco acima de 27 no teste LOI antes das reciclagens, e após a primeira e a segunda reciclagem passaram para cerca de 26,8 e 25,9, respectivamente. Isto é, tiveram piora de 4,5% no teste LOI após as duas reciclagens.

Em relação ao LOI de compósitos feitos com PP virgem e reciclado, os estudos apresentados diferem nos resultados. Seguindo o exposto por Kwak & Nam (2002), uma possível explicação é o fato de que os componentes reciclados no estudo de El-sabbagh et al. (2013) passaram por reciclagem em laboratório, provavelmente não sendo misturados a outros materiais e tendo contato com menos máquinas, o que diminuiria a quantidade de partículas inorgânicas incorporadas a eles durante o processo. Mas, ressalta-se o pequeno número existente de pesquisas sobre a influência da reciclagem na inflamabilidade dos polímeros.

4.5.2 Inflamabilidade de compósitos termoplásticos com cargas vegetais

Sain et al. (2004) executaram o teste LOI e de inflamabilidade horizontal com peças compostas por PP, cargas vegetais e agente acoplante (MAPP) nas seguintes proporções, respectivamente: 100%/0%/0%; 47,5%/50% (farinha de madeira) /2,5% e 47,5%/50% (casca de arroz) /2,5%. Ambos os elementos com cargas vegetais apresentaram pior desempenho no teste de inflamabilidade horizontal quando comparados ao elemento composto unicamente por PP, explicitando uma maior sensibilidade de tais compósitos às chamas (Sain et al. 2004). No entanto, no teste LOI o compósito com farinha de madeira teve desempenho superior e o com casca de arroz desempenho estatisticamente semelhante ao 100% PP.

Arao et al. (2014) realizaram o teste de inflamabilidade horizontal e de calorimetria de cone com elementos com matriz polimérica de PP e farinha de madeira nas seguintes proporções, respectivamente: 100%; 90%/10%; 80%/20%; 70%/30%; 60%/40%; 50%/50% e 40%/60%. Para todas as composições o desempenho dos elementos com farinha de madeira no teste de inflamabilidade horizontal foi pior que o do elemento 100% PP, sendo o pior desempenho o do compósito feito de 60% PP e 40% farinha de madeira. Já no teste de calorimetria de cone, o compósito 50% PP e 50% farinha de madeira entrou em ignição mais rápido que o 100% PP, por outro lado, o pico e o total de calor liberado durante a queima foram menores que os deste.

Por sua vez, Seefeldt & Braun (2011) realizaram ensaios de calorimetria de cone com compósitos de matriz plástica de PP e cargas vegetais nas seguintes proporções, respectivamente: 50%/50%;

40%/60% e 30%/70%. Os resultados dos ensaios mostram que quanto maior a quantidade de cargas vegetais nos compósitos, menores são os picos e a quantidade total de calor liberada durante a queima, melhorando seu desempenho no teste.

Testes de calorimetria de cone também foram realizados por Wang et al. (2014) a fim de identificar o tempo de ignição e a quantidade de calor liberado resultante da queima de elementos compostos por PEAD, fibra de cânhamo e aditivo em várias proporções. Os ensaios mostram que quanto maior a quantidade de cargas vegetais nos compósitos, menores são os picos de calor liberados durante sua queima. No entanto, o tempo de ignição dos elementos com cargas vegetais diminuiu, isto é, entraram em combustão mais rápido, exceto o compósito com a maior quantidade de fibras de cânhamo (50% em massa) que, quando comparado ao componente 100% PEAD, manteve o mesmo desempenho.

Os estudos mostram que o aumento de cargas vegetais nos compósitos tende a melhorar seu desempenho no teste LOI, a piorar no teste de inflamabilidade horizontal, a diminuir seu tempo de ignição e a reduzir os picos e a quantidade total de calor liberada durante a queima.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo dos trabalhos apresentados, podem ser feitas as seguintes afirmações a respeito das propriedades de compósitos termoplásticos com resíduos plásticos e vegetais:

- o uso de resíduos plásticos em compósitos tende a não alterar o módulo de elasticidade e as resistências à flexão e à tração desses, mas, parece reduzir sua resistência ao impacto;
- apesar de alguns estudos mostrarem resultados opostos, observa-se uma tendência de aumento da resistência à flexão e do módulo de elasticidade, e de redução da resistência à tração dos compósitos com o aumento da carga vegetal em sua composição;
- quanto à absorção de água de polímeros virgens e reciclados, os trabalhos analisados apresentam resultados opostos, o que abre espaço para que mais pesquisas sejam feitas;
- maior a quantidade de cargas vegetais do compósito, maior será sua absorção de água;
- a matriz polimérica ser virgem ou reciclada parece não influenciar a descoloração dos compósitos, por outro lado, a cor destes parece ser de fundamental importância para tal;
- quanto maior a quantidade de cargas vegetais presentes em um compósito termoplástico, maior será sua facilidade de descolorir quando exposto às intempéries;
- há poucos artigos sobre a influência da reciclagem na inflamabilidade dos polímeros, apontando para a necessidade de mais pesquisas científicas na área.

Assim, os resultados dos estudos indicam que os resíduos plásticos são uma promissora fonte de matéria-prima para a confecção de compósitos termoplásticos, uma vez que proporcionam, em várias propriedades, desempenho semelhante aos de compósitos feitos com plásticos virgens. Além disso, apesar dos estudos mostrarem uma tendência de piora do desempenho dos compósitos em determinadas características quando se adicionam cargas vegetais, principalmente aquelas relacionadas à exposição às intempéries, seu uso pode ser indicado para ambientes internos, onde tenderão a ter maior vida útil. Ainda, pesquisas apontam para uma melhoria de várias características dos compósitos com cargas vegetais por meio da inserção de aditivos, o que tende a aumentar sua vida útil também quando em áreas externas.

Tais fatos mostram que, se corretamente especificados, os compósitos termoplásticos com resíduos podem ter maior durabilidade e ser uma alternativa a outros materiais, reduzindo o impacto ambiental causado pela disposição de resíduos e pela extração de novos materiais.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Adhikary, K.B., Pang, S. & Staiger, M.P. 2008. Dimensional stability and mechanical behaviour of wood–plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE). *Composites Part B: Engineering* 39(5): 807–815.
- Arao, Y. et al. 2014. Improvement on fire retardancy of wood flour/polypropylene composites using various fire retardants. *Polymer Degradation and Stability* 100: 79–85.
- Azwa, Z.N. et al. 2013. A review on the degradability of polymeric composites based on natural fibres. *Materials & Design* 47: 424–442.
- Bajwa, D.S. & Bruce, D. 2005. Improvements in weathering characteristics of wood-plastic composites. In *Eighth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*. Madison: Forest Products Society.
- Beg, M.D.H. & Pickering, K.L. 2008. Reprocessing of wood fibre reinforced polypropylene composites. Part I: Effects on physical and mechanical properties. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 39(7): 1091–1100.
- Butylina, S., Hyvärinen, M. & Kärki, T. 2012a. A study of surface changes of wood-polypropylene composites as the result of exterior weathering. *Polymer Degradation and Stability* 97(3): 337–345.
- Butylina, S., Hyvärinen, M. & Kärki, T. 2012b. Weathering of wood-polypropylene composites containing pigments. *European Journal of Wood and Wood Products* 70(5): 719–726.
- Chow, C., Xing, X. & Li, R. 2007. Moisture absorption studies of sisal fibre reinforced polypropylene composites. *Composites Science and Technology* 67(2): 306–313.
- El-sabbagh, A., Steuernagel, L. & Ziegmann, G. 2013. Low combustible polypropylene/flax/magnesium hydroxide composites: mechanical, flame retardation characterization and recycling effect. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 32(14): 1030–1043.
- Gallo, J.B. & Agnelli, J.A.M. 1998. Aspectos do comportamento de polímeros em condições de incêndio. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* 8(1): 23–38.
- Kazemi-Najafi, S. 2013. Use of recycled plastics in wood plastic composites - a review. *Waste Management* 33(9): 1898–905.
- Kazemi-Najafi, S. et al. 2007. Water absorption behavior of composites from sawdust and recycled plastics. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 26(3): 341–348.
- Kazemi-Najafi, S., Hamidinia, E. & Tajvidi, M. 2006. Mechanical properties of composites from sawdust and recycled plastics. *Journal of Applied Polymer Science* 100(5): 3641–3645.
- Klyosov, A.A. 2007. *Wood-Plastic Composites*, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Kuo, P.-Y. et al. 2009. Effects of material compositions on the mechanical properties of wood–plastic composites manufactured by injection molding. *Materials & Design* 30(9): 3489–3496.
- Kwak, S.-B. & Nam, J. 2002. Thermo-oxidative stability study of polypropylene composites by using cone calorimetry and thermogravimetry. *Polymer Engineering and Science* 42(8): 1674–1685.
- Li, R. 2000. Environmental degradation of wood-HDPE composite. *Polymer Degradation and Stability* 70: 135–145.
- Rowell, R.M., Lange, S.E. & Jacobson, R.E. 2002. Effects of moisture on aspen-fiber/polypropylene composites. In *Progress in Woodfibre-Plastic Composites*. Toronto.
- Sain, M. et al. 2004. Flame retardant and mechanical properties of natural fibre–PP composites containing magnesium hydroxide. *Polymer Degradation and Stability* 83(2): 363–367.
- Seefeldt, H. & Braun, U. 2011. Burning behavior of wood-plastic composite decking boards in end-use conditions: the effects of geometry, material composition, and moisture. *Journal of Fire Sciences* 30(1): 41–54.
- Stark, N.M. 2005. Effect of weathering variables on the lightness of high-density polyethylene woodflour composites. In *Eighth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites*. Madison: Forest Products Society.
- Stark, N.M. & Rowlands, R.E. 2003. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. *Wood and Fiber Science* 35(2): 167–174.
- Wang, K. et al. 2014. Dynamic behavior and flame retardancy of HDPE/hemp short fiber composites: effect of coupling agent and fiber loading. *Composite Structures* 113: 74–82.

Análise do Ciclo de Vida da envoltória da Estação Antártica Comandante Ferraz

Thalles Costa dos Reis

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos LPP/ UFES, Brasil
thallescota_r@hotmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos LPP/ UFES, Brasil
cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: The study presents a discussion related to Life Cycle Assessment (LCA) in buildings and the use of SimaPro as an auxiliary tool for use in the design stage or later assessment of sustainability on buildings and the viability of the use in relation to reality buildings in inhospitable areas. The objective of the research is, by assessing the materials used in the envelope system designed for the new buildings of the Comandante Ferraz Antarctic Station - EACF, identify the potential use of SimaPro in Antarctica. The results will also assess the critical points for the performance of EACF, pointing improvements in constructive solutions to lower environmental impact and consequent promotion of sustainability in the built environment. The results showed that the use of SimaPro as a helper tool to LCA is feasible and results in EACF feature points for improvement in order to achieve better environmental performance.

Keywords: Sustainability, LCA, Antarctic Station, SimaPro, Antarctic.

RESUMO: O estudo apresenta uma discussão relacionada à Análise do Ciclo de Vida (ACV) em edificações e ao uso do *software* SimaPro enquanto instrumento auxiliar para uso na etapa de projeto ou posterior avaliação de sustentabilidade de edificações, e a viabilidade do uso em relação à realidade de edificações em áreas inóspitas. O objetivo da pesquisa é, através da avaliação dos materiais usados no sistema de envelope projetado para as novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF, identificar a potencialidade do uso da ferramenta SimaPro na Antártica. Os resultados permitirão, ainda, avaliar os pontos críticos para o desempenho da EACF, apontando melhorias nas soluções construtivas para menor impacto ambiental e consequente fomento da sustentabilidade no ambiente construído. Os resultados demonstraram que o uso da ferramenta SimaPro como auxiliadora à ACV é viável e os resultados obtidos na EACF apresentam pontos passíveis de melhoria, a fim de obter melhor desempenho ambiental.

Palavras-chave: Sustentabilidade, ACV, Estação Antártica, SimaPro, Antártica.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil apresenta elevados índices de impacto ambiental, desde a extração de materiais para o canteiro de obras até a destinação final dos resíduos. O Conselho Internacional da Construção – CIP – aponta a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas são provenientes da construção (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013). Além dos impactos ambientais, essa atividade possui fundamental participação econômica com grande geração de empregos e parcela significativa no produto interno bruto (PIB) de diversos países (SILVA, 2005). Todos esses fatores combinados com a necessidade do usuário em ter uma melhor qualidade de vida, bem como dos órgãos governamentais em minimizar o impacto

ambiental no ambiente construído com uma política de ecologia e defesa ao meio ambiente, fez com que a atenção de diversos agentes da construção civil fosse atraída para a direção de uma construção que busca a sustentabilidade, visto que o setor da construção civil se configura, dessa forma, como ponto estratégico de intervenção para se alcançar o desenvolvimento sustentável (SILVA, 2003).

Com o intuito de avaliar impactos ambientais gerados por essa indústria e intervir em melhorias para a sustentabilidade no ambiente construído é que foram realizados investimentos na criação de ferramentas de avaliação de impacto. Nos processos de avaliação, observa-se o destaque dado aos aspectos inerentes aos materiais, com especial ênfase para a etapa de especificação dos mesmos, normalmente realizado pelo profissional de arquitetura, que atua como responsável pela tarefa. Uma das metodologias usadas e amplamente reconhecida é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), também comumente chamada pela nomenclatura em inglês *Life Cycle Assessment* (LCA).

A preocupação com a sustentabilidade torna-se ainda mais relevante quando considerado como limite territorial a Península Keller, na Antártica. O continente possui política de preservação e é apresentada como a região do planeta mais sensível às mudanças climáticas (ALVAREZ et al., 2007; ALVAREZ, 2014). Ainda há no mercado certa dificuldade em estabelecer valores ambientais às construções, em especial pela ampla interpretação da *sustentabilidade*. Nesse contexto, os sistemas de classificação de desempenho, as ferramentas de análise e esquemas de certificação servem para fomentar, encorajar e contribuir para a melhoria do desempenho dos edifícios (SILVA, 2003), em especial, tratando-se de novas construções em ambientes inóspitos, onde o impacto ambiental, paisagístico e da arquitetura podem ser mais evidenciados, se comparado às áreas urbanas já consolidadas.

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma das ferramentas cientificamente mais reconhecida para avaliar o desempenho ambiental de produtos, processos ou sistemas (BRAGANÇA et al., 2011). Porém, no desenvolvimento da metodologia, a frequente indisponibilidade de dados, consolidados e representativos, tornam a ferramenta questionável, gerando resultados com falta de credibilidade, atuando na integridade do estudo (SILVA, 2003).

1.1 Softwares para ACV e o SimaPro

Como auxiliares da metodologia, a produção de bases de dados confiáveis e mais extensas para alimentar as análises são estudadas em paralelo à criação de *softwares* computacionais que visam apoiar a condução de estudos ambientais de ACV de forma mais clara, objetiva e confiável (SILVA, 2003; FERREIRA, 2004). Os *softwares* para ACV auxiliam na execução do estudo, principalmente na análise do inventário de ciclo de vida, permitindo que o processamento dos dados ocorra de maneira mais fácil, imparcial e rápida, além de garantir cálculos de maior confiança, originando relatórios finais de maior consistência (RODRIGUES et al., 2008). Esses softwares, normalmente, possuem bases de dados disponíveis para simulações, facilitando o gerenciamento de dados e minimizando o tempo com relação à coleta de dados, além de permitirem a avaliação dos impactos e gerarem interpretações de maneira gráfica, de fácil visualização.

Dos principais sistemas computacionais, o SimaPro destaca-se pela maior simplicidade, flexibilidade de manipulação e adaptabilidade a diversos objetos, fatores que levam ao seu considerável uso dentre os segmentos industriais, públicos e privados, e como ferramenta de gerenciamento de dados para vários *softwares* e banco de dados comercialmente disponíveis.

Como ponto crítico para a realidade brasileira – e de muitos outros países em situação semelhante – destaca-se a inexistência de base de dados confiável, que permita a inserção das informações de forma a obter um resultado efetivamente coerente com a realidade do lugar. Para a realidade no continente antártico, observa-se como característica fundamental na análise, de que não há produção ou extração de materiais, e que os sistemas construtivos são,

necessariamente, externos ao lugar. Todo e qualquer material utilizado para a construção de edificações na Antártica envolve uma complexa logística de transporte, sendo que a legislação pertinente obriga também ao controle da produção e gestão de resíduos de modo a minimizar os possíveis impactos ambientais na região.

1.2 A Península Keller e a Estação Antártica Comandante Ferraz

A Antártica é a região do planeta mais sensível às mudanças climáticas, cujas alterações podem ser facilmente perceptíveis (FANTICELE, 2011). Possui características ambientais peculiares: baixas temperaturas, fortes rajadas de ventos, isolamento e preservação do ambiente natural, que induzem à busca da sustentabilidade no processo de ocupação humana (CRUZ et al., 2007). A Península Keller, encontra-se inserida na Área Antártica Especialmente Gerenciada (AAEG) da Baía do Almirantado, localizada na Ilha Rei George, a cerca de 3200 km do Polo Sul e 4000 km da cidade de Rio Grande (RS), Brasil (SOUZA, 2008). Sendo uma das ilhas subantárticas, a Ilha Rei George, configura-se como a região mais povoada da Antártica.

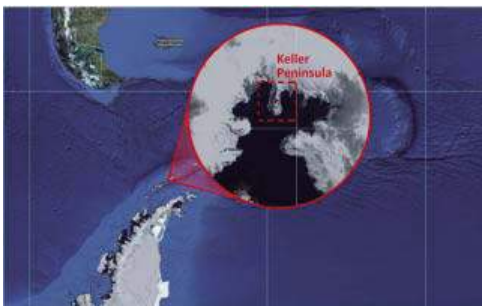


Figura 1. Localização da Ilha Rei George com destaque para a Península Keller. Fonte: FERRAZ et al, 2012

Alvarez (2007) destaca que projetar edificações na Antártica significa lidar com condicionantes incomuns aos meios urbanos tradicionais, pois além do rigor climático devem ser considerados os aspectos relativos ao apoio logístico disponível, que acaba determinando a configuração final da proposta. Para Fanticele (2011), a questão da logística de materiais é de grande importância no processo de projeto, pois envolve um planejamento minucioso e que considere os diversos meios envolvidos, desde o trajeto do continente de origem – onde são fabricados os materiais –, até montagem final na Antártica. Ainda, se considerado o sistema de transporte total para o ciclo de vida dos materiais, deve ser acrescido o percurso de extração da matéria prima e para gestão de resíduos, logística que deve ser levada em consideração para qualquer edificação ou sistema, em especial para áreas inóspitas e em áreas de proteção ambiental.

1.3 O sistema de envoltória na Antártica

O sistema de envelope, ou sistema de envoltória do edifício, é o responsável por separar o ambiente interno do ambiente externo; limitar a transferência de calor, ar, umidade, ruído, fogo e poeira (QUIROUETTE, 2004). Para ser eficaz, o sistema deve ser responsável por fazer com que o ambiente interior esteja protegido de qualquer intempérie ou agente externo indesejável, como por exemplo, correntes de ar, chuva e animais.

A envoltória também pode servir como mecanismo auxiliar na diretriz de conservação de energia, minimizando o uso de equipamentos mecânicos e o consumo de combustíveis. Os projetistas das novas edificações da EACF preveem que com o sistema de envelope, seja possível elevar em até 15°C a temperatura dos ambientes internos da Estação (SECIRM, 2014).

Observa-se ainda que a escolha adequada dos materiais componentes da envoltória pode auxiliar na minimização da toxicidade e liberação de compostos orgânicos voláteis (VOC), auxiliando na melhor qualidade do ar interno e saúde do usuário. Ainda, o método construtivo da envoltória pode responder ao requisito de flexibilidade, tornando exequível – ou não – a ampliação ou redução da edificação. Como um dos aspectos de maior relevância quando se

considera o ambiente antártico é a priorização na diminuição da necessidade de manutenção, sendo a envoltória um elemento fundamental para atuar como ferramenta facilitadora da manutenção da edificação.

A composição do painel do sistema de envelope que integra as novas edificações é constituída de duas superfícies externas produzidas a partir de bobina de chapa de aço galvanizado (0,75mm) revestido com pintura PVDF, com camada interna preenchida por espuma rígida de poliuretano (PUR). O painel é usado para cobertura, vedação vertical externa e piso da edificação.



Figura 2. Painel sanduíche adotado na envoltória das novas edificações da EACF.

Os painéis são divididos em dois tipos: *Painel envoltório tipo sanduíche 220 mm*; e *Painel envoltório tipo sanduíche 170 mm*, sendo este usado no edifício técnico (garagem e casa de máquinas), e o do tipo 220 mm usado no restante da edificação (Figura 3).

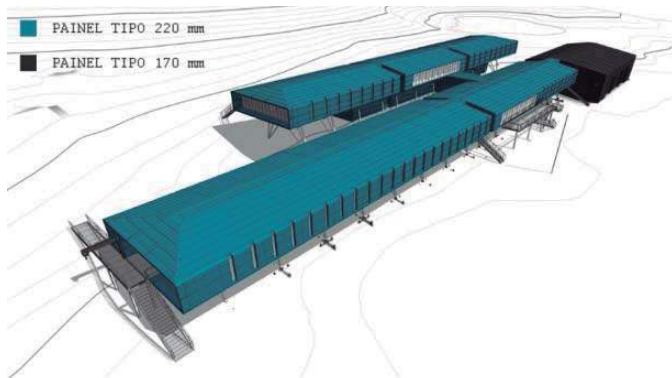


Figura 3. Perspectiva das novas edificações da EACF. Fonte: Comissão Interministerial Para Os Recursos Do Mar, 2013.

2 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi, através da avaliação dos materiais usados no sistema de envelope projetado para as novas edificações da EACF, identificar a potencialidade do uso da ferramenta SimaPro na região antártica e, eventualmente, em outras áreas remotas semelhantes. O recorte da pesquisa foi estabelecido no desenvolvimento de uma avaliação do ACV, simplificada, para analisar o sistema de envoltória das novas edificações da EACF, visando, sempre que possível, as etapas de extração da matéria-prima, sua transformação industrial em material composto e seu transporte e montagem na Antártica, desconsiderando os estágios de armazenagem e etapas pós-fabricação (uso, reuso e manutenção).

3 METODOLOGIA

Posterior às etapas de revisão bibliográfica, aquisição do *software* Simapro e treinamento, para efeito de análise foi estabelecida a subdivisão do sistema de envoltória em subsistemas sendo: (1) Subsistema pintura, (2) Subsistema poliuretano, (3) Subsistema invólucro metálico, (4) Subsistema esquadrias e (5) Subsistema materiais de vedação, de modo a facilitar a análise e interpretação dos dados.

Na etapa de avaliação de impactos foi adotado o método do Eco-indicator 99, que interpreta os dados da planilha de inventário em categorias de danos referentes a recursos (minerais e combustíveis fósseis), qualidade dos ecossistemas (acidificação/eutrofização, ecotoxicidade e uso do solo) e saúde humana (substâncias carcinogênicas, compostos orgânicos e inorgânicos respiráveis, mudança climática, depleção da camada de ozônio e radiação), ou apresentando em pontuação única, como índice ambiental do sistema (SILVA, 2005).

3.1 Metodologia da ACV

A metodologia de Análise do Ciclo de Vida (ACV) foi desenvolvida e é utilizada há dezenas de anos (BRANGANÇA, 2011), mas foi com o desenvolvimento da série de normas ISO 14.000, que a metodologia foi normalizada, e os enfoques passaram a ser direcionados sob uma visão holística dos ciclos de vida de seus produtos e processos de produção, partindo da conscientização de que qualquer produto, processo ou atividade produz impactos no meio ambiente desde o momento em que são extraídas as matérias-primas, até sua disposição final (SILVA, 2005).

Segundo as normas ISO 14040, os estudos de ACV respeitam uma metodologia com quatro fases claramente estabelecidas: (1) definição dos objetivos e âmbito do estudo; (2) a realização de um inventário do ciclo de vida (dos consumos de matéria e energia e das emissões de cada etapa do ciclo de vida); (3) avaliação dos impactos que estes consumos e emissões podem provocar no meio ambiente, e por fim, (4) uma interpretação dos resultados.

3.2 Definição de objetivo e escopo

A definição do objetivo e escopo envolveu a seleção da base de dados a serem utilizadas; o estabelecimento da função e unidade funcional para a normalização dos fluxos de entrada e saída do inventário; delimitação das fronteiras do sistema e a seleção do método de avaliação de impactos ambientais. O *software* SimaPro disponibiliza campos de apoio que possibilitaram a documentação dos procedimentos e de aspectos relevantes para o contexto da análise.

3.3 Unidade funcional

A unidade funcional adotada foi definida a partir da função desejada, sendo, portanto, a quantidade em quilos (kg) de materiais para 1m² de envoltória da edificação.

3.4 Delimitação das fronteiras do sistema

Adotou-se como critério considerar os fluxos de segunda ordem (de materiais e energético), havendo a exclusão da análise dos fluxos com contribuições inferiores a 5%, mediante o critério físico de simplificação.

Para os dados de energia elétrica foi utilizada a base de dados disponível no SimaPro, contemplando o completo ciclo de vida da produção da energia elétrica, sendo consideradas as entradas e saídas relativas à extração da energia primária, refinamento, distribuição, extração dos recursos minerais, produção das matérias-primas, fabricação de materiais, transporte de serviços e tratamento de resíduos, além dos bens de capital necessários à construção da infraestrutura da usina de energia, transmissão, transformação e distribuição da eletricidade usada.

Devido à variabilidade dos meios de transporte utilizados, envolvendo distâncias e consumos diferenciados de combustível fóssil, não foram considerados as entradas e saídas resultantes do transporte entre as fases de extração da matéria prima, refinamento e distribuição ao local de produção, como também, os transportes associados à manutenção dos equipamentos. Observa-se que tal recorte foi adotado, também, em função da pouca relevância dessas etapas no contexto geral da realidade antártica.

O ciclo de vida da envoltória portanto, compreendeu as etapas de extração da matéria prima, fabricação e processamento de matérias primas, distribuição, montagem e instalação das peças,

desinstalação e gestão de resíduos.

3.5 Construção e análise do inventário

Em um primeiro momento, fez-se necessário a coleta de dados dos processos envolvidos, a partir da delimitação das fronteiras do sistema. Os dados foram obtidos junto ao memorial descritivo do projeto para nova EACF disponibilizado pela Secirm (<https://www.mar.mil.br/secirm/proantar.html#reconstrucao>, acesso em: 3 de ago. 2014), bem como em bases de dados internacionais e normas técnicas.

Quanto aos fluxos de entradas e saídas inerentes ao sistema, o SimaPro apresentou-se como ferramenta facilitadora, pois quando há a inserção dos dados de entrada, relativos a materiais, transporte, energia, processamento e uso, o *software* organiza as entradas nos âmbitos da ecossfera (extraídos diretamente dos recursos naturais), materiais e combustíveis (fluxos fornecidos por sistemas industriais, relacionados às etapas de transporte e processamento) e apresenta como resultados, associações entre os sistemas através de planilhas ambientais e árvores de processos, facilitando a visualização das entradas e saídas. O SimaPro permite, em paralelo à construção do inventário e por checagens da integridade dos resultados, identificar substâncias não computadas pela ausência de fatores de caracterização normalizados, assim como a existência ou conflito de nomes de processos ou dependência de dados.

3.6 Etapas da ACV

Com o objetivo de avaliar o efeito individual de cada classe de impacto sobre a saúde humana, qualidade dos ecossistemas e depleção de recursos naturais, para assim, identificar pontos críticos e possibilidades de atuação e melhoria no sistema de envoltória, deu-se sequência as etapas de *classificação, caracterização, normalização e valoração dos impactos*.

A *classificação* envolveu a organização de todas as substâncias e separação em classes (ou categorias) de impacto, mediante o efeito que as substâncias provocam sobre o ambiente.

A *caracterização* objetivou uma análise quantitativa dos potenciais impactos ambientais identificados, indicando a intensidade das contribuições das entradas e saídas do sistema. As emissões foram multiplicadas por pesos antes de serem agregadas em classes de impacto e categorias de danos ambientais.

A *normalização e valoração* apresentaram-se como critérios de comparação entre as diferentes classes, de modo a permitir a visualização de níveis de impacto ambiental. Na normalização é possível visualizar a contribuição relativa de cada efeito; já na valoração foram atribuídos pesos, de modo a representar a importância relativa dos impactos.

3.7 Apresentação e discussão dos resultados

A etapa de discussão dos resultados consistiu na avaliação dos gráficos e tabelas gerados pelo SimaPro com a respectiva identificação dos impactos, de acordo com os fluxos e processos de maiores significâncias ambientais. Os resultados obtidos permitiram, ainda, a avaliação de adequabilidade no uso do SimaPro para a realidade antártica.

4 RESULTADOS

Nos gráficos das Figuras 4 a 9 são representados os processos de produção do sistema de envoltória (cor laranja) e o processo de gestão de resíduos, desde a desmontagem até a destinação final (cor verde). É possível constatar que a partir da caracterização dos efeitos ambientais, avaliação de danos (Figura 4), normalização (Figuras 5 e 6), valoração (Figuras 7 e 8) e agregação dos impactos ambientais em índice ambiental do sistema (Tabela 1), observa-se que a produção do aço utilizado como revestimento do painel sanduíche corresponde ao fluxo de maior impacto ambiental do sistema, com impactos sobre as categorias de depleção dos recursos naturais com consumo de combustíveis fósseis e minerais.

Ainda, como contribuição relevante, no processo de montagem e distribuição das peças, o transporte desde a Alemanha (fabricação e distribuição dos painéis) para a Antártica apresenta-se como potencial impacto incidente sobre os recursos (minerais e combustíveis fósseis) e saúde humana (compostos inorgânicos respiráveis). Em menores proporções, é conveniente destacar que as cargas liberadas pela produção do aço, também atuam na qualidade dos ecossistemas.

Na gestão de resíduos, os potenciais impactos atuam sobre a saúde humana com a liberação de compostos inorgânicos respiráveis e sobre os recursos com o uso de minerais e combustíveis fósseis. O impacto pode ser explicado pela baixa percentagem de reciclagem do PUR (Luckmann, 2005).

Tabela 1. Agregação dos valores dados às classes de impactos ambientais em categorias de danos.

Categorias de danos	Unidade	Total	Aço	PUR	Tinta
Total	Pt	36,506	23,4726	10,4815	0,78691
Saúde Humana	Pt	16,669	10,5627	4,33082	0,47997
Qualidade dos ecossistemas	Pt	5,75703	5,43628	0,19897	0,03394
Recursos	Pt	14,0799	7,47363	5,9517	0,27301

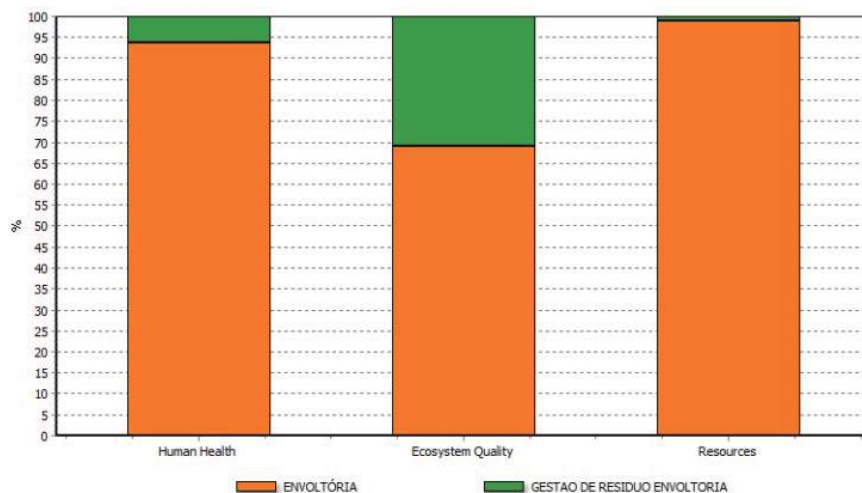


Figura 4. Avaliação de danos ambientais associados ao ciclo de vida dos materiais de envoltória da EACF.

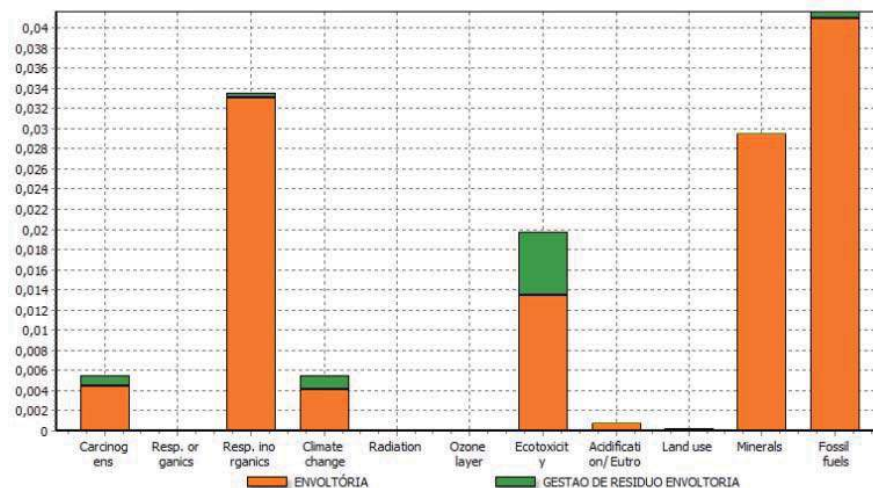


Figura 5. Normalização dos impactos ambientais do ciclo de vida dos materiais da envoltória da EACF com base nos efeitos provocados por um cidadão europeu em um ano. Os efeitos foram associados a cada classe de impacto.

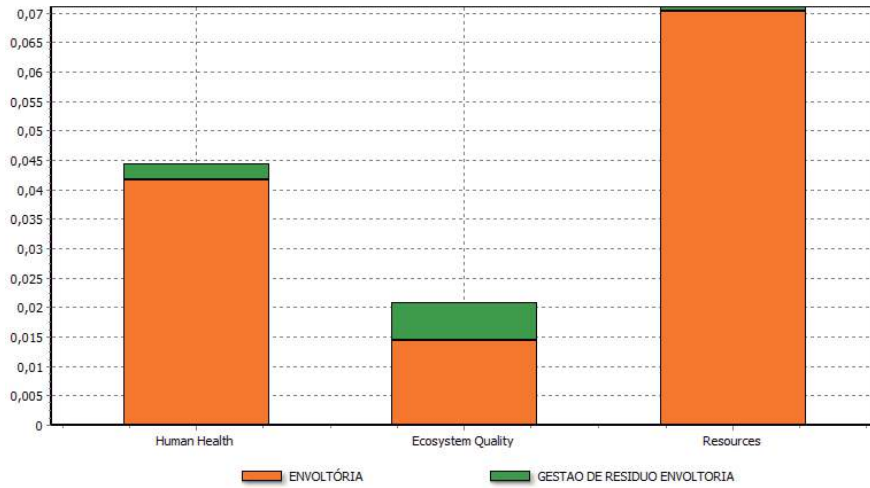


Figura 6. Normalização dos impactos ambientais do ciclo de vida dos materiais da envoltória da EACF com base nos efeitos provocados por um cidadão médio europeu em um ano. Os efeitos associados a cada classe de impacto foram multiplicados pelos respectivos fatores de referência e agregados em categorias de danos.

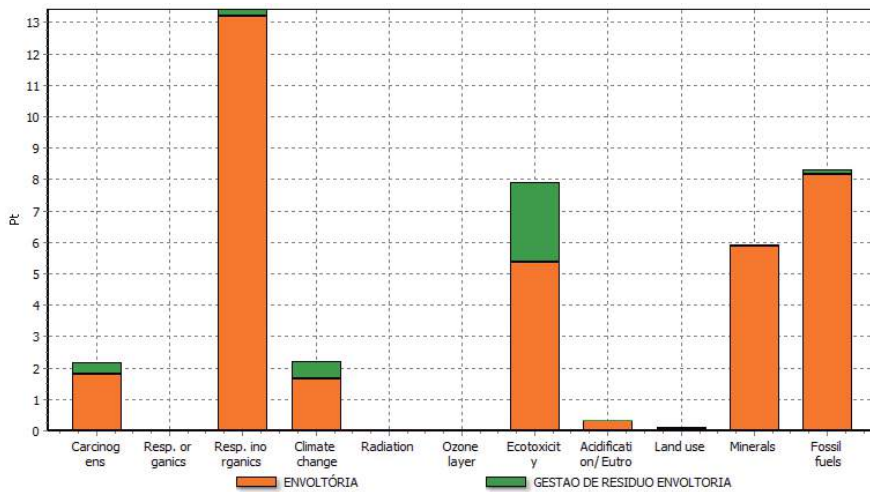


Figura 7. Valoração (ponderação) dos impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos materiais de envoltória da EACF associados às classes de impacto.

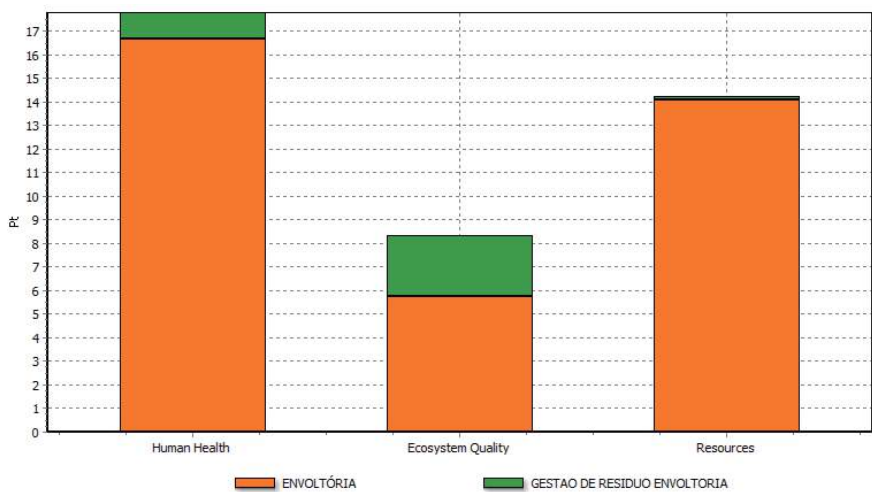


Figura 8. Valoração (ponderação) dos impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos materiais de envoltória da EACF agregados em categorias de danos.

Os potenciais impactos ambientais sobre a saúde humana (16,669 Pt) estão relacionados com o processo de emissão pela produção do aço utilizado no painel sanduíche (10,56 Pt), resultando

na liberação de compostos inorgânicos respiráveis (13,2 Pt). Sobre a qualidade dos ecossistemas (5,75 Pt), também no processo de fabricação do aço, resulta o impacto com a ecotoxicidade (5,38 Pt). Quanto aos recursos (14,07 Pt), o impacto incide sobre o uso de combustíveis fósseis (8,18 Pt), na fabricação da espuma rígida de poliuretano (PUR), e sobre ao uso de minerais (5,89 Pt), na fabricação do aço. Ainda, é conveniente avaliar os valores incidentes dos transportes.

5 CONCLUSÃO

Pesquisas sobre a Análise do Ciclo de Vida contribuem para a difusão da metodologia, bem como a apresentação de ferramentas que servem para simplificá-la, tornando a ACV uma metodologia mais aplicável e simples. Objetivando fornecer apoio para a confiabilidade dos resultados, o SimaPro, mesmo que não possua base de dados referente à realidade brasileira, permite a inclusão de dados nacionais, cabendo aos pesquisadores a inserção de dados que possam ser mais adequados à realidade local e do método de produção do material estudado, possibilitando também a difusão dos dados inseridos para que novos estudos possam ser realizados. Ainda, para essa pesquisa, o SimaPro apresentou-se como ferramenta viável e de obtenção de resultados fidedignos à realidade. O uso de dados fornecidos pelo *software* demonstrou ser viável, pois o método de extração da matéria e fabricação do sistema analisado é de origem europeia e os métodos de fabricação europeus estão disponíveis na base de dados da ferramenta. Considerando que grande parte dos sistemas construtivos atuais adotados nas recentes edificações antárticas são oriundos de países europeus, norte-americanos e asiáticos, é possível conjecturar que o SimaPro tem potencial para ser utilizado em outras situações de análise.

A partir dos resultados obtidos, observou-se que, hierarquicamente, o processo de fabricação do aço utilizado nos painéis sanduíche da envoltória corresponde ao fluxo de maior significância no processo, seguido pelos impactos das emissividades provenientes dos transportes a longas distâncias (desde Alemanha até a Antártica), e dos recursos utilizados para o processo de transporte.

Como pontos passíveis de melhoria no caso específico da EACF, propõe-se:

- A busca por aço que contenha material reciclado ou substituição do mesmo por material que corresponda aos requisitos de desempenho, a fim de minimizar os impactos dos fluxos provenientes do processo de produção do material usado;
- Como um dos principais impactos está relacionado à emissividade do transporte feito da empresa prestadora de serviço (Alemanha) até a locação de destino (Antártica), a seleção de fabricantes de origem mais próxima (como países da América do Sul, dentre eles, o Brasil) reduziria a distância percorrida pelo transporte, e consequentemente, reduziria consideravelmente os impactos gerados.
- A gestão do pós-vida da espuma rígida de PUR de maneira a encontrar funcionalidade para seus resíduos, poderia aumentar o percentual de reciclagem do material. Estudos desse tipo já têm sido realizados por pesquisadores, porém, sua disseminação ainda é pequena.
- A disseminação do estudo da ACV junto à indústria da construção civil, a fim de buscar melhorias na qualidade ambiental do que se é projetado.
- O incentivo à produção de base de dados nacional, visando contribuir para a aproximação e clareza dos resultados obtidos por *softwares* internacionais, além de contribuir para a disseminação da metodologia no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Ao INCT-APA – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártica de Pesquisas Ambientais e à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro;

e a Secirm – Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar por disponibilizar material e dados de suporte para as simulações.

REFERÊNCIAS

Alvarez, C. E. de; Casagrande, B.; Soares, G. R. 2007. . Resultados alcançados com a implementação do plano diretor da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF). In : IV Encontro Nacional e o II Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis., *Campo Grande, 2007*. ANTAC.

Alvarez, C. E. de. 2014. Edificações na Antártica. *Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global* (1): 98-113.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2009. *Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura: NBR ISO 1404*.

Bragança, L. & Mateus, R. 2011. *Avaliação do ciclo de vida dos edifícios: Impacte ambiental de soluções construtivas*. Minho, Portugal: Multicomp.

SECIRM. 2014. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/secirm/>. Acesso: 3 de ago. 2014.

Cruz, D. O.; Alvarez, C. E. De & Reis, N. C. 2007. A qualidade do ar interior da Estação Antártica Comandante Ferraz - EACF. In Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis, *Campo Grande, 2007*. ELECS.

Fanticele, F. B. 2011. *Avaliação de conforto térmico na Estação Antártica Comandante Ferraz*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo: Vitória.

Ferraz, N.; Rúbia K. & Alvarez, C. E. de. 2013. Diretrizes para sinalização na Península Keller, Antártica. In Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis, *Curitiba, 2013*. ELECS.

Ferreira, J. V. R. 2004. *Análise de ciclo de vida dos produtos. Gestão Ambiental*. Instituto Politécnico de Viseu: Portugal.

Luckmann, L. 2005. *Reciclagem de resíduos de espuma de poliuretano através da incorporação em polímeros termoplásticos, ABS PSAl e PS*. Dissertação (Mestrado). Universidade do estado de Santa Catarina: Santa Catarina.

Ministério do Meio Ambiente. 2013. *Construção Sustentável*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 08 de ago. de 2014.

Quirouette, R. 2014. *Air pressure and the building envelope*. Canada Mortgage and Housing Corporation.

Rodrigues, C. R. B.; Zoldan, M. A.; Leite, M. L. G. & Oliveira, I. L. 2008. Sistemas computacionais de apoio a ferramenta análise de ciclo de vida do produto (ACV). In XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008.

Silva, J. G. 2005. *Análise do ciclo de vida de tijolos prensados de escória de alto-forno*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo: Vitória.

Silva, V. G. 2003. *Avaliação da sustentabilidade de edifícios escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica*. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo.

Souza, J. E. B de. 2008. *Brasil na Antártica: 25 anos de história*. São Carlos: Vento Verde Editora.

Materiais compósitos com incorporação de cânhamo industrial

Elisabete Fernandes Araújo

Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Azurém, Guimarães, Portugal
elisabetefa.90@gmail.com

Rute Maria Gonçalves Eires

Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Azurém, Guimarães, Portugal
rute@civil.uminho.pt

ABSTRACT: Currently, employ the concept of sustainability in construction, has been a concern increased by several industry stakeholders. This is mainly due to the various environmental problems created by some components of building materials used, and the resulting waste production, high rate of exploitation and destruction of natural resources. It is therefore important to develop composite materials with industrial hemp embodiment, a natural material and rapid growth, in conjunction with binding materials. It is expected to develop a new composite material that is applicable to non-structural building components, such as bearing walls, partition walls, coatings and regularization floors.

Keywords: Cellulosic hemp fiber, unconventional materials, Sustainability, mechanical properties, chemical properties.

RESUMO: Atualmente, empregar o conceito da sustentabilidade na construção, tem vindo a ser uma preocupação acrescida por parte dos vários intervenientes do setor. Isto deve-se principalmente aos diversos problemas ambientais criados por alguns componentes dos materiais de construção utilizados, e à conseqüente produção de resíduos, alto ritmo de exploração e destruição dos recursos naturais. Assim, é importante, desenvolver materiais compósitos com incorporação de cânhamo industrial, um material natural e de rápido crescimento, em conjugação com materiais ligantes. É expectável desenvolver um novo material compósito que seja aplicável a elementos de construção não estruturais, como por exemplo, paredes não estruturais, paredes divisórias, revestimentos e regularização de pisos.

Palavras-chave: Fibras celulósicas de cânhamo, Materiais não convencionais, Sustentabilidade, Propriedades mecânicas, Propriedades químicas.

1 INTRODUÇÃO

A interpretação da sustentabilidade na construção vem sofrendo algumas alterações ao longo do tempo. Inicialmente, o importante era conseguir lidar com a falta de recursos (especialmente energia) e como reduzir os impactes no ambiente. No entanto, atualmente, verifica-se uma alteração deste conceito, isto é, hoje em dia é encarado como a criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, baseado na eficiência de recursos e princípios ecológicos, sem comprometer as gerações futuras.

Assim, a construção sustentável surge de forma a otimizar as práticas tradicionais, em que, esta gestão engloba não só os princípios enunciados, mas também, o consumo energético dos materiais de construção, a energia despendida durante todo o ciclo de vida do edifício, assim como, existir uma seleção cuidada dos materiais, de forma a reduzir os impactes ambientais.

Como tal, este estudo tem como principal fundamento, o desenvolvimento de novos materiais, assim como, novos métodos construtivos no âmbito de uma construção sustentável, promovendo a escolha destes materiais considerados “verdes” proporcionando o equilíbrio na conjugação com outros materiais. Esta conjugação, poderá proporcionar uma enorme vantagem

ao sistema construtivo, uma vez que, estes respondem a diferentes exigências, que procuram minimizar ao máximo a utilização de produtos de elevado consumo energético e de elevadas taxas de emissão de CO₂, e ao mesmo tempo, compensar os materiais complementares que consomem mais energia, obtendo um sistema favorável, repondo o consumo de energia inicial.

Deste modo, constatando as inúmeras aplicações do cânhamo industrial, que fazem desta planta uma das mais versáteis do mundo, este material poderá perfeitamente ser uma alternativa ecológica aos diversos materiais, utilizados hoje em dia em vários setores industriais.

Quanto ao sector da construção, o cânhamo industrial poderá ser utilizado de diversas maneiras, embora de forma gradual, tendo em conta, a falta de conhecimento por parte do setor das inúmeras vantagens deste, e o preconceito pela implementação de novos materiais. Contudo, verifica-se a existência de várias empresas, organizações e instituições que têm mostrado esforços em promover a utilização deste tipo de material, tendo em conta, a diversidade de pesquisa existente atualmente.

Finalmente é de frisar que, a utilização de cânhamo industrial na construção, inicialmente, surgiu em França, principal país precursor do betão de cânhamo, denominado “*béton de chanvre*” ou “*hempcrete*”, seguindo-se outros vários países como a Suíça, Reino Unido, Estados Unidos da América e Austrália. Em Portugal, começa agora a surgir o interesse por este material, podendo-se verificar isso mesmo, quando desde 2013 a CANAPOR – Cooperativa para o Desenvolvimento do Cânhamo, surge, de forma certificada, a fim de produzir, transformar e comercializar este material.

2 O CÂNHAMO - CONCEITO

O Cânhamo industrial é uma planta pertencente à família das Urticáceas, subfamília das Cannaboideas, de origem insuficientemente esclarecida, em que o seu nome científico é *Cannabis Sativa L.*

A planta cresce de forma natural, após semeada, não precisando de pesticidas nem herbicidas e proporciona o azoto que a terra necessita para se tornar fértil. Esta também é 30% mais resistente do que o algodão, possuindo um grande poder de absorção (de 20 a 30% do seu peso); não se deteriora; é anti-estática; reflete mais de 95% dos raios UV; resiste ao mofo e aos micróbios; possui um ótimo poder isolante, assim como, melhora a saúde do solo eliminando as ervas daninhas (C.Romão, 2000).

É também uma planta herbácea, e dioica (espécie em que os sexos se encontram separados em indivíduos diferentes), atingindo em condições normais, grande altura, principalmente o indivíduo feminino, apresentando uma das fibras mais longas e mais produtivas da natureza, devido à sua alta resistência. A principal diferença entre o indivíduo feminino o masculino (Figura1), que só se consegue distinguir quando estas atingem entre mês e meio a dois meses, é que as folhas do indivíduo feminino normalmente são maiores e produzem mais biomassa, assim como, ao contrário das femininas, o indivíduo masculino apresenta um caule delgado, perde as folhas após floração, acentuando-se o dimorfismo sexual e na extremidade superior do caule, começam a aparecer cachos e flores. Os indivíduos femininos apresentam flores de forma agrupada na axila das folhas, localizadas na extremidade dos ramos. Morfologicamente são idênticas no estágio vegetativo e raramente aparecem na mesma planta, aliás, quando acontece há sempre uma predominante (M.Santos, 2013).

As fibras de cânhamo industrial, *cannabis sativa L.*, apresentam um índice quase nulo de substâncias psicotrópicas ou *thetracannabiol*, THC, sendo neste componente a principal diferença entre o cânhamo e a marijuana. Ambas vêm da mesma planta, *Cannabis Sativa L.*, no entanto, o THC que provém do florescimento da planta é o componente ativo da marijuana, e por outro lado, a planta cânhamo é cultivada pelo seu caule e sementes, não pelas suas flores com um teor mínimo de THC, em que, os valores da marijuana rondam os 15 a 20%, enquanto

que, no cânhamo industrial os 0,3%.

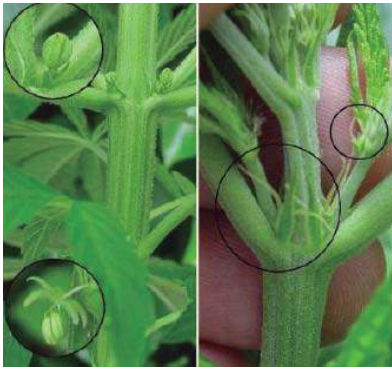


Figura 1 - Exemplos de cânhamo planta masculina e feminina

3 APLICABILIDADES DO CÂNHAMO INDUSTRIAL

3.1 Aplicabilidades comuns

As fibras exteriores da planta possibilitam diversos usos tais como: na comida, pois contém um elevado grau de AGE (ácidos gordos essenciais) considerada a melhor para o equilíbrio da saúde humana; cosméticos, pois tem excelentes propriedades regenerativas e hidratantes para a recuperação de doenças de pele; têxteis, desde meias, sapatos, malas e mochilas, cortinas, toalhas de mesa e cordas, utilizadas devido à dimensão da mesma e finura, bastantes delicadas para serem tecidas com seda; combustível, produtor número um de biomassa na terra, sendo um adversário atual e significativo na condição económica do combustível limpo; papel, em que, resiste à decomposição e não se torna amarelo como o papel derivado das árvores; produtos de limpeza, em que, testes Europeus, indicam que os produtos de limpeza com agentes naturais baseados no óleo da semente de cânhamo trabalham de modo igual ou melhor do que outros baseados em óleos como o coco, soja e canola; tintas, uma vez que, óleo de cânhamo contém agentes de secagem naturais usados nas tintas, nos vernizes e isolantes, que tornam a madeira altamente resistente à água; e, finalmente, materiais de construção, devido à sua alta resistência e durabilidade.

Curiosidades:

«As primeiras calças de ganga azul da Levis, foram trabalhadas em lona de vela de barco, 100% feita de cânhamo. A lona foi importada de Nim-França e assim surgiu o “de Nim” ou “denim”.»

«A Bíblia de Gutenberg - o primeiro livro a ser impresso - foi impresso em papel de cânhamo e 600 anos depois as páginas continuam em boas condições. Os esboços originais da Declaração da Independência e da Constituição Americana foram, também, impressos em papel de cânhamo.»

3.2 Hempcrete – aplicabilidade na construção

Este é a nova alternativa “verde” ao betão e daí o aparecimento deste novo conceito. Ou seja, associando que o betão é composto por um agregado, um ligante e aditivos, neste caso concreto, o agregado é o cânhamo, os ligantes a cal aérea e cal hidráulica, e os aditivos podem ser a pozolana, metacaulino, argila em pó, areia e possíveis aditivos minerais. Assim, este composto é equiparado a um betão, tendo em conta a sua constituição, mas sem base de cimento, como evidencia a figura 2.

Sendo um produto de construção único, este apresenta propriedades que lhe conferem a viabilidade do seu uso, nomeadamente: baixa densidade; elevado nível de isolamento térmico e acústico; elevado nível de inércia térmica; boa permeabilidade ao vapor; boa flexibilidade; resistente ao fogo e infestações; pode reduzir significativamente as emissões de CO₂, uma vez

que, retém aproximadamente 110Kg por m³ de parede; reduzido nível de desperdícios, assim como, os rigorosos controlos de qualidade no fabrico, asseguram consistência e conformidade na apresentação final selecionada, isto é, apresenta uma boa estética. Constata-se então, que é um excelente componente de aplicabilidade no setor de construção, quer para edifícios, quer para os espaços habitacionais e de trabalho, proporcionando um ambiente saudável.



Figura 2 – Constituição do hempcrete

Além disso, o Hempcrete tem a possibilidade de vir a estabelecer a diferença no futuro da construção sustentável. Contudo, a prática de design atual pressupõe que, este componente não contribui para a capacidade estrutural da parede, mas beneficia significativamente a capacidade de carga vertical das vigas de madeira, assim como, aumenta tanto a carga de rotura como a rigidez (Raiz verde, 2009).

Relativamente, à resistência à compressão, existem alguns estudos já realizados, que demonstram as gamas de resistência de compostos, tendo em conta toda a vertente descrita. Na Tabela 1 apresentam-se os estudos analisados, os respetivos materiais e processos de moldagem utilizados, bem como os principais resultados obtidos, as resistências à compressão e a massa volúmica.

Tabela 1 – Estudos realizados da resistência à compressão

Referência	Composição(Agregados, ligantes e aditivos)	Processo de moldagem	Principais resultados obtidos (positivos/negativos)	Resistência à compressão	Massa volúmica
Eires, 2006	Fibras internas de Cânhamo; pasta de papel; metacaulino e cal. Aditivos - bórax e cloreto de cálcio.	Compactação manual (em cubos - 50x50x50mm) e compactação mecânica (em placas - 200x200x0,35 mm)	- Maior coesão com a pasta de papel adicionada - Endurecimento inicial demorado (2 semanas) - Baixas resistências mecânicas - Elevada absorção de água.	0,5MPa	Cubos - 498Kg/m ³ Placas - 416Kg/m ³
Gross, C.&Walker, P.,2014	Fibras de cânhamo, cal e água	Painéis de parede – espessuras variáveis (2,4x2,4m)	- O tempo de cura afeta a rigidez do composto - Ductilidade - Baixa densidade, que aumenta a resistência	0,35 a 0,45 N/mm ² (varia com quantidades de cânhamo)	330 Kg/m ³
Tradical (Building lime Inovation)	Cana de cânhamo;Cal hidráulica;Pozolana e materiais minerais	Processo mecânico	- Auto regulação da humidade - Isolamento suficiente térmico e acústico - Alta elasticidade	0,9 Mpa	

Referência	Composição(Agregados, ligantes e aditivos)	Processo de moldagem	Principais resultados obtidos (positivos/negativos)	Resistência à Massa compressão volúmica
Santos, M., 2013 (baseado projeto Grã-Bretanha)	Cerne lenhoso do interior cânhamo, calhidráulica, água e areia	Blocos de Betão Cânhamo	<ul style="list-style-type: none"> - Resistente ao fogo e pragas - Com esta gama de resistência não pode ser utilizado como elemento estrutural - Boa inércia térmica - Boas propriedades térmicas Reciclável 	0,46 Mpa para paredes (resistência baixa, não aconselhável para elemento estrutural) e 0,84 para pavimentos

3.3 Aplicação de fibras em “betão de cânhamo”

O cânhamo é um material que já em tempos passados era utilizado para reforçar tijolos de argila, contudo, atualmente, constata-se que este é mais utilizado no reforço de materiais à base de cimento, tais como, betões, argamassas, blocos e placas. Este reforço utiliza a celulose proveniente das fibras internas do cânhamo, sendo um bio compósito feito a partir do núcleo lenhoso do mesmo, em fragmentos, misturado com um aglutinante. É de salientar que este é extraído do núcleo, devido ao seu alto teor em sílica, permitindo uma boa ligação com a cal, ativando as suas fibras na presença de cal e água, conduzindo a um processo de petrificação (R.Eires, 2006 e M.Santos, 2013).

Existem diversas composições com utilização da cal, nomeadamente aérea ou hidráulica, considerando diferentes aditivos adicionados em quantidades distintas, como é exemplo o gesso, cimento, produtos pozolânicos, pó de pedra e areia.

Assim, o betão de cânhamo tem diversas aplicações, tais como, em coberturas, paredes interiores e exteriores, substituindo assim a parede de tijolo convencional com o isolamento térmico ou acústico e revestimentos com gesso cartonado, existindo três formas de aplicação, por blocos pré-fabricados, por compactação e por pulverização (R.Eires, 2006 e M.Santos, 2013).

Blocos pré-fabricados:

Estes, são fabricados em betão de cânhamo, com medidas standard, sendo considerado um método seco de construção. Os blocos são semelhantes ao tijolo tradicional, suportados por uma estrutura de madeira, colocados sobre pregos, que encaixam em perfurações pré-feitas nos mesmos, que lhes concede a estabilidade necessária (M.Santos, 2013).



Figura 3 – Exemplo bloco pré-fabricado de betão de cânhamo

Compactação

Este método consiste na utilização de uma estrutura de madeira como suporte de cargas e o seu interior é preenchido com betão de cânhamo. Após cofragem, este é compactado à mão ou com maquinaria própria, resultando num produto duro e sem espaços de ar. Contudo, as fibras não

podem ser compactadas de forma excessiva pois as propriedades térmicas irão ser reduzidas (M.Santos, 2013).



Figura 4 – Exemplo do método de compactação

Pulverização

Este método é equiparado ao de aplicação do betão projetado, sendo bastante rápida a sua técnica de aplicação, contudo necessita de pessoal especializado para a sua realização (M.Santos, 2013).



Figura 5 – Exemplo do método de pulverização

Uma característica deste tipo de construções é a capacidade de permitir uma boa permeabilidade ao vapor de água, sobretudo com ligantes à base de cal.

Comparando estes processos com o convencional (parede com tijolo e isolamento), para além do fator biológico e de carácter ecológico, têm a capacidade de permitir a respiração natural do edifício, prevenindo a ocorrência de condensações dada à sua capacidade de absorção e resistência à água, sem impermeabilização. Além disso, estes processos apresentam outras vantagens ao nível da construção, nomeadamente: a presença de um alto teor em sílica e porosidade do material concedem boas propriedades térmicas e acústicas; a sua flexibilidade e a capacidade de se ajustar aos movimentos, próprios de qualquer construção, evitam o surgimento de fissuras; e é um material não inflamável e não liberta fumos tóxicos. Existem ainda, outras vantagens em relação a outras construções, como as construções em terra crua ou em fardos de palha, pois é resistente a insetos, fungos e bactérias (R.Eires, 2006 e M.Santos, 2013).

3.4 Outras aplicabilidades no setor

Atualmente, os materiais mais utilizados como isolamento são as fibras de vidro, fibras cerâmicas e fibras de lã de rocha, contudo, estes materiais para além de terem uma elevada energia incorporada, envolvem a produção de bastante resíduos. Assim sendo, o cânhamo é uma ótima alternativa ao uso dos materiais mais convencionais, devido às suas propriedades (R.Eires, 2006 e M.Santos, 2013).

As fibras exteriores, resultantes do caule do cânhamo, são utilizadas como isolamento térmico e acústico em edifícios pelo seu coeficiente térmico muito baixo, cerca de $0,039 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, o que o torna um bom material isolante, podendo ser utilizados em paredes, pisos e coberturas. Um outro benefício é a energia incorporada que é de $0,0014 \text{ MJ/Kg}$ (R.Eires, 2006 e M.Santos, 2013).

Aglomerando as fibras de cânhamo, ligeiramente comprimidas, formam-se placas flexíveis, sem qualquer tipo de ligante, apenas sujeitas a um tratamento anti-fogo (R.Eires, 2006 e M.Santos,

2013).

Em suma, verifica-se um crescimento no uso deste material, contudo, devido ao seu preço, comparando por exemplo com a lã mineral, este é um dos principais entraves ao maior crescimento (M.Santos, 2013).



Figura 6 – Exemplos de isolamento em painel em fibra de cânhamo

Utilizando fibras de cânhamo, também se consegue obter MDF (Médium DensityFiberboard), podendo ser aplicadas na construção como placas, vigas e produtos moldados como o mobiliário. Uma outra obtenção, são os bioplásticos, produto totalmente biodegradável, resistente a elevadas temperaturas, em comparação com outros plásticos. Ambos são compósitos fabricados recorrendo a sistemas de compressão adequados e uma cura térmica a elevadas temperaturas (R.Eires, 2006 e M.Santos, 2013).

Após constatações, pode-se afirmar que, para além do forte crescimento na utilização deste material, o cânhamo apresenta diversas utilidades na construção, como podemos verificar no quadro que se segue.

Tabela 2 – Utilização das diferentes partes do cânhamo na construção

Composição	Cânhamo na construção		
	Descrição	Aplicação	Produtos
Fibras de cânhamo	<ul style="list-style-type: none"> - Matéria-primas renováveis; - Não tóxico; - Com baixas emissões CO₂; - Com baixa energia incorporada; 	<ul style="list-style-type: none"> -Materias de isolamentos térmicos e acústicos de paredes, pavimentos e coberturas; - Placas (MDF). 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolamento de cânhamo: - Bom regulador de humidade - Elevada resistência térmica e acústica; - $\lambda=0,038 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$.
Cerne lenhoso do interior da planta	<ul style="list-style-type: none"> - Reciclável/reutilizável. 	<ul style="list-style-type: none"> - Paredes; - Pavimentos 	<ul style="list-style-type: none"> -Betão de cânhamo: -Material composto por cânhamo, cal e água; -Absorve CO₂; -Boa resistência no fogo; - Boa permeabilidade; - Elevada resistência térmica e acústica.

4 CONCLUSÃO

Em suma, torna-se extremamente necessário a alteração das práticas de construção, investindo em produtos alternativos, baseados em materiais resultantes do aproveitamento de materiais renováveis e resíduos industriais, que contribuam para a sustentabilidade do setor de construção.

Assim, a sustentabilidade do uso do cânhamo, a intensificação da exploração agrícola em Portugal e a falta de conhecimento dos profissionais de construção sobre este material, fazem do mesmo, na ótica da sustentabilidade, um material a investir.

Deste modo, este estudo pretende ser mais um contributo para o conhecimento científico sobre as potencialidades deste material.

REFERÊNCIAS

Aigbomian, E. 2012. Development of Wood-Crete building materials from sawdust and waste paper. *Construction and Building Materials* 40: 361–366.

CANAPOR: Cooperativa para o desenvolvimento do cânhamo “CRL” www.canapor.com [acedido em Junho de 2014].

Concelho de Arquitectos da Europa. *A Green Vitruvius – Princípios e práticas de projecto para uma Arquitectura Sustentável*, 1999. Ed. Ordem dos Arquitectos Portugueses, 2001.

Decreto lei Nº 23/99, que estabelece as regras relativas ao controlo do mercado lícito de estupefacientes, substâncias psicotrópicas, precursores e outros produtos químicos susceptíveis de utilização no fabrico de droga.

Eires, Rute 2006.. *Materiais não convencionais para uma construção sustentável*. Guimarães: Universidade do Minho.

Eires, Rute; Jalali, Saïd; Camões, Aires 2007. *Novos compósitos para aplicações não estruturais na construção*. Congresso Construção – Universidade Coimbra.

Gabinete de planeamento e políticas (GPP) - *Produção de cânhamo, 2011*. Ministério da Agricultura e do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 2011.

Gross, C. & Walker, P. 2014. Racking performance of timber studwork and hemp-lime walling. *Construction and Building Materials* 66: 429–435.

História do cânhamo. <http://www.canhamohousehemp.com>[acedido em Junho de 2014].

Hemp Technology. Hemp Technology Ltd 2010. *Products – hemp and lime construction* www.hemcore.co.uk/hemcrete.htm [acedido em Julho de 2014].

Honório, Káthia 2005. *Aspetos terapêuticos de compostos da planta Cannabis sativa*. Brasil: Instituto de Física de São Carlos - Universidade de São Paulo [acedido em Junho de 2014].

Maia, Lorena 2013. *Fibras Têxteis – Cânhamo*. Brasil [acedido em Julho de 2014]

Materiais Não Convencionais. <http://www.icbo.org>[acedido em Junho de 2014]

McLaren, D. 2012. A comparative global assessment of potential negative emissions technologies. *Construction and Building Materials* 90: 489–500.

DRAP Norte: Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte. *A cultura do cânhamo*, 2011. Ministério da agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território, 2011.

Montedor, Carlos 1997. *O cânhamo como produtor de fibra*. Lisboa: Universidade de Lisboa.

Pacheco, Nelson 2009. *Como plantar cânhamo em Portugal*. Porto.

Paiva, Samantha 2007. *Compósito cimento – lodo de ETE de indústria de papel para aplicação na construção civil*. Brasil: Universidade de São Paulo.

Rai, D., Sodagar, B., Fieldson, R. & Hu, X. 2011. Assessment of CO2 emissions reduction in a distribution warehouse. *Construction and Building Materials* 36: 2271–2277.

Raizverde: *Energias renováveis – construção e materiais ecológicos*, 2009 [acedido em Julho de 2014].

Romão, Cristina 2000. *Manual do cânhamo*. Brasil: São Paulo.

Santos, Mariana 2013. *O cânhamo como material de construção: viabilidade e oportunidade*. Porto: Universidade Fernando Pessoa.

Wooley, Tom; Terry McGrogan 2013. *The Use of Hemp as an Eco-Composite Form of Building Construction*.

Contribuição para avaliação da influência da granulometria de agregados reciclados em estruturas de contenção do tipo solo reforçado a partir do ensaio do arrancamento de pequeno porte

José Lucas Sobral Marques

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil, Curitiba, PR, Brasil
jose.marques@rdr.srv.br

Heloisa Fuganti Campos

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil, Curitiba, PR, Brasil
helo_campos@hotmail.com

Lígia Vitória Real

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil, Curitiba, PR, Brasil
ligiavr@gmail.com

Talita Cristina Soares

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil, Curitiba, PR, Brasil
talitaccsoares@gmail.com

Débora Tomaselli

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil
debora.tomaselli@gmail.com

Leonardo Miranda

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil, Curitiba, PR, Brasil
lfrmiranda@ig.com.br

ABSTRACT: An unusual application of the construction and demolition wastes is its use as landfill material containment of reinforced soil type. The pullout tests of geogrids allow to assess the attrition between the backfill material and the reinforcement, which is a central parameter to this type of structure. In this study, tests were performed with mixed recycled aggregate (MRA), recycled concrete aggregate (RCA) and natural aggregate (NA). The aggregate size was limited to 37.5 mm. The results were not able to determine which geogrid-material interaction had better performance, but it was possible to identify higher friction angle for MRA. It was also observed that the test for small aggregates may be unsuitable for large grain size. The samples made with recycled aggregates shows better results, so this material had been shown adequate for utilization in reinforced soil construction.

Keywords: construction and demolition wastes, reinforced soil, geogrid, small pullout test

RESUMO: Uma aplicação não usual dos resíduos de construção e demolição é como material de aterro em obras de contenção do tipo solo reforçado. Os ensaios de arrancamento de geogrelhas permitem avaliar a interação entre o material de aterro e o reforço, que é parâmetro fundamental para esse tipo de estrutura. Neste trabalho, foram realizados ensaios com agregado reciclado misto (ARM), agregado reciclado de concreto (ARC) e agregado natural (AN) e limitou-se o tamanho do agregado a 37,5 mm. Os resultados não permitiram avaliar qual a interação entre os materiais estudados e a geogrelha teve melhor desempenho, porém foi possível identificar maior ângulo de atrito para o ARM. Observou-se que o ensaio de pequeno porte pode ser

inadequado para agregados de maior granulometria. As amostras de agregados reciclados apresentaram melhores resultados comparativamente às de agregado natural, assim, esse material se mostrou adequado para a utilização em obras de solo reforçado.

Palavras-chave: resíduos de construção e demolição, solo reforçado, geogrelha, ensaio de arrancamento de pequeno porte

1 INTRODUÇÃO

A reciclagem dos resíduos de construção e demolição (RCD) deve ser estudada e incentivada para ajudar a mitigar os problemas ambientais decorrentes de uma má deposição desse tipo de resíduo. A maioria dos estudos que visa o aproveitamento da reciclagem dos RCD se concentra na fabricação de agregados reciclados para uso em concreto sem função estrutural e em obras de pavimentação. Desta forma, tornam-se importantes os estudos que visem uma nova aplicação para os RCD. Uma delas é seu uso como aterro de estruturas de contenção do tipo solo reforçado (Santos, 2007).

Quando existe qualquer tendência de movimento do maciço, através de tensões cisalhantes de contato, o solo deve ser reforçado. A técnica consiste na inclusão de elementos de reforço no solo, a fim de aprimorar suas características, proporcionando ao maciço uma maior resistência ao cisalhamento. Massad (2003) afirma que o reforço é feito com a inserção de materiais resistentes à tração entre as camadas compactadas de solo, sendo a construção feita de baixo para cima. Os reforços são convenientemente orientados para que a partir de suas características e propriedades confirmem ao conjunto resistências superiores às do maciço não reforçado (Ladeira, 1995).

O presente trabalho tratará apenas da utilização de geogrelhas como reforço. As geogrelhas e os geotêxteis são os geossintéticos mais comumente empregados como elementos de reforço de solo e se mostram eficazes principalmente porque oferecem boa resistência à tração e por promoverem uma adequada interação com o solo circundante (Teixeira, 2003).

A força resistente do conjunto solo-reforço pode ser decomposta em duas parcelas: uma devido ao atrito e outra devida adesão superficial que pode ser representada pelo empuxo passivo do solo sobre as barras transversais da estrutura de reforço (Yogorajah E Yeo, 1994; Chang *et al*, 1995). As duas componentes não desenvolvem sua resistência simultaneamente, a componente do atrito necessita de um pequeno deslocamento para que comece a agir, já a componente do empuxo passivo requer um deslocamento maior (Chang *et al*, 1995).

Chang *et al* (1995) afirmam que quando maior o ângulo de atrito interno maior será a resistência ao cisalhamento do aterro. O autor também enfatiza que além da granulometria ajudar a preencher os espaços da geogrelha, um solo bem graduado permite uma maior intertravamento dos grãos, aumentando também a resistência. Dessa maneira uso de agregados reciclados da construção civil pode ser uma boa opção.

A partir do exposto pode-se afirmar que bom desempenho da estrutura é caracterizado por duas necessidades básicas: deslocamentos no maciço suficientes para mobilizar a resistência à tração do reforço e a segunda, resistência ao cisalhamento do solo, ou seja, os deslocamentos laterais da face e os recalques devem ser limitados, de forma a garantir os requisitos de sua utilização (Pedroso, 2000).

O ensaio mais indicado para avaliar as características de interação entre o material de aterro e o reforço é o ensaio de arrancamento, que avalia o comportamento das inclusões embutidas no solo quando solicitadas por uma força de tração (Teixeira, 2003).

O objetivo deste artigo é avaliar a influência da granulometria dos resíduos de construção e demolição (RCD) utilizado como material de aterro em estruturas de contenção do tipo solo

reforçado através do ensaio de arrancamento de geogrelha em equipamentos de pequeno porte.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio de arrancamento consiste na aplicação de uma carga distribuída em uma amostra, com a finalidade de medir principalmente a força de arrancamento e o deslocamento da amostra do geossintético (Chang *et al*, 1995).

O equipamento de teste deve ser capaz de permitir a aplicação da carga de maneira controlada (Farrag *et al*, 1993). Segundo Teixeira (2003), os ensaios de pequeno porte servem para ensaiar amostras curtas de geogrelha. É uma alternativa aos ensaios de grande porte que requerem uma grande quantidade de solo e demandam muito trabalho e tempo para serem executados, além de equipamento de maior custo. O equipamento para a realização do ensaio é composto por uma caixa de testes, por um sistema de aplicação de sobrecarga e é conectado a uma máquina universal para ensaios de tração em geossintéticos. A caixa de teste é feita com chapas de aço reforçadas por perfis tubulares nas paredes, tampa e fundo para realizar o enrijecimento da estrutura. Na parede traseira, possui um acoplamento para ligar-se à máquina universal e uma abertura ao longo de toda a extensão da parede frontal, para a passagem da inclusão ensaiada.

2.1 Materiais e Amostras

Os materiais utilizados nos ensaios foram: agregado reciclado misto (ARM); agregado reciclado de concreto (ARC); agregado natural (AN). Os agregados reciclados foram obtidos do sistema de bica corrida de usinas de reciclagem da região metropolitana de Curitiba/PR (Usipar e Soliforte). O agregado natural consiste em um solo granular da região de São José dos Pinhais/PR. Os materiais foram secos em estufa a 100°C e então peneirados e separados nas seguintes granulometrias: Brita 01 (9,5 a 19 mm), brita 02 (19 a 25 mm), brita 03 (25 a 37,5 mm), pedrisco (4,8 a 9,5 mm) e areia (< 4,8 mm).

Limitou-se o tamanho máximo para o agregado a 37,5 mm, pelo fato de os ensaios de arrancamento serem realizados em um equipamento de pequeno porte e evitar interferências nos resultados.

Após a separação do material foi feita a composição das amostras ensaiadas, de maneira que a granulometria fosse à mesma, só variando a natureza do material. Ou seja, para cada tipo de material (ARM, ARC e AN) foram criadas três amostras diferentes, denominadas Granulometria 1, Granulometria 2 e Granulometria 3, seguindo os critérios da TABELA 1. Como o ensaio será realizado para três níveis de sobrepressão, como será visto no item 3.4, foram confeccionadas 27 amostras, três para cada Granulometria.

Tabela 1. Composição das amostras

	Granulometria 1	Granulometria 2	Granulometria 3
Areia	70%	35%	0%
Pedrisco	30%	15%	0%
Brita 01	0%	28%	0%
Brita 02	0%	16%	0%
Brita 03	0%	6%	0%
Passante # 2,4mm	0%	0%	100%

A Granulometria 1 visa ensaiar uma amostra com maior presença de agregados miúdos, sem requerer peneiramento, enquanto que a Granulometria 2 visa ensaiar uma amostra que mais se assemelhe ao material obtido na produção de bica corrida das usinas de reciclagem. Já a Granulometria 3, visa avaliar a influência do peneiramento, ou seja, a utilização apenas de material fino passante na peneira 2,4 mm.

2.2 Geogrelha

As geogrelhas utilizadas nos ensaios são do modelo Fortrac 110/25-20/30 MPT, conforme Figura 1, produzidas pela empresa Huesker Ltda. Os filamentos são de PVA e a Figura 1 apresenta suas propriedades, obtidas junto ao fabricante.

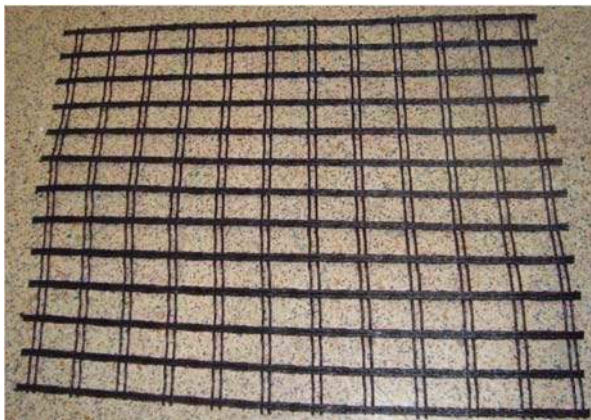


Figura 1. Geogrelha utilizada nos ensaios de arrancamento

Tabela 2. Propriedades da geogrelha

Propriedade	Geogrelha	
Resistência à tração (kN/m)	Longitudinal	110
	Transversal	25
Gramatura (g/m ²)		360
Deformação na ruptura (%)		6
Faixa de resistência ao pH		2-13
Malha retangular (mm)		20x30

2.3 Equipamentos utilizados

Os equipamentos para a realização do ensaio de arrancamento foram: Prensa universal, EMIC – DL 10000; Garra para fixação da geogrelha; Caixa de confinamento da amostra, com medidas internas de 30x30x15 cm, com uma abertura na metade da sua altura (7,5 cm) de 5mm, para a passagem do reforço; Tampa da caixa de confinamento, equipada com uma bolsa de ar inflável de borracha na parte interna e uma conexão para se ligar a uma mangueira na parte externa; Compressor de ar, SCHULZ – CSA 7,5/20 – 1,5 HP.

2.4 Ensaio de arrancamento

As amostras descritas no item 3.1 foram submetidas ao ensaio de arrancamento de pequeno porte. Cada amostra foi submetida a três níveis de sobrepresão: 25kPa, 50kPa e 75 kPa. A realização do ensaio, Figura 2, foi da seguinte maneira: Prende-se a geogrelha na garra, com o uso de parafusos. Então é feito o preenchimento da caixa de testes com a amostra até a abertura, sendo que a mostra é depositada sem compactação; Coloca-se o conjunto geogrelha-garra pela abertura da caixa, sobre a amostra. Preenche-se a caixa com amostra até seu topo, mas deixando uma pequena folga para o inflamento da bolsa de ar; Fecha-se a caixa com os parafusos, vedando-a completamente. Transporta-se a caixa até a prensa, ficando esta na posição vertical, e prende-a na prensa através de parafusos localizados na parte inferior; Por último, conecta-se a garra no dispositivo da prensa, deslocando-o até a geogrelha ficar esticada e é feita a aplicação da sobrepresão desejada e inicia-se o ensaio de arrancamento.



Figura 2. Passos para realização do ensaio de arrancamento

O ensaio de arrancamento resulta em pares de valores relacionando a força de arrancamento com o deslocamento correspondente. A partir dos resultados é possível calcular as tensões de arrancamento de acordo com a Equação 01, descrita por Teixeira (2003), e por fim plotar gráficos tensão versus deslocamento.

A fim de homogeneizar os resultados, Teixeira (2003) indica a utilização da Equação 2, para ajustar as curvas experimentais. Com as tensões últimas ajustadas e definidas, plotam-se as linhas de tendência para definição das envoltórias de resistências (Teixeira, 2003).

$$\tau = \frac{F_{ar}}{2b(l - \delta)} \quad (1)$$

$$\tau = \tau_{ult} \left(1 - e^{\frac{-k_j \cdot \delta}{\tau_{ult}}} \right) \quad (2)$$

Onde τ = tensão de arrancamento; F_{ar} = Força de arrancamento referente ao deslocamento; l : largura da geogrelha; b = comprimento inicial da geogrelha embutida no material ensaiado; δ : deslocamento; τ_{ult} = valor máximo assintótico para a função exponencial; k_j = inclinação inicial da curva τ versus δ .

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Houve uma grande heterogeneidade dos resultados para as Granulometrias 1 e 2. Essa dispersão foi atendida em todas as amostras estudadas, indicando que foi função da granulometria e não da litologia do agregado.

Não foi possível verificar um patamar de força bem definido, assim como não foi possível constatar uma orientação coerente dos resultados, pois eles se apresentaram de maneira dispersa. Nota-se ainda, que os resultados obtidos se afastam significativamente do valor ajustado, para as amostras de Granulometria 1 e Granulometria 2.

Em contra partida, todas as amostras de Granulometria 3 ensaiadas apresentaram uma menor dispersão, quando comparados os resultados das outras amostras. Ademais, os resultados se apresentaram mais regulares, mais próximos das curvas de ajuste. Tal fato observado indica que o peneiramento refinou os resultados.

A Figura 3 apresenta os resultados obtidos para as amostras elaboradas com agregado reciclado misto.

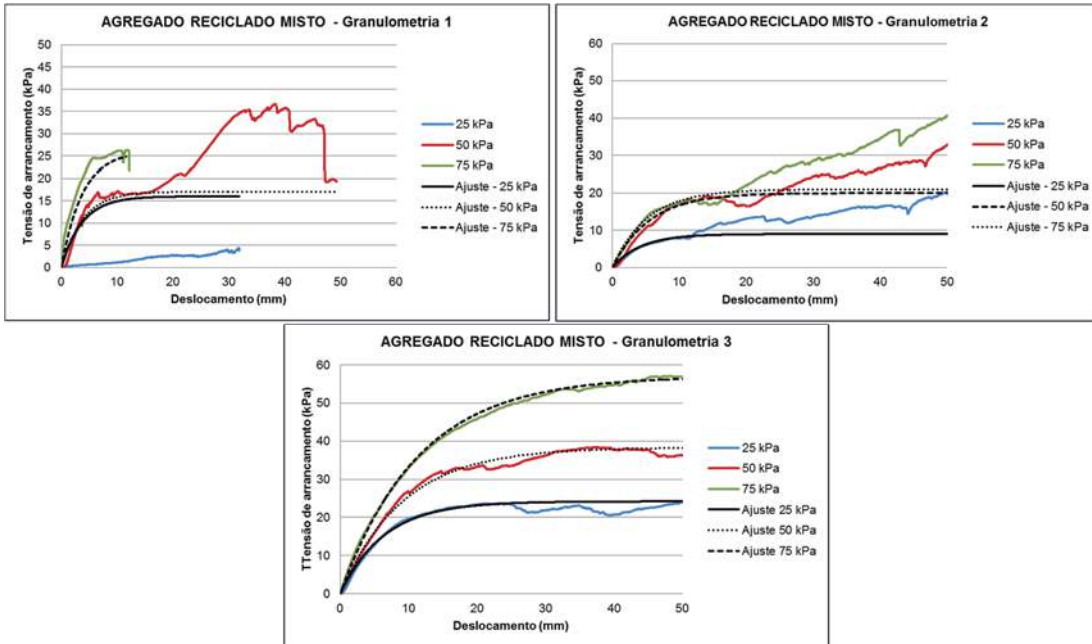


Figura 3. Curvas experimentais e ajustadas das amostras de ARM para as três granulometrias ensaiadas

A partir dos resultados observados na Figura 4 pode-se concluir que o peneiramento melhorou a qualidade dos resultados, pois diminuiu a dispersão e amenizou o aparecimento de picos de tensão, possibilitando uma análise mais crítica. O peneiramento também provou um aumento da tensão de arrancamento, aumento esse superior a 100% como pode ser visto.

Comparando amostras de Granulometria 1 e 2, observa-se que para a Granulometria 2 os resultados foram melhores, provavelmente pela granulometria mais fechada, o que pode ter minimizado o efeito de grãos maiores isolados, que poderiam ocasionar picos de tensão, como se pode notar no grafico da Granulometria 1.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos para as amostras elaboradas com agregado reciclado de concreto. Os resultados também foram divergentes do esperado, apresentando grande dispersão e sem um patamar de força bem definido, para as Granulometrias 1 e 2.

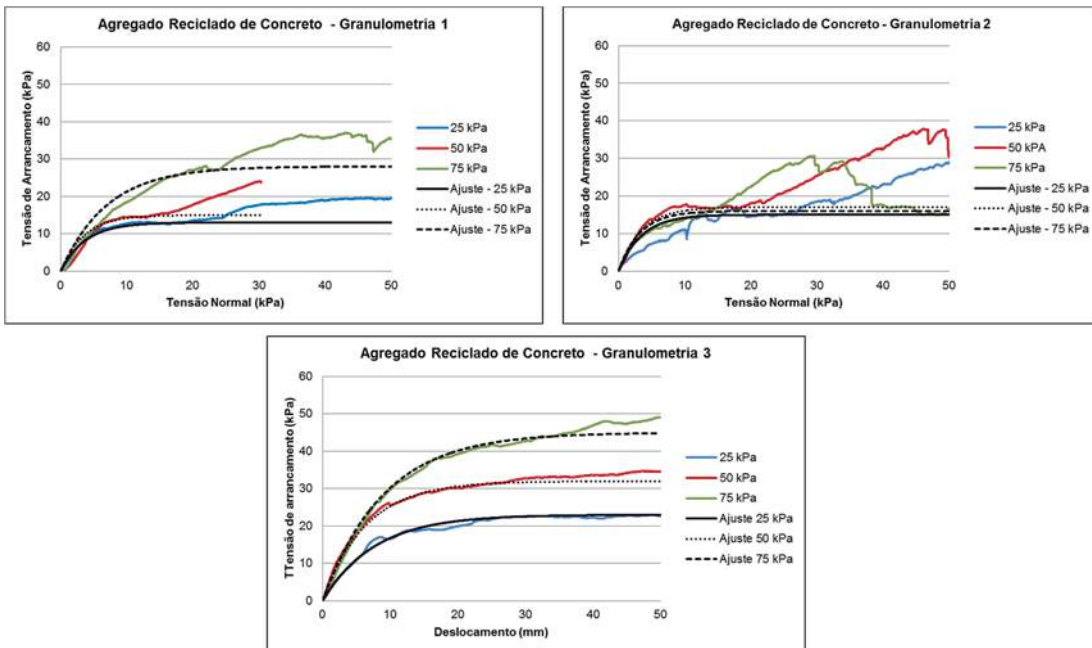


Figura 4. Curvas experimentais e ajustadas das amostras de ARC para as três granulometrias ensaiadas

Diferentemente do observados na Figura 4 os resultados para Granulometria 2 não foram melhores, quando comparado aos da Granulometria 1, sendo assim a hipótese de que o intertravamento dos grãos melhoraria os resultados não se mostrou coerente.

Destarte, outros fatores devem estar afetando os resultados do ensaio. Chang *et al* (1995) colocam que o confinamento e a interação da amostra com as paredes da caixa podem interferir nos resultados. Farrag *et al* (1993) acrescentam que pode haver restrição ao arrancamento quando o solo deformado interage com a parede frontal da caixa. Além desses pontos, foi observado aplicação de pressão na amostra não é uniforme, uma vez que o equipamento não infla de maneira homogênea, como ilustrado na Figura 5, e com isso a leitura pode ser comprometida. Outro ponto que pode afetar o resultado é a retirada da geogrelha de maneira não uniforme da caixa de ensaio, como se pode notar na Figura 6 há um deslocamento longitudinal da barra de fixação. Ainda existe a possibilidade de assentamento da amostra no interior da caixa, pois a mesma é montada na horizontal mas posicionada na vertical para execução do ensaio. Esse fato também pode influenciar negativamente nos resultados.

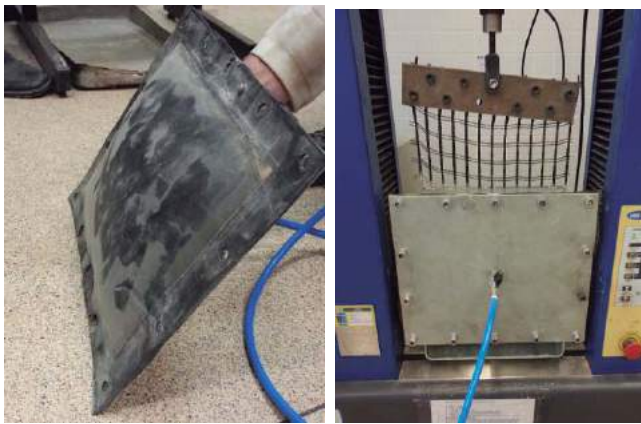


Figura 5. Câmara de ar inflada. Figura 6. Arrancamento da grelha

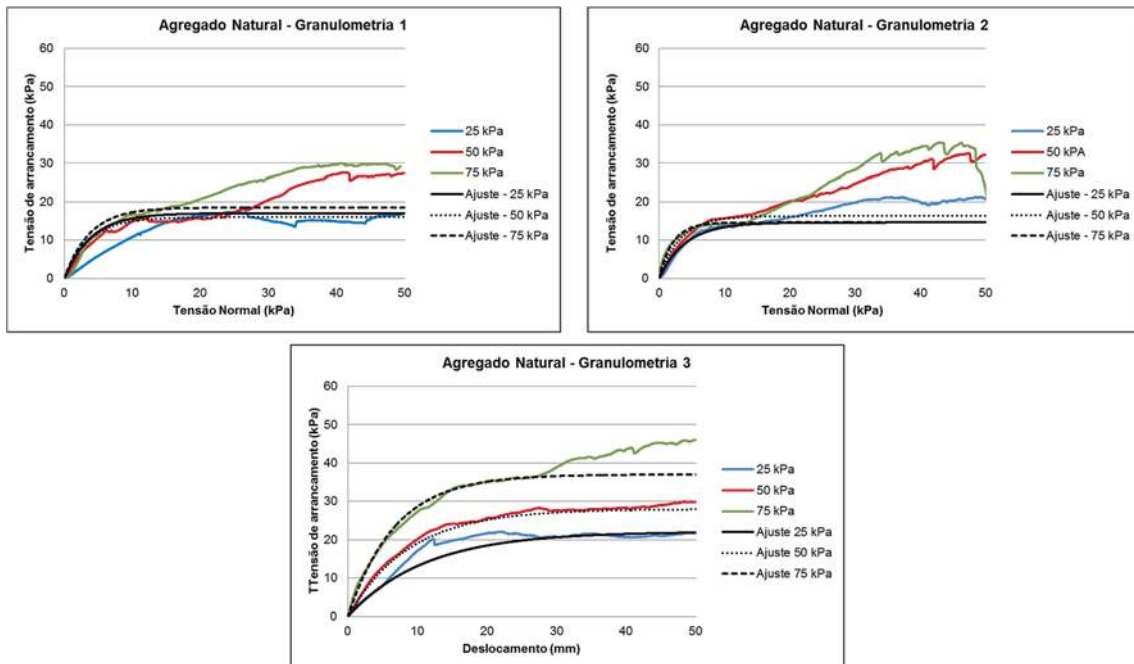


Figura 7. Curvas experimentais e ajustadas das amostras de AN para as três granulometrias ensaiadas

A Figura 7 apresenta os resultados obtidos para as amostras elaboradas com agregado natural. Os resultados também foram dispersos, e neste caso, inclusive os resultados para a Granulometria 3 se distanciaram mais da curva de ajuste. Foi possível verificar que as amostras de agregado

natural apresentaram as piores tensões de arrancamento, ou seja, foram as que mais deslocaram para uma determinada força. Posto isso, a partir dos resultados obtidos, conclui-se que as amostras de ARM e ARC apresentaram melhor resultado quando comparadas à de AN.

A Figura 8 expõe as envoltórias de resistência e suas respectivas equações e mostram que o aumento da quantidade de finos provocou uma melhora dos resultados, assim como um aumento do ângulo de atrito interno da amostra.

Antes do peneiramento a amostra de ARC apresentou o maior ângulo de atrito, mas após, a amostra de ARM demonstrou os melhores resultados.

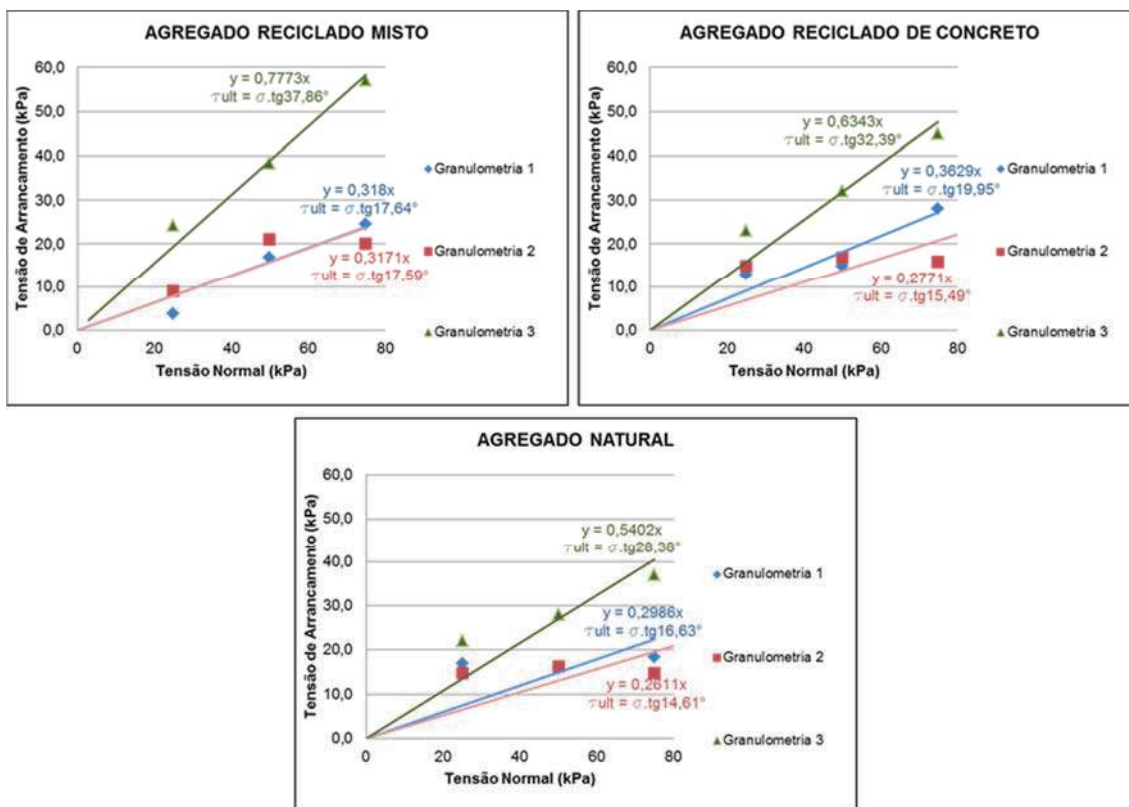


Figura 8 – Envoltórias de resistência para as amostras peneiradas de ARM, ARC e NA

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados dos ensaios, pode-se observar que o ensaio de arrancamento de pequeno porte não é adequado a materiais granulometria graúda (retidos na peneira 4,8mm), pois os resultados para tais amostras apresentaram grande variabilidade sem apresentação clara de um patamar de força, assim como apresentaram picos de tensão provavelmente por interferência de agregados maiores. Sendo assim, seria indicada a execução de um ensaio de arrancamento de maior porte, como os mesmos materiais e amostras para verificar esta hipótese e verificar se os resultados das amostras de RCD continuam sendo melhores.

Para uma adequada comparação dos resultados entre os diferentes materiais, o ideal é controlar o índice de vazios das amostras, a fim de garantir as mesmas condições para todos os materiais ensaiados e tentar evitar os picos de tensão.

O presente trabalho mostrou que amostras elaboradas com RCD tiveram melhores resultados que aquelas de agregado natural. A amostra peneirada de ARM apresentou um maior ângulo de atrito interno, provavelmente pelo fato de os agregados reciclados mistos serem materiais mais lamelares do que os demais.

A utilização de RCD em obras de contenção do tipo solo reforçado se mostrou adequada,

apresentando resultados melhores que a utilização de solo natural. Destarte, sua utilização deve ser mais incentivada e mais estudos devem ser feitos para ratificar os resultados apresentados no presente artigo.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas (Abnt). Nbr Iso 10318 Geossintéticos - Terminologia. Rio De Janeiro, 2013.

Cabral, A. E. B.; Moreira, K. M. De V. Manual Sobre Os Resíduos Sólidos Da Construção Civil. Fortaleza, 2011.
Disponível Em: <[Http://Www.Sindusconce.Org/Ce/Downloads/Pqvc/Manual-De-Gestao-De-Residuos Solidos.Pdf](http://www.sindusconce.org/ce/downloads/pqvc/manual-de-gestao-de-residuos-solidos.pdf)>.
Acesso Em: 15/04/2013.

Conselho Nacional Do Meio Ambiente (Conama). Resolução Nº 307. Brasília, 2002.

Chang, D. T.; Sun, T. S.; Hung, F. 1995. Pullout Mechanism Of Geogrids Under Confinement By Sand And Clayey Soils. Transportation Research Board 1474: 64-72.

Farrag, K.; Acar, Y. B.; Juran, T. 1993. Pull-Out Resistance Of Geogrid Reinforcement. Geotextile And Geomembranes 12(3): 133-159.

Kakuda, F. M. Estudos De Ensaio De Arrancamento De Geogrelha Com Utilização De Um Equipamento Reduzido. 124f. Dissertação De Mestrado - Escola De Engenharia De São Carlos, Universidade De São Paulo, São Carlos, 2005.

Ladeira, M. A. S. De A. Estudo Dos Fenômenos Da Interação Solo-Geossintético Através De Ensaio De Arranque. 222f. Dissertação (Mestrado Em Estruturas De Engenharia Civil), Faculdade De Engenharia Da Universidade De Porto, Porto, 1995.

Massad, F. Obras De Terra: Curso Básico De Geotecnia. São Paulo: Oficina De Textos, 2003. 170 P.

Neto, J.C.M. Gestão Dos Resíduos Da Construção E Demolição No Brasil. Tese (Doutorado). 2005, 162p. – Universidade De São Paulo, São Carlos, 2005.

Pedroso, E. O. Estruturas De Contenção Reforçadas Com Geossintéticos. 74f. Dissertação De Mestrado – Escola De Engenharia De São Carlos, Universidade De São Paulo, São Paulo, 2000.

Peralta, F. N. G. Comparação De Métodos De Projetos Para Muro De Solo Reforçado Com Geossintéticos. 135f. Dissertação (Mestrado Em Engenharia Civil), Pontifícia Universidade Católica Do Rio De Janeiro, Rio De Janeiro, 2007.

Piovezan Júnior, G.T.A. Avaliação Dos Resíduos De Construção Civil (Rcc) Gerados No Município De Santa Rosa. Dissertação (Mestrado). 2007, 76p. Universidade Federal De Santa Maria/Rs. Santa Maria, 2007.

Santos, E. C. G. Dos. Aplicação De Resíduos De Construção E Demolição Reciclados (Rcd-R) Em Estruturas De Solo Reforçado. 168f. Dissertação De Mestrado – Escola De Engenharia De São Carlos, Universidade De São Paulo, São Carlos, 2007.

Sinduscon-Sp. Gestão Ambiental De Resíduos Da Construção Civil: A Experiência Do Sinduscon-Sp. São Paulo, 2005.
Disponível Em: <[Http://Www.Sindusconsp.Com.Br](http://www.sindusconsp.com.br)>. Acesso Em: 20/04/2013.

Teixeira, S. H. C. Estudo Da Interação Solo-Geogrelha Em Testes De Arrancamento E A Sua Aplicação Na Análise E Dimensionamento De Maciços Reforçados. 218f. Dissertação De Mestrado – Escola De Engenharia De São Carlos, Universidade De São Paulo, São Carlos, 2003.

Vertematti, J. C. (Coord.). Manual Brasileiro De Geossintéticos. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 413 P.

Yogorajah, I.; Yeo, K. C. 1994. Finite Element Of Pull-Out Tests With Load And Strain Measurements. Geotextile And Geomembranes 13(1): 43-54.

Caracterização de Fachadas Duplas Ventiladas como Envolvente de Edifícios

Erika Tinoco Guimarães

Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal
erika.tguimaraes@gmail.com

Elaine Garrido Vazquez

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, Brasil
elainevazquez@poli.ufrj.br

Luís Bragança

Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT:

Housing market in large cities evidences the deficiency of great part of buildings in providing comfort conditions without recurring to artificial acclimatisation systems. Façades are the elements that have more influence in indoor environment through the regulation of climatic actions. Ventilated coated façades as envelope solutions emerged from the evolution of double external walls. Through adaptations of proper ventilation mechanisms that promoted convection of inside air, this system promotes the attendance of performance criteria in a passive way. Through bibliographic research, this paper characterizes the components, working principles and main typologies of double coated façades. The presented case study shows that the application of the system on the construction of a commercial building's façades did not interfere with other construction systems neither modified the aesthetic aspects of the building. Furthermore, the possible adaptation into existing constructions allows to consider the technique as a sustainable rehabilitation solution.

Key-words: Ventilated coated façades, envelope, thermal performance, energetic efficiency, sustainable rehabilitation

RESUMO:

O crescimento do parque imobiliário nas grandes cidades evidencia a deficiência das edificações em oferecer condições de conforto sem recorrer a sistemas de climatização artificiais. As fachadas exercem grande influência no interior da edificação por controlarem a passagem das ações climáticas. A partir de adaptações em paredes de dupla vedação por mecanismos próprios para ventilação convectiva do ar interior, as Fachadas Duplas Ventiladas promovem passivamente o atendimento a critérios de desempenho. Recorrendo a pesquisa bibliográfica, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar os elementos constituintes, o princípio de funcionamento e as tipologias usuais de Fachadas Duplas Ventiladas. O estudo de caso apresentado mostra, para efeitos práticos, a execução das fachadas de uma edificação comercial e mostra que a aplicação do sistema nas construções não implica alteração dos demais sistemas e dos padrões estéticos. Além disso, a possibilidade de adaptação para construções existentes permite considerar a técnica como uma solução de reabilitação sustentável.

Palavras-chave: Fachadas duplas ventiladas, envolvente, desempenho térmico, eficiência energética, reabilitação sustentável.

1 INTRODUÇÃO

As paredes exteriores, em conjunto com a cobertura, configuram o sistema responsável por promover o contato direto da edificação com o ambiente no qual ela está inserida. Assim como a cobertura, a fachada é uma das componentes de maior atuação dentro deste sistema, pois estende-se por toda as dimensões da construção e abrange os pavimentos em sua totalidade.

Fachadas devem ser capazes de conciliar as condições térmicas do interior e exterior de um edifício, ajudando a promover o conforto dos usuários. Para isso, devem permitir a passagem adequada dos elementos ambientais – ar, luz e calor - e garantir estanqueidade, com o intuito de promover o desempenho adequado do ambiente habitado.

Conceitos inovadores aplicados ao projeto de envolventes de edifícios têm se tornado cada vez mais relevantes. A demanda por ventilação natural aumentou devido à nova consciência ambiental, aliada a conceitos de redução de consumo energético. Uma fachada inovadora deverá permitir conforto ambiental interno, proteção acústica e boa iluminação natural, ao mesmo tempo reduzindo a demanda extra por energia (Mazzarotto, 2011).

O método construtivo conhecido como Fachada Dupla Ventilada – FDV – combina as vantagens da tipologia de parede dupla ao preceito de ventilação natural da edificação na promoção do conforto térmico no interior da edificação, melhorando seu desempenho energético. Este sistema pode ser caracterizado como uma adaptação recente às paredes duplas, através da incorporação de elementos que promovem a ventilação na cavidade intermediária da parede. Desde sua concepção, FDVs têm sido largamente difundida pela Europa, Ásia e América do Norte, tanto em novas construções quanto em soluções de reabilitações de envolventes.

De facto, a possibilidade de adaptação da técnica em paredes envolventes previamente existentes pode permitir a sua distinção dentro do âmbito da sustentabilidade voltada à reabilitação. De acordo com estudos recentes (Preservation Green Lab, 2011), tais operações de remodelação estão associadas a práticas substancialmente econômicas, traduzidas pelo benefício da reutilização e reabilitação de edifícios na redução dos impactes das alterações climáticas. De maneira geral, a reabilitação adaptativa de edifícios resulta em benefícios ambientais significativos, sendo os impactes resultantes do uso de energia nos edifícios reabilitados e adaptações de edifícios muito positivos em comparação com novas construções.

Para além do cariz sustentável, conforme relata Poirazis (2004), o uso de fachadas duplas ventiladas nos edifícios configurou-se uma tendência impulsionada pela necessidade prática de ambientes internos de maior qualidade, melhoria do desempenho acústico das envoltórias e redução nos gastos de energia. Em comparação a sistemas de isolamento convencionais, de aplicação direta à estrutura, as FDVs apresentam as seguintes vantagens (Bragança, 2007):

- redução do risco de rachaduras e desprendimentos;
- fácil instalação: a fixação mecânica dos elementos elimina o uso de colas e adesivos;
- baixos custos de manutenção: permite trabalhar com cada elemento do revestimento em separado;
- maior durabilidade: o pano exterior protege a parede da ação direta de intempéries;
- maior economia energética: efeitos de pontes térmicas são eliminado, é aumentada a inercia térmica da construção como um todo;
- melhor controle de humidade: a eliminação de condensações superficiais na cavidade intermediária ajuda a expulsar o vapor d'água gerado no interior.

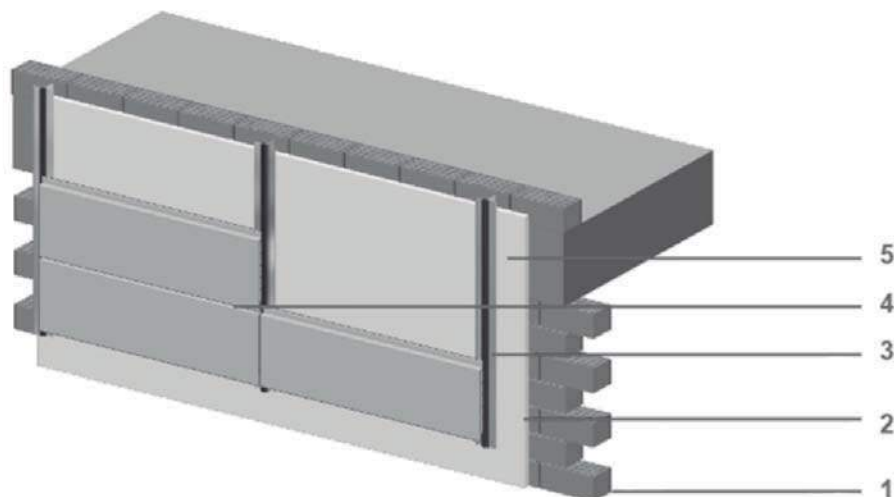
O presente trabalho apresenta a técnica de execução das FDVs através de sua caracterização e aplicação prática (estudo de caso) sendo seu escopo uma síntese dos principais resultados da monografia de fim de curso, da mesma autora (Guimarães, 2013). Voltando-se para a integração do ambiente construído e os elementos advindos do clima local através de interações arquitetônicas na envolvente dos edifícios, acredita-se que o método apresentado venha a

representar uma inovação de incentivo ao aprimoramento do desempenho térmico e acústico das construções, e promover uma maior eficiência energética das mesmas.

2 CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS DUPLAS VENTILADAS

2.1 Elementos Constituintes

Uma fachada Dupla Ventilada é uma parede dupla constituída por dois elementos verticais de vedação, separados entre si por uma caixa-de-ar ventilada, dentro da qual podem ser introduzidos materiais isolantes para alcançar um melhor desempenho térmico. A figura 1 ilustra uma fachada dupla ventilada, seus elementos constituintes e forma de ventilação interna.



1) Pano Interior 2) Isolamento Térmico 3) Sistema de Fixação 4) Pano Exterior 5) Cavidade Ventilada

Figura 1. Disposição dos Elementos de uma FDV (Faveton, 2013).

O pano interior é constituído pela parede exterior da construção e corresponde ao elemento de vedação em contato direto com o interior do edifício, devendo apresentar estanqueidade a água e ao ar. Quando o pano exterior for afixado diretamente sobre o interior, este elemento deverá apresentar também características estruturais. É importante a aplicação de produtos para garantir sua estanqueidade e boa aderência ao isolamento térmico.

O uso de material isolante térmico é opcional e complementa o desempenho do sistema, atenuando a transmissão térmica através da fachada. Conforme a tabela 1 demonstra, a aplicação de uma camada de isolamento diminui consideravelmente o coeficiente de transferência de calor (U). Para sua execução utilizam-se materiais poliméricos, como espumas de poliuretano ou placas de poliestireno, e naturais, como lãs minerais.

Tabela 1. Diferença no Coeficiente de transmissão térmica (U) antes e depois da aplicação de isolamento térmico (Bragança *et al*,2007)

Coeficiente de Transmissão Térmica	
W/m ² .°C	
Antes	1.40
Depois	0.62

A caixa de ar é a cavidade onde ocorre o armazenamento do calor e sua posterior expulsão através de convecção, impedindo também a ação das intempéries. Segundo Ferreira (2010), para uma ventilação eficaz, o espaço livre para circulação do ar não deve ser inferior a 2 centímetros. Através da ventilação interior, as FDVs contribuem para o controle da temperatura no interior da construção por via da atuação da temperatura do ar na câmara-de-ar, através da

expulsão do excesso de calor proveniente do exterior em situações de ganho de calor externo ou retenção da energia térmica gerada no interior em situações de perdas caloríficas (fig. 2). Comparando-se FDVs com outros sistemas de envolvente (fig.3), observam-se os benefícios de sua utilização, traduzidos por menores ganhos (a) e perdas de calor (b) nos períodos de radiação solar mais intensa (9h-18h).

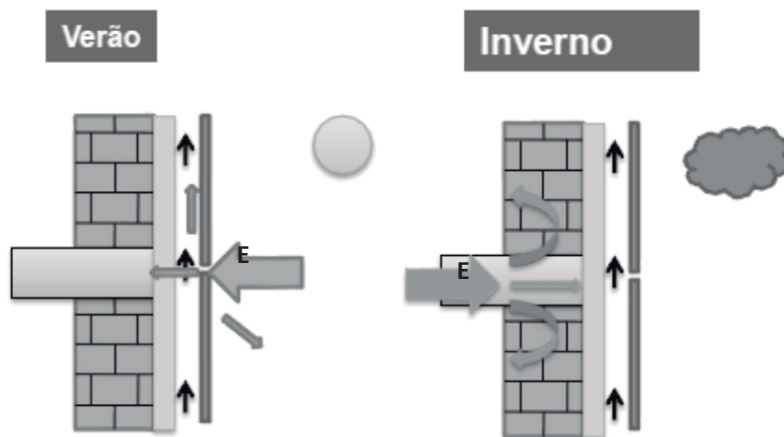


Figura 2. Mecanismo de Funcionamento de uma FDV em situações de ganhos e perdas térmicas (verão e inverno) (Faveton, 2013).

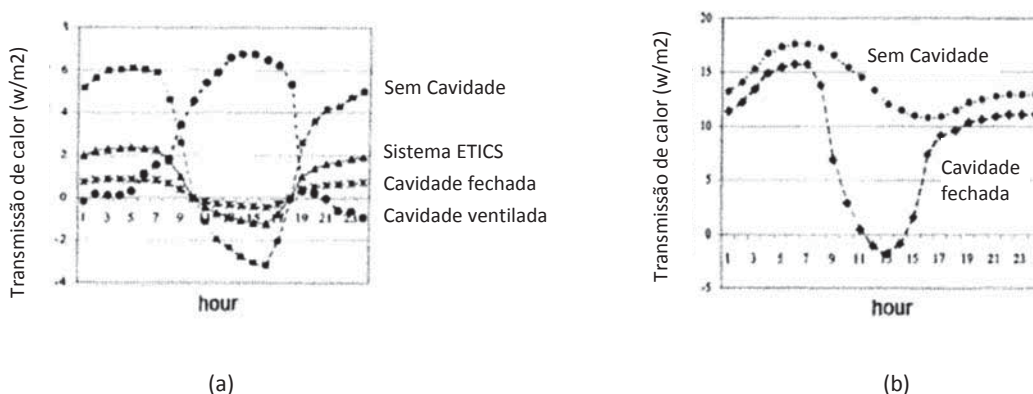


Figura 3. Fluxo de calor (W/m²) dentro para fora ao longo do dia, para diferentes tipologias de envolventes (a) situação de verão e (b) situação de inverno (Brunoro, 2007)

As FDVs são assim capazes de proporcionar maiores níveis de conforto térmico no interior da construção pelo uso de elementos passivos, diminuindo a necessidade de sistemas de climatização e promovendo com isso a eficiência térmica da envolvente. Em fachadas ventiladas naturalmente, são os elementos do pano exterior que permitem a entrada e saída do fluxo do ar no interior da cavidade. Em locais onde pressão do vento é insuficiente para ventilar de modo eficaz a cavidade intermediária, pode-se recorrer à ventilação artificial, onde compressores de ar são acrescentados aos elementos de ventilação passivos. Foi provado (Ciampi, 2002) que o desempenho desta solução depende sobretudo dos tipos de materiais empregados, da incidência da radiação solar (I), espessura (d) e comprimento (L) da cavidade.

O pano exterior deve ser dimensionado para resistir ao clima aonde está inserido. Sua estanqueidade influencia o desempenho do ambiente construído por se tratar de um elemento de controle da passagem, garantindo níveis adequados de iluminação, transferência de calor, ventilação e ruído. O comportamento do pano exterior às ações de vento, radiação solar, chuva e variações térmicas é determinante para o bom desempenho da fachada, sendo necessário uma boa capacidade para se dilatar ou retrair sem causar deformações adicionais nos demais

componentes (Ferreira, 2010). Em termos de consumo energético, o material utilizado na confecção deste elemento pode traduzir melhores índices de desempenho para o sistema. Na figura 4 são comparadas quatro alternativas de FDVs (F1: painéis de alumínio, F2: revestimento de tijolos vazados, F3: painéis de concreto e F4: ladrilhos cerâmicos), considerando a radiação solar (a) e a velocidade de fluxo de ar (b).

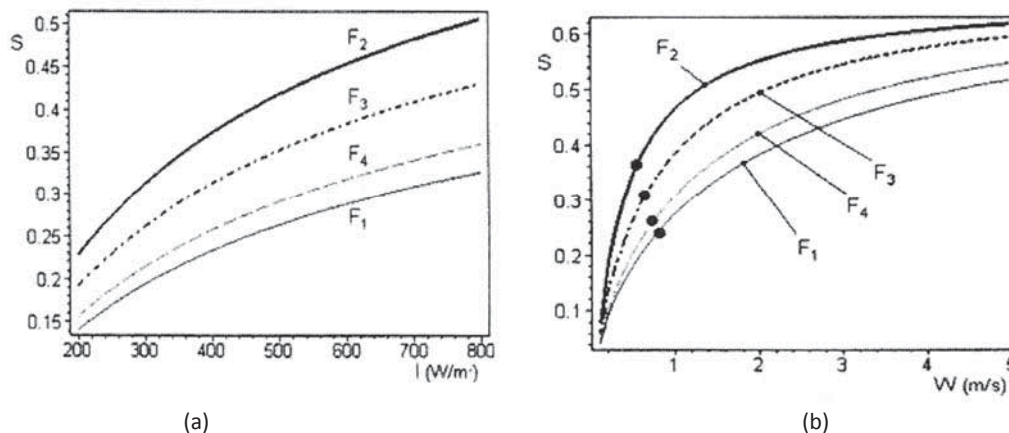


Figura 4. Economia energética (S) de FDVS considerando-se (a) a radiação solar (I) (d=10cm, L=15cm) e (b) a velocidade do fluxo de ar (W) (L=15cm, I=400W/m²) (Brunoro, 2007).

2.2 Classificação dos Sistemas Existentes

2.2.1 Quanto à Compartimentação da Cavidade

Segundo Mazzarotto (2011), a compartimentação da cavidade refere-se à divisão física do espaço intermediário, que pode assumir três tipos de configurações: fachada de múltiplos pavimentos, fachada corredor e fachada com *shaft* vertical (fig. 3).

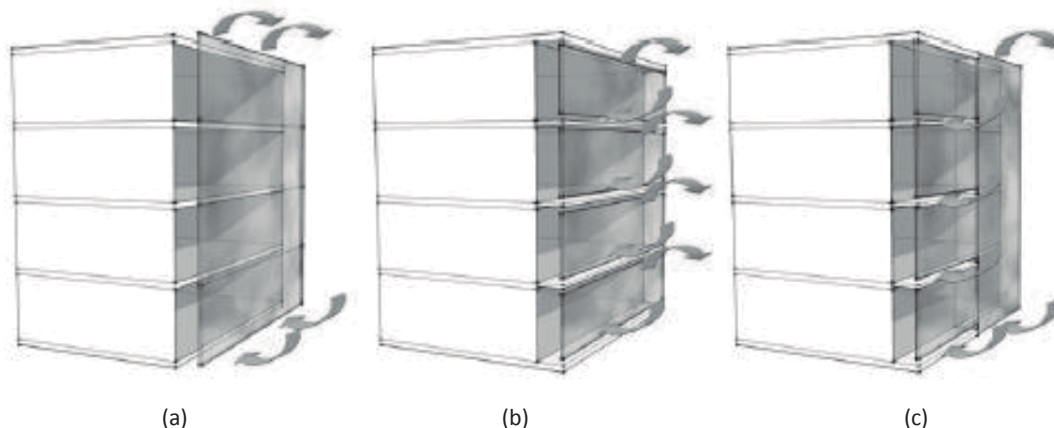


Figura 5. Tipologias de fachada ventilada: a) fachada de múltiplos pavimentos, b) fachada corredor e c) fachada com *shaft* vertical (Mazzarotto, 2011).

A Fachada de Múltiplos Pavimentos é a tipologia mais comum de execução de fachadas ventiladas. Caracteriza-se pela existência de uma cavidade única, sem divisões horizontais ou verticais, na qual a ventilação é realizada através de aberturas localizadas na base e no topo da fachada. Há ainda casos excepcionais, onde são colocadas aberturas intermediárias entre a base e o topo (Mazzarotto, 2011). A cavidade contínua potencializa as propriedades do movimento convectivo do ar (efeito chaminé), no entanto poderá propiciar transmissão de ruídos, fogo e fumaça entre andares, através do corredor de ar (Harrison & Meyer-Boake, 2003).

Na Fachada Corredor a cavidade é contínua no sentido horizontal porém dividida verticalmente por elementos físicos entre os pavimentos, que segmentam a fachada em corredores independentes. Segundo Harrison & Meyer-Boake (2003), a cavidade subdividida permite o insuflamento e exaustão do ar em cada pavimento, maximizando o potencial de uso da ventilação natural. Os problemas de superaquecimento dos andares superiores, transmissão de ruídos e de fumaça também ficam reduzidos, de modo que o emprego desta solução construtiva pode resultar em economia na construção.

As Fachadas de *Shaft* Vertical combinam elementos característicos da fachada de múltiplos pavimentos com características da fachada corredor. Os corredores de ar horizontais se comunicam com a cavidade contínua vertical por um corredor vertical – *shaft*, assegurando o efeito de exaustão do ar de cada pavimento (Uutu, 2001). O ar nos corredores é aquecido e expulso por convecção através das aberturas no topo do *shaft*. Segundo Mazzarotto (2011), o objetivo da compartimentação da fachada é intensificar o efeito chaminé na cavidade e assim promover a ventilação natural.

2.2.2 Quanto ao Sistema de Fixação

A fixação do pano exterior nos elementos constituintes da edificação depende das características estruturais dos mesmos. Quando a parede interior possui resistência mecânica adequada, pode servir de suporte para o pano exterior da fachada, caso contrário, o elemento deve ser fixado predominantemente sobre a laje de sustentação dos pavimentos. De modo geral, a fixação pode ser feita diretamente ou através de uma estrutura, que pode conter elementos verticais, horizontais ou ambos (Neves, 2010).

A fixação direta do revestimento no suporte é feita aplicando-se *inserts* metálicos, ocultos no interior das peças sustentadas, ou apoiando-as em grampos metálicos, aparentes pelo exterior. Outra alternativa é a sustentação por uma estrutura intermediária de trilhos, que permitem também controle da deformação transmitida do suporte ao revestimento. A fixação por trilhos diferencia-se das demais pelo formato do elemento fixador, linear e contínuo ao longo de todo o comprimento da fachada. Os elementos de revestimento são encaixados em perfis horizontais, que suportam o peso próprio do conjunto e fixa-o ao elemento suporte (fig. 4).



(a)

(b)

(c)

Figura 6. Fixação direta (*inserts* e grampos metálicos) ou através de estrutura intermediária de trilhos horizontais (Guimarães,2013)

2.2.3 Quanto ao Revestimento Exterior

Diversos tipos de revestimentos comumente utilizados em parede simples podem ser adaptados para apoio no pano interior de uma FDV. Esta opção é amplamente utilizada em construções recentes e em soluções de reabilitação de fachadas em edifícios existentes. A aplicação de revestimentos apoiados permite o uso de diversos materiais de revestimento, sendo os mais comuns aglomerados sintéticos, cerâmica ou vidro e perfis metálicos.

Dentro dos aglomerados sintéticos, destaca-se o concreto polimérico, uma combinação de agregados de sílica e quartzo ligados por resinas de poliéster. Este material possui resistência mecânica quatro vezes maior que o concreto convencional e apresenta propriedades de reduzida absorção de água, o que garante alta estanqueidade ao conjunto. O revestimento por placas de concreto polimérico é feito por fixação direta sobre o pano interior da fachada.

O emprego de material cerâmico no pano exterior associa ao sistema construtivo as características térmicas da cerâmica, originando um sistema de alta eficiência térmica. As formas de utilização mais comuns são placas de fixação direta por *inserts* e grampos metálicos, entretanto existem soluções de elementos laminares, fixos ou móveis (Neves, 2010).

Fachadas ventiladas revestidas em vidro são muito interessantes para a recuperação de edifícios em que não seja necessário garantir a manutenção da fachada original (Neves, 2010). Esta solução apresenta métodos de sustentação não visíveis pelo exterior e contempla a possibilidade de aberturas para o interior da caixa-de-ar, promovendo melhor regulação térmica interior e acesso a limpeza da cavidade.

O revestimento por perfis metálicos, nomeadamente de alumínio, caracteriza-se por elementos contínuos fixados por intermédio de cantoneiras metálicas que constituem também os elementos de acabamento. Possui elevada resistência aos agentes atmosféricos e à corrosão e baixo peso específico. Segundo Neves (2010), a ampla utilização deste material em elementos de proteção solar promoveu uma migração natural de sua aplicação para o restante da fachada.

3 EXEMPLO PRÁTICO: CONSTRUÇÃO DE FACHADA DUPLA VENTILADA

Para ilustrar uma aplicação prática do método construtivo, de modo a estudar a sequência executiva, detalhes de acabamento e a aplicação dos conceitos de sustentabilidade procede-se a análise do projeto de uma construção comercial na zona Oeste do Rio de Janeiro, que emprega FDVs em 4 de suas paredes envolventes (fig. 5).

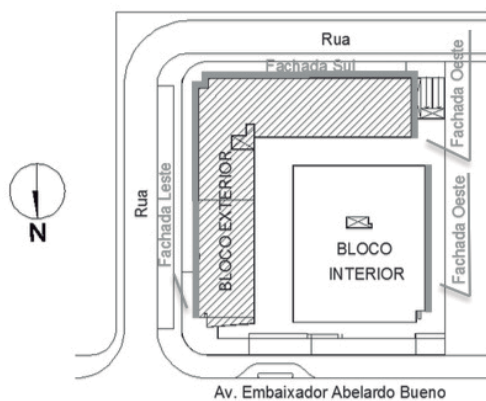


Figura 7. Mapa de Fachadas dos Edifícios. (Guimaraes, 2013)

As fachadas foram projetadas de acordo com a interação com outros materiais e elementos, o que determina diferentes classificações da cavidade intermediária. A fachada orientada a Oeste (bloco exterior) enquadra-se na tipologia de múltiplos pavimentos, enquanto nas fachadas Sul e Leste (bloco exterior) e Oeste (bloco interior) verifica-se a integração com um *shaft* vertical, como mostra a figura 6.

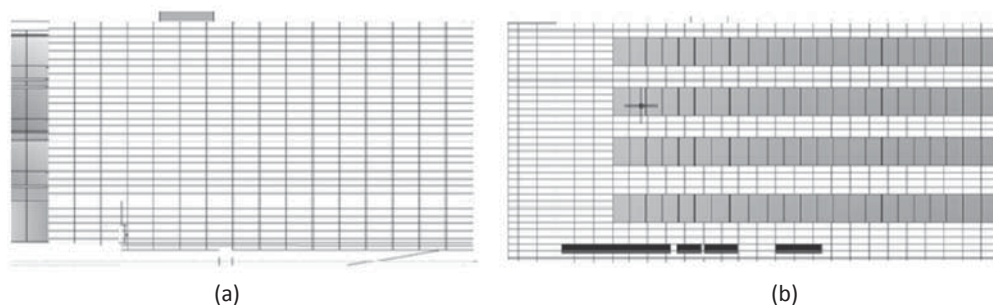


Figura 8. Projeto das Fachadas Oeste do bloco exterior (múltiplos pavimentos), Sul e Leste do bloco interior e Oeste do bloco interior (fachada corredor com *shaft* vertical) (Guimaraes, 2013).

Em todas as faces previstas, a fachada dupla não possui características estruturais, sendo suportada pelo pano interior (alvenaria estrutural – blocos de cimento). Como mostra a figura 7, para a fixação é utilizada uma trama metálica, composta por perfis verticais e horizontais (trilhos). Os perfis verticais, de secção celular, são fixos diretamente em peças metálicas aparafusadas no pano interior e apoiam os perfis horizontais, de secção triangular, nos quais são encaixadas as peças do revestimento exterior. O revestimento exterior é feito em cerâmica extrudada, cuja secção nervurada lhe confere menor peso específico .

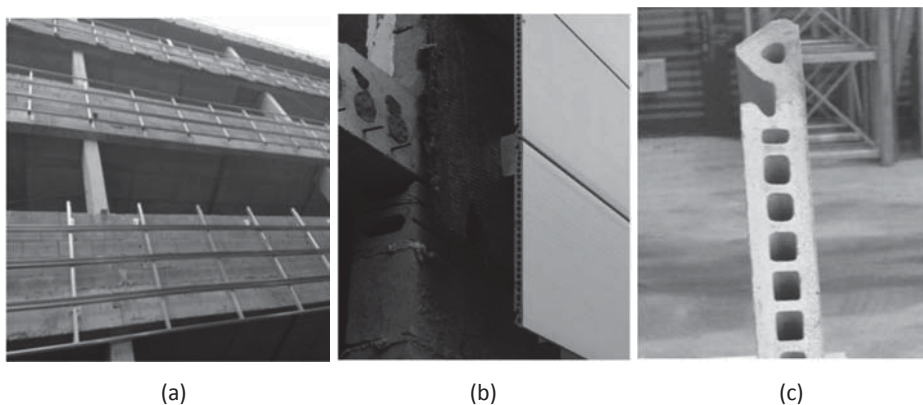


Figura 9. Trama metálica de suporte do pano exterior, fixação do revestimento em trilhos, detalhe da secção do revestimento cerâmico (Guimaraes, 2013).

Cada fachada é executada integralmente, abrangendo a altura total do edifício. Portanto, para iniciar sua execução, é necessário que a alvenaria esteja completa em todos os pavimentos. A execução da FDV inicia-se pelo mapeamento da fachada, que consiste em verificar o alinhamento e prumo do pano interior, de modo a não propagar imperfeições para os elementos seguintes.

Em seguida, é colocada a estrutura de sustentação, respeitando o distanciamento de 15 cm do pano interior. Nesta etapa são corrigidas as diferenças de distanciamento através da fixação de cantoneiras de diferentes dimensões, conjugada com aplicação argamassa de cimento. Estas peças são dispostas em direções opostas, para evitar efeitos de flambagem nos perfis verticais. As zonas de ancoragem são previamente reforçadas pelo preenchimento da alvenaria com concreto e inserção de barras metálicas.

As cantoneiras são fixas na alvenaria por pinos EJOT e arruelas, e suportam os perfis verticais, que por sua vez apoiam os trilhos horizontais. O contato entre perfis e entre os perfis celulares e as cantoneiras se dá por parafusos auto-brocantes. Tendo em vista as variações de temperatura a que estão submetidos, é prevista a dilatação dos perfis deixando-se um espaço de 10 mm entre suas extremidades.

Após a finalização da trama metálica, procede-se à afixação de placas de lã de rocha sobre a face da alvenaria exposta no espaço entre os perfis verticais. Utiliza-se pinos de cabeça alargada para minimizar o efeito de cisalhamento que ocorre entre o fixador e o isolamento. Por questões construtivas, em determinados locais a colocação é feita antes da fixação dos trilhos.

A montagem do pano exterior é finalizada com a inserção das placas de revestimento, encaixadas a partir das extremidades nos perfis através de uma conexão tipo macho-fêmea que esconde a trama metálica. Não são utilizados acabamentos argamassado ou rejuntamentos, de modo a criar pequenas aberturas que possibilitam a renovação do ar contido na cavidade intermediária. Esta particularidade é fundamental para caracterizar a fachada como naturalmente ventilada, dispensando o uso de equipamentos mecânicos de circulação de ar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os artifícios utilizados neste sistema promovem melhor característica térmica da envolvente das construções, e com isso as FDVs representam uma solução de aperfeiçoamento do desempenho térmico das mesmas pela diminuição dos ganhos solares diretos e das pontes térmicas através de elementos passivos. Com isso, os gastos energéticos com dispositivos de climatização também são minimizados, repercutindo na melhoria da eficiência da edificação.

Este trabalho foi desenvolvido na ótica da promoção de sistemas de otimização energética, e objetivou a apresentação de uma forma de minimizar problemas de desempenho térmico nas construções priorizando soluções de enfoque sustentável. O estudo prático apresentado mostrou que é possível a adaptação das Fachadas Duplas Ventiladas a projetos de edificações sem que para isso seja necessário alterar os demais sistemas do edifício e tampouco modificar os padrões estéticos usuais da tipologia abordada. Além disso, a ancoragem do pano exterior, quando composto por materiais leves, também pode ser executada em construções já existentes. Assim, os projetos de FDV mostram-se viáveis para a promoção da reabilitação de caráter sustentável.

REFERÊNCIAS

- Almeida, M.; Garcia, V.; Maldonado, E.; Bragança, L. 1997. A Influência da Temperatura e da Radiação na Capacidade de Armazenamento dos Elementos Construtivos, *In Revista do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho*, nº 5, Braga: Universidade do Minho
- Bragança, L.; Almeida, M.G.; Mateus, R. 2007. Technical Improvement of Housing Envelopes in Portugal. In Bragança, L.; Wetzel, C.; Buhagiar, V.; Verhoef, L.G.W. (Eds.), *Improving the Quality of Existing Urban Building Envelopes – Façades and roofs*. 115-126 Amsterdam: IOS Press BV ISBN: 978-1-58603-737-6
- Brunoro, S. 2007. Technical Improvement of Housing Envelopes in Italy. In Bragança, L.; Wetzel, C.; Buhagiar, V.; Verhoef, L.G.W. (Eds.), *Improving the Quality of Existing Urban Building Envelopes – Façades and roofs*. 75-78 Amsterdam: IOS Press BV ISBN: 978-1-58603-737-6
- Ciampi, M.; Leccese, F.; Tuoni, G. 2002. Sull'impiego delle pareti ventilate per la riduzione dei carichi termici estivi. *In Construire in laterizio*. nº 89. Milão: Di Baio Editore
- Guimarães, E. T. 2013. Soluções de Fachadas Duplas Ventiladas como Revestimento Externo de Edifícios. Dissertação (licenciatura). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro
- FAVETON BERSAL. 2011 Caderno de Montagem – Faveton – cerâmica para fachadas ventiladas
- Ferreira, F. 2010. Notas de aula da disciplina Tecnologias das Construções. Guimarães: Escola de Engenharia da Universidade do Minho
- Mateus, R.; Bragança, L. 2006. Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção. *In Edições Ecopy*. p. 294. ISBN 978-989-95194-1-1

Mazzarotto, A. C. E. K. 2011. Uso do sistema de fachadas duplas ventiladas em edifícios em Curitiba: verificação computacional de desempenho comparativo com soluções convencionais. Dissertação (Mestrado) Curitiba: Universidade Federal do Paraná

MEYER-BOAKE, T. 2013. The Tectonics of the Double Skin: Green Building or Just more Hi-Tech? Waterloo: University of Waterloo, School of Architecture

Neves, M. S. 2013. O Tempo e o espaço. www.ccpq.puc-rio.br/70anos/tempo-no-espaco/lugares-memoria/pilotis- agora-da-puc-rio

Preservation Green Lab –National Trust for Historic Preservation. 2011. The Greenest building: Quantifying the environmental Value of building reuse : 86-91. Washington: National Trust for Historic Preservation.

POIRAZIS, H. 2004. Double Skin Façades for office building – literature review. Lund: Department of Construction and Architecture, Division of Energy and Building Design. Lund University, Lund Institute of Technology

Sacht, H. M.; Braganca, L.; Almeida, M.; Caram, R. 2012 Sistemas de Fachadas Inovadores e Conforto Térmico: Estudo em Portugal. In *Revista Tecnológica (UEM)*, v. 21. 13-25 Maringá: Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá-UEM ISSN: 1517-8048

Sacht, H. M.; Braganca, L.; Almeida, M.; Caram, R. 2013. Passive Façade Solutions: Trombe Wall Thermal Performance and Glazing Daylighting Performance for Guimarães– Portugal. In BS2013 - 13th International Conference of the International Building Performance Simulation Association. 983-989. Aix-les-Bains:

Silva, P.; Almeida, M.; Bragança, L.; Mesquita, V. 2010 Reabilitação Energética de Edifícios Residenciais com aplicação de Soluções de Fachada Prefabricadas. In *Construção Magazine*, nº 35: 6

UUTU, S. 2001. Study of Current Structures in Double-Skin Facades. MSc thesis in Structural Engineering and Building Physics, Helsinki: Department of Civil and Environmental Engineering, University of Technology

A evolução da janela e sua interferência em ambiente de edificações multifamiliares

Edna Aparecida Nico-Rodrigues

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
edna.rodrigues@ufes.br

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
cristinaengel@ufes.br

Maria Beatriz Piderit

Universidad del Bío-Bío, Departamento Diseño y Teoría de la Arquitectura, Concepción, Chile
mpiderit@ubiobio.cl

Artur Moreira Rodrigues

Faculdade Multivix, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
artmr@terra.com.br

ABSTRACT: The technological innovations of materials and construction systems allowed in the course of human evolution, adaptations of housing in search of greater efficiency in relation to environmental characteristics of the place. Among the constructive elements, the window, evolved linked to the need to improve habitability. The research aimed to demonstrate the evolution of the window and the interference in the built environment, emphasizing the solution with the greatest potential for environmental compliance in multifamily residential buildings in the city of Vitória, Brazil. The methodological procedures were: 1 survey data and information demonstrative of the evolution of the window; 2 characterize the usual windows in multi-family buildings; 3 analysis of changes in windows and its implications for environmental sustainability. As a result, we identified the types of windows of multifamily buildings in Vitória / ES have not recommended specific standards in features, as well as factors that influenced their evolution to improve the quality of life.

Keywords: types of windows, windows evolution, environmental adaptation

RESUMO: As inovações tecnológicas dos materiais e sistemas construtivos permitiram, no decorrer da evolução da humanidade, adequações da moradia na busca por maior eficiência em relação às características ambientais. Dentre os elementos construtivos, a janela, evoluiu vinculada à necessidade de melhoria na qualidade de vida do usuário. A pesquisa objetivou demonstrar a evolução da janela e a interferência no ambiente construído, enfatizando a solução com maior potencial de adequação ambiental em edificações residenciais multifamiliares, em Vitória, ES, Brasil. Os procedimentos metodológicos foram: 1. levantamento dos dados e informações demonstrativas da evolução da janela; 2. caracterização das janelas usuais nas edificações multifamiliares; 3. análise das alterações das janelas e suas implicações na sustentabilidade ambiental. Como resultado, identificou-se que as janelas das edificações multifamiliares de Vitória não possuem as características físicas e os elementos recomendados nas normas específicas, assim como, os componentes que influenciaram sua evolução para a melhoria da habitabilidade.

Palavras-chave: tipos de janelas, evolução das janelas, adequação ambiental.

1 INTRODUÇÃO

A adoção de diretrizes que consideram adequada relação entre o clima e os seres humanos são ações importantes na definição de ambientes termicamente confortáveis e coerentes com os conceitos gerais da sustentabilidade nas edificações. As inovações tecnológicas dos materiais e sistemas construtivos permitiram, no decorrer da evolução da humanidade, melhores adequações da moradia às características climáticas e construtivas e, conseqüentemente, possibilitando uma melhor qualidade de vida.

Das soluções atribuídas às inovações, alguns elementos construtivos primordiais para a habitabilidade tiveram suas funções condicionadas a determinantes arquitetônicos conduzidos pela adoção de componentes de apelo estético. Para Roaf et al. (2006) a história registrou que os processos tecnológicos conduziram a eliminação de elementos das janelas, tais como as venezianas, persianas, composição de sistemas de aberturas, aberturas maiores, entre outros, que outrora foram criados pela necessidade de promover à renovação do ar interior através do aproveitamento da ventilação natural.

A janela evoluiu na tipologia e na tecnologia construtiva, vinculada a necessidade do homem de integrar o ambiente externo ao interno, estabelecendo relações de trocas térmicas, acústicas e luminosas e desempenhando papel fundamental na qualidade estética do edifício. Como componente da edificação, as janelas representam, em muitos casos, a parte da envoltória que mais interfere nas condições térmicas internas e, portanto, um elemento-chave para o alcance do menor consumo de energia em edifícios, sendo também as responsáveis por grande parte das perdas e ganhos de calor no ambiente (Jonsson & Roos 2010).

Para Nicol & Humphreys (2002), a qualidade do ambiente interior nas edificações é fator importante no consumo de energia, na qualidade de vida do ocupante e na sustentabilidade, principalmente quando se analisa sob o enfoque da energia para o uso e operação da edificação. No entanto, a Agenda 21 para a construção sustentável nos países em desenvolvimento, recomenda três aspectos a serem considerados na construção civil: níveis de desempenho ambiental; mudanças na concepção e gestão das construções; e ações para a preservação dos recursos naturais (International... 2014).

De acordo com Albatici & Passerini (2011) a importância da escolha adequada de modelos de janelas em relação aos condicionantes da região, são alguns dos fatores responsáveis pelo maior ou menor consumo de energia na edificação. Os resultados apresentados por Nico-Rodrigues (2008) identificaram que a adoção de janelas sem elementos vazantes e bloqueadores da radiação solar tem um desempenho desfavorável para o conforto térmico em clima tropical úmido, quando se considera a ventilação natural como estratégia passiva.

Tal afirmativa se justifica considerando que dentre as diversas funções da janela, a possibilidade de utilizar a luz natural, apropriar-se do espaço externo, renovar o ar interno, resfriar a massa térmica, bem como moderar as condições térmicas do ambiente, são alguns dos fatores que respondem ao impacto na eficiência energética da edificação (Ihm et al. 2012). Desta forma, esta pesquisa teve como objetivo demonstrar a evolução da janela e a interferência no ambiente construído, enfatizando a solução que apresentasse o maior potencial de adequação ambiental em edificações residenciais multifamiliares, na cidade de Vitória, ES, Brasil.

2 METODOLOGIA

Foram estabelecidas três etapas para os procedimentos metodológicos: 1ª – levantamento dos dados e informações demonstrativas da evolução da janela; 2ª – caracterização dos tipos de janelas usuais nas edificações multifamiliares com o recorte territorial para a cidade de Vitória/ES (Brasil); e 3ª – análise das alterações nos componentes das janelas e suas implicações nas condições da sustentabilidade ambiental.

2.1 Levantamento dos dados e informações demonstrativas da evolução da janela

Como elemento primordial da construção, as janelas sofreram modificações de acordo com a evolução dos materiais e dos sistemas construtivos. A palavra janela vem do latim vulgar – *januella* – diminutivo de *janua* (ou *ianua*) que designava a porta, passagem, entrada, acesso (Jorge 1995). Sua origem está vinculada a três fatores principais: variação da porta; necessidade social; e construção espacial. Sua eficácia funcional teve seu apogeu na necessidade do ser humano em exteriorizar seu ambiente, assim como permitir que a iluminação e ventilação naturais alterassem suas condições térmicas internas, de salubridade e de visualidade da paisagem (Jorge 1995).

Os primeiros indícios de ocupação permanente do homem foram registrados há aproximadamente 15 mil anos atrás, no período Neolítico. Estas habitações correspondiam a um único ambiente com apenas uma abertura, ou seja, a de acesso ao espaço interior. Com a descoberta do fogo houve a necessidade de outras aberturas, para permitir a saída da fumaça renovando o ar, sendo que essas novas aberturas tinham que ser protegidas das intempéries e dos ataques de animais por folhagem (Jorge 1995).

Para a civilização egípcia, os espaços com pouca iluminação faziam parte de suas crenças religiosas e as poucas aberturas eram consequências do sistema construtivo existente na época (Figura 1), ou seja, as frestas posicionadas sobre as vigas poderiam ser denominadas de janelas (Beckett & Godfrey 1978, Jorge 1995). As primeiras modificações importantes das janelas datam do período da Grécia antiga, onde era priorizada a ventilação e a iluminação dos ambientes por meio do pátio central ou peristilo (Figura 2) negando, assim, o espaço público.

No período de conquista do Império Romano na África, as construções possuíam apenas uma única abertura – a porta – que tinha a característica de ser bi ou tripartida, sendo que a porta continha a janela. A iluminação e ventilação dos ambientes eram também por meio do peristilo e tinham a função de acesso (Jorge 1995). Na Roma antiga, em decorrência do sistema construtivo utilizado foram observadas alterações nas janelas principalmente nas edificações religiosas e salas termais, tendo suas dimensões aumentadas permitindo a iluminação natural nos ambientes internos.

Outros fatores de influência foram às condições climáticas e a participação social nas cidades romanas, que exigiam ambientes bem iluminados (Beckett & Godfrey 1978). No período da Idade Média as edificações residenciais tinham suas janelas voltadas para o espaço público, e para manter a privacidade dos ambientes, incorporaram peitoris mais altos sendo possível o acesso da luz natural no interior do ambiente. No início da Renascença, as teorias de reorganização dos espaços internos determinavam diretrizes para as edificações, com o propósito de contemplar o espaço externo por meio das janelas.

No período do Renascimento (Figura 3) um novo conceito de arquitetura foi adotado permitindo utilizar uma variedade de modelos de janelas, que incorporaram a função estética na edificação (Jorge 1995).



Figura 1: Janela no Templo egípcio. Fonte: Arquitetura Mundial. Acesso: 10 set. 2008. Figura 2: Peristilo nas casas gregas. Fonte: Domus pompeiana Peristylum. Acesso: 10 set. 2014. Figura 3: Janelas no Renascimento. Fonte: Arquitetando, 2009. Acesso em: 10 set. 2014.

Já no movimento Barroco (Figura 4) a percepção e domínio do espaço foram aspectos importantes e as janelas tornaram-se elementos fundamentais na linguagem do projeto, sendo

exemplo de tentativa de inclusão na dinâmica da arquitetura. O período da Revolução Industrial (Figura 5) trouxe inovações tecnológicas resultando em estruturas que favoreciam o uso de janelas maiores, por exemplo, com o uso do ferro na construção civil (Beckett & Godfrey 1978).

No século XX, com o surgimento do concreto armado, as alternativas construtivas possibilitaram desenvolver edificações com aberturas mais expressivas. As ideias modernistas de Le Corbusier levantaram questionamentos sobre a inércia dos sistemas construtivos existentes, propondo princípios de concepção do espaço através de tecnologias novas para os novos materiais. Dentre esses princípios, a utilização de janelas em toda a largura da fachada (janela em fita), proporcionando, a partir da visão externa, a eliminação da marcação da estrutura da edificação (Figura 6).



Figura 4: Janelas barrocas. Fonte: História da Arte. Acesso em: 14 set. 2014. Figura 5: Palácio de Cristal. Fonte: Engines of Our Ingenuity. 2004. Acesso em: 15 set. 2014. Figura 6: Villa Sovoye. Fonte: Le Corbusier 1947.

O elemento janela na arquitetura pós-moderna é intensificado, por meio de conceitos minimalistas das aberturas, que caracterizam uma determinada intenção arquitetônica tornando-se, muitas vezes, mais plástica do que funcional na definição do espaço tridimensional. O final do século XX é caracterizado como uma época marcada pela diversidade na produção arquitetônica, sendo que a janela torna-se elemento de uma arquitetura de significado e o edifício é tratado como obra de arte ou como de alta tecnologia (high-tech) em sua concepção, independente da adoção da eficiência energética como condicionante (Nico-Rodrigues 2008).

As janelas no Brasil

A evolução dos tipos de janelas no Brasil está associada à história da arquitetura e esta, aos ciclos econômicos, seja estes de âmbito nacional ou regional, ressaltando-se que as importantes obras de engenharia e arquitetura, até princípio do século XX, eram de madeira, pedra ou ambos (Miotto 2002). No início do processo de colonização, as janelas eram de madeira e possuíam apenas uma folha, denominada de escudo, que se abria para o interior do ambiente sendo que o controle da ventilação era feito de duas possibilidades: aberto ou fechado (Figura 7).

Com as adaptações para o clima tropical, as alterações nas janelas aconteceram por meio do aumento na dimensão das aberturas, aproveitando a estrutura das casas, possibilitando maior ventilação e iluminação nos ambientes e tendo as mesmas características tipológicas das anteriores (Figura 8). Uma das versões da arquitetura bandeirista, ou seja, das construções rurais das residências paulistas do período Colonial, utilizavam as janelas com composição de vergas, peitoris e ombreiras de madeira, sendo que o fechamento era através de balaústre de seção quadrada, possibilitando a ventilação permanente e bloqueando a iluminação (Figura 9).



Figura 7: Janela com escudo. Fonte: Miotto (2002). Figura 8: Janelas geminadas. Fonte: Miotto (2002). Figura 9: Janela com balaústre. Fonte: Miotto (2002).

No período do Barroco, as janelas traziam o vidro e possuíam também a gelosia com rótula, como elemento para o controle da ventilação e proteção do interior da visualização externa (Figura 10). Havia nas edificações rurais, as janelas com urupemas (Figura 11) que eram elementos colocados na parte externa das janelas, deixando livre o escudo que se abria para o interior do ambiente (Miotto 2002). Outro elemento importante neste período foi à gelosia com o muxarabi (Figura 12) que servia como elemento regulador da ventilação e resguardo dos ambientes internos (Miotto 2002).



Figura 10: Gelosia com rótula. Fonte: Mascarello (1985). Figura 11: Janela com urupema. Fonte: Mascarello (1985).
Figura 12: Gelosia com muxarabi. Fonte: Mascarello (1985).

No século XIX, com a chegada da corte portuguesa ao Brasil e, posteriormente, com a imigração de europeus e o período do ciclo do café, foram intensificadas e exploradas várias técnicas construtivas e o uso de diversos materiais. Nesse período, a fabricação e o uso do vidro plano para a janela permitiu maior controle da iluminação nos ambientes substituindo os tradicionais escudos, a madeira recortada e os balaustres, conforme Figura 13 (Miotto 2002). No auge do ciclo do café, surgiu a janela com veneziana de abrir para o exterior, combinada com folha e panos de vidro e sistema de abertura do tipo guilhotina (Figura 13). As diferenças climáticas do Brasil exigiram janelas que apresentassem particularidades características de cada região, com concepção tipológica proveniente dos países colonizadores (Figura 14, Figura 15, Figura 16).

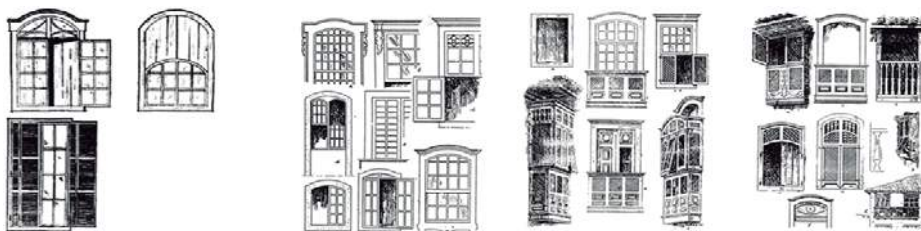


Figura 13: Janelas com vidro, venezianas e guilhotina. Fonte: Miotto (2002). Figura 14: Janelas em Minas Gerais. Fonte: Bruna (1991). Figura 15: Janelas em São Paulo. Fonte: Bruna (1991). Figura 16: Janelas na Paraíba. Fonte: Bruna (1991).

No final do século XIX e início do século XX, a evolução tecnológica proporcionou o uso do ferro na construção civil. Com a possibilidade do uso do concreto armado, as transformações na arquitetura são influenciadas pela industrialização dos componentes da construção civil, principalmente das janelas, que são fabricadas em ferro e utilizadas em grande escala. A modernização trouxe, entre outras consequências, a possibilidade de executar grandes vãos, surgindo então os tipos de janelas com o sistema de abertura do tipo basculante, maxim-ar e de correr, conforme ilustra a Figura 17 (Miotto 2002).

A partir da década de 1950, aparecem os perfis tubulares e os perfis abertos e na década de 1960, o processo de industrialização e padronização das esquadrias tornou-se atuante no mercado. O aço com adição de carbono com objetivo de ser utilizado nas esquadrias surgiu com para substituir as esquadrias executadas em ferro com pouca adição de carbono, visto que a resistência e o desenvolvimento tecnológico tornaram o material mais competitivo (Figura 18), assim como, a produção de esquadrias em alumínio com tecnologia desenvolvida especialmente para a construção civil (Figura 19).



Figura 17: Sistemas de aberturas. Fonte: Miotto (2002). Figura 18: Janela em aço. Figura 19: Janela em alumínio.

O desenvolvimento econômico e social ocorrido no Brasil definiram de forma marcante, as técnicas construtivas utilizadas nas edificações, tanto nas rurais como nas urbanas. Os materiais utilizados em grande parte das edificações do país correspondiam, nas áreas rurais, aos encontrados na região, e nas áreas urbanas, aos materiais importados, observados nas ricas e sofisticadas soluções adotadas.

As janelas no Espírito Santo

As primeiras construções erguidas no Espírito Santo foram para uso como estaleiros que objetivavam a construção e reparos de embarcações e de elementos para a construção civil. Esse tipo de construção, segundo Muniz (1989) era muito próprio ao ambiente encontrado no Brasil, apresentando aspecto de fortificação, com raras aberturas.

O crescimento da capitania aconteceu em meados de 1847 com a chegada dos imigrantes europeus. A arquitetura rural desenvolvida pelos imigrantes utilizava materiais regionais e seus elementos eram adaptados ao sistema construtivo adotado. Conforme Muniz (1989), as janelas existentes nessas edificações tinham suas estruturas faceando a parte externa das paredes e executadas por meio de encaixes nas peças e fixadas com pregos ou cravos de ferro. Tinham vigas retas, ou na forma de arco abatido ou em arco pleno, dependendo da época da construção, conforme ilustra a Figura 20.

O mesmo autor relata que em algumas das edificações, erguidas pelos imigrantes, aparecem nas janelas caixilhos para vidraças que se abrem no sistema de guilhotina, que eram utilizadas dependendo da função dos espaços, podendo ser também no sistema de abrir através de duas folhas em madeira (Figura 21).

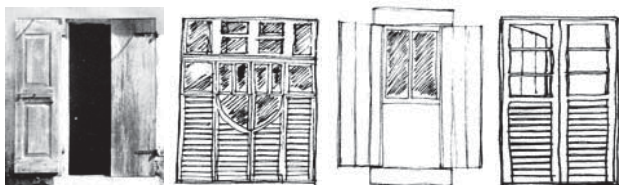


Figura 20: Janela da casa do imigrante. Fonte: Posenato (1997). Figura 21: Tipos de janela do período da colonização. Fonte: Nico-Rodrigues (2008).

O desenvolvimento do estado acontecia com as necessidades de progresso e crescimento advindo da nova população que se formava, principalmente nas regiões do interior do estado. As intervenções urbanas e as iniciativas administrativas e econômicas ocorridas durante o século XIX trouxeram para o Espírito Santo, técnicas construtivas adotadas nas cidades brasileiras e de fora do país. A evolução da janela acompanhou o crescimento da construção civil e das novas tecnologias construtivas advindas da necessidade de modernização dos mecanismos de execução e dos materiais.

2.2 Caracterização dos tipos de janelas usuais nas edificações multifamiliares com o recorte territorial para a cidade de Vitória/ES (Brasil)

A evolução da técnica construtiva, bem como o crescente interesse imobiliário para os edifícios residenciais multifamiliares, levou à simplificação do componente janela, adaptando-se a um sistema construtivo e com características térmicas que eventualmente induzem à condições

desfavoráveis em relação à habitabilidade. Na Figura 22 seguem apresentados alguns exemplos que caracteristicamente foram projetados, a partir de componentes construtivos e tipos de janela preocupados com os aspectos ambientais nas edificações multifamiliares.



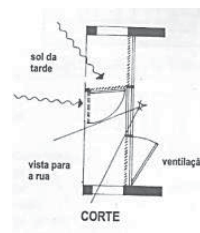
Detalhe da janela do Edifício Marquês de Herval, RJ, com controle para ventilação e insolação.

Fonte: Coisas da Arquitetura. Acesso em: 10 set. 2014.



Detalhes das janelas do Edifício Louveira, RJ, com controle da insolação.

Fonte: Agua furtado. Acesso em: 10 set. 2014



Detalhes da janela no edifício MMM Roberto, RJ, com detalhe de proteção contra a radiação solar.

Fonte: Arcoweb. Acesso em: 10 set. 2014.

Figura 1: Exemplos de tipos de janelas utilizadas nas sedificações residenciais multifamiliares

O modelo da janela é determinante para sua usabilidade, bem como para adequar o movimento do ar para as condições desejáveis. A escolha inadequada de modelos têm contribuído significativamente para o consumo de energia em edifício residencial (Kim et al. 2014) sendo que cerca de 30% do total de energia para condicionar ambientes é atribuída à transferência de calor por meio das janelas (Yoo et al. 2005).

Para Albatici & Passerini (2011) são necessários modelos diferentes de janelas para atender às particularidades de cada orientação e quando se determina um tipo de janela é importante considerar principalmente, fatores como, o conforto visual, a salubridade, e as características arquitetônicas do edifício. Nesse sentido, as janelas, entre outros elementos construtivos, possui a função determinante de controlar as variações climáticas dentro do ambiente construído e definir condições fisiológicas satisfatórias.

As atuais janelas das edificações multifamiliares em Vitória, ES, Brasil

As tecnologias construtivas utilizadas em muitas edificações residenciais multifamiliares em Vitória/ES são decorrentes de um crescimento na construção civil que vem sendo constatado por meio do censo imobiliário, efetuado pelo Sindicato da Construção Civil do Espírito Santo – SINDUSCON. Na pesquisa desenvolvida por Nico-Rodrigues et al. (2014), na região com maior crescimento imobiliário, foram sistematizadas as informações de 1999 unidades de janelas nas edificações residenciais em uso, que resultaram na classificação de 23 tipos diferentes de janelas, conforme síntese apresentada na Figura 23.

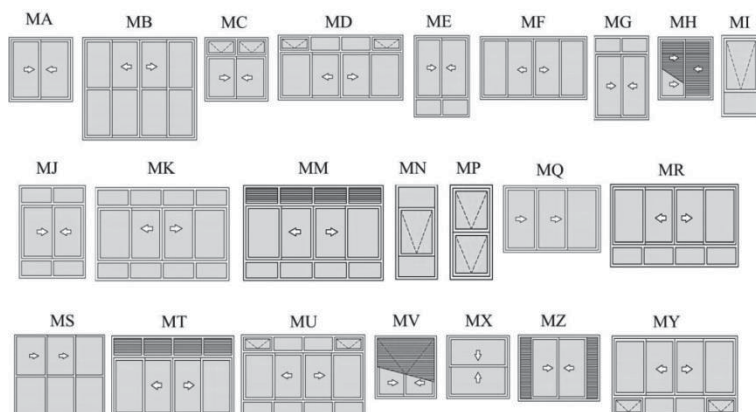


Figura 23: Tipos de janelas utilizadas nas edificações residenciais multifamiliares em Vitória. A nomenclatura se refere ao Modelo A (MA), Modelo B (MB) e assim por diante até o Modelo Y (MY). Fonte: Nico-Rodrigues et al. (2014).

O resultado demonstrou que o tipo de janela mais utilizado nas edificações residenciais multifamiliares é o modelo MA, constituído do material alumínio, caracterizado com marco simples (montantes e travessas) e duas folhas com panos em vidros, no sistema de correr e sem dispositivo de sombra e de elementos que possibilitam a ventilação constante. Os demais modelos registrados corresponderam a tipos de janelas com dois caixilhos e sistemas de aberturas do tipo maxim-ar, guilhotina e projetante, como também caixilhos com venezianas.

2.3 Análise das alterações nos componentes das janelas e suas implicações nas condições da sustentabilidade ambiental

As alterações ocorridas na janela decorrentes da evolução da arquitetura estão diretamente relacionadas à necessidade de adequabilidade do homem ao espaço interno. Inicialmente, eram compostas de painéis que bloqueavam totalmente a iluminação sem o controle da ventilação. Surge assim, como tentativa de controle da ventilação, elementos como o balaústre, as persianas ou venezianas e o espaço interno torna-se protegido mantendo a circulação do ar. A utilização do vidro proporcionou o uso da iluminação natural no ambiente interno, com o domínio do espaço externo.

A utilização de elementos como venezianas e persianas nas janelas dos períodos históricos mais remotos e sua eliminação constatada nos dados obtidos por Nico-Rodrigues et al. (2014), revelou a sobreposição de valores diversos – como custo, padrão estético ou mesmo oferta no mercado – em detrimento aos aspectos social e psicológico. Este fato foi observado quando o ser humano necessitou da influência da ventilação e da iluminação para a melhoria das condições internas do ambiente, do convívio e da participação social.

Em relação à eficiência térmica e energética, observou-se o desenvolvimento de alguns tipos de janelas que não possibilitam a abertura para a desejável renovação do ar, seja através da ventilação higiênica, da ventilação de conforto ou mesmo da noturna, ocasionando desconforto térmico aos usuários ou dispêndio energético para condicionamento térmico artificial. Da mesma forma, destacam-se algumas soluções que não permitem ou dificultam o aproveitamento da iluminação natural durante grande parte do dia, desencadeando consumos maiores de energia e, eventualmente, o desconforto visual ocasionado pelo uso contínuo de iluminação artificial.

As normas técnicas brasileiras – NBRs – determinam condições mínimas de desempenho do ambiente, considerando as características da envoltória (paredes, coberturas e aberturas) para as 8 (oito) regiões bioclimáticas do Brasil (Associação... 2005, 2013) como também, as diretrizes do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais Unifamiliares e Multifamiliares - RTQ-R (Brasil... 2010), que priorizam a qualidade do ambiente interior para a habitabilidade.

A NBR 15220 (Associação... 2005) define a necessidade do uso da ventilação em 7 (sete), das 8 (oito) zonas bioclimáticas que dividem o Brasil, prescrevendo a adoção de soluções para proporcionar a ventilação cruzada, a ventilação seletiva e a ventilação permanente, para a melhoria das condições internas em edificações multifamiliares. Também, a NBR 15575 (Associação... 2013), determina que para balizar o desenvolvimento tecnológico e orientar a avaliação da eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas é necessário o atendimento das diretrizes mencionadas na NBR 15220-3. Também o RTQ-R (Brasil... 2010) prescreve áreas mínimas de abertura para ambientes de longa permanência, objetivando a melhoria das condições internas quando é adotada a ventilação natural como condicionante térmico passivo.

A necessidade humana de manter a socialização motivou a criação de elementos construtivos que proporcionassem a interação com o espaço urbano, assim como permitissem que as

condicionantes naturais – como ventilação e iluminação natural – fossem utilizados enquanto elementos primordiais para a qualidade de vida e para alcance de níveis de sustentabilidade ambiental nas edificações. Porém os tipos de janelas utilizados atualmente demonstram inadequadas para garantir minimamente o uso dos condicionantes naturais, possibilitando a diminuição do consumo de energia. Salienta-se que o uso de elementos vazantes e sombreadores nas janelas são elementos primordiais para a melhoria das condições térmicas internas e do aproveitamento dos condicionantes naturais, como prescrito nas normativas de desempenho e demonstrado no decorrer da evolução da janela, por meio da necessidade humana de melhores condições ambientais.

3 CONCLUSÃO

As aberturas evoluíram de acordo com a necessidade humana de relacionamento com o mundo externo e com as novas concepções de espaço. Como elemento do invólucro da edificação, as janelas tiveram os modelos modificados e transformados na medida em que houve a necessidade da utilização dos principais condicionantes climáticos, ou seja, a luz e o ar. Através da iluminação, descobriram-se os espaços internos; através do convívio social, exteriorizou-se o interior; e através da ventilação e da iluminação, promoveu-se a higienização dos ambientes.

Porém, nota-se que o aparecimento de novos conceitos na concepção de arquitetura levou os elementos permeáveis a desaparecerem quase em sua totalidade, optando-se por tipos de janelas com conceitos minimalistas e inseridas no envoltório da edificação, funcionando muitas vezes apenas como elemento obrigatório para atingir coeficientes ditados como mínimos para habitabilidade.

O rigor normativo e as inovações tecnológicas utilizadas pelo mercado determinam a eficiência dos sistemas de esquadrias. Um exemplo dessa afirmação são os tipos de janelas utilizadas em alguns países desenvolvidos, em que os ensaios definem o comportamento técnico das esquadrias e são condicionantes para estabelecerem certificação de uso das edificações (ADENE 2014). No Brasil, o uso dos tipos simplificados de modelos de janela em algumas edificações não configura item essencial na qualidade, pois não há exigência da parte dos usuários com relação às normas de desempenho térmico dos componentes.

É perceptível a necessidade de incentivo à utilização de tipos de janelas que apresentem coerência com os condicionantes naturais, assim como a concepção de edificações preocupadas com a sustentabilidade ambiental, proporcionados, entre outros elementos importantes, aberturas que favorecem a ventilação e a iluminação natural, especialmente em localidades com clima quente e úmido, minimizando o uso de equipamentos para resfriamento e o uso da iluminação artificial.

AGRADECIMENTO

Ao Laboratório de Planejamento e Projeto da Universidade Federal do Espírito Santo e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior no Brasil; ao Doutorado em Arquitetura e Urbanismo da Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

REFERÊNCIAS

- ADENE. Agência para a energia. 2014. Disponível em: <<http://www.adene.pt/sce>>. Acesso em: 10 set. 2014.
- Água Furtado. Disponível em: <<http://aguafurtado.blogspot.com.br/2008/03/edificio-louveira.html>>. Acesso: 10 set. 2014.
- Arcoweb. Disponível em: <<http://arcoweb.com.br/projetodesign/especiais/premio-asbea-2004-premio-roberto-claudio-dos-santos-aflalo-01-12-2004>>. Acesso em: 10 set. 2014.
- Arquitetando, 2009. Disponível em: <<http://arquitetandoblog.wordpress.com/2009/04/06/tratados-renascentistas/>>. Acesso em: 10 set. 2014.
- Arquitetura Mundial – arquitetura egípcia, 2008. Disponível em: <<http://iraja.v10.com.br/arquitetura%20egipcia.htm>>. Acesso em: 10 set. 2008.

- Albatici, R. & Passerini, F. 2011. Bioclimatic design of buildings considering heating requirements in Italian climatic conditions. A simplified approach. *Building and Environment* 46: 1624-1631.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas. 2005. NBR 15220-3: Desempenho Térmico de edificações. Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas. 2013. NBR 15575: Desempenho térmico de Edificações. Rio de Janeiro.
- Beckett, H.E. & Godfrey, J.A. 1978. Ventanas – función, diseño e instalación. Barcelona: Gustavo Gili, S. A.
- Brasil. 2010. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. Portaria n. 449, 25 de novembro de 2010. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Rio de Janeiro.
- Bruna, P. 1991. Manual técnico de caixilhos, janelas: aço, alumínio, vidros, PVC, madeira, acessórios, juntas e materiais de vedação. São Paulo: Pini.
- Coisas Da Arquitetura. Disponível em: <<http://coisasdaarquitetura.wordpress.com/2011/06/20/edificios-marcantes-no-centro-do-rio-de-janeiro/>>. Acesso em: 10 set. 2014.
- Domus Pompeiana Perstylium. Disponível em: <<http://www.domuspompeiana.com/Web%20Arqueologica/0546109eb21104903/index.html>>. Acesso em: 10 out. 2014.
- Engines Of Our Ingenuity. The Crystal Palace, No.19, 2004. Disponível em: <www.uh.edu/engines/epi19.htm>. Acesso em: 10 set. 2014.
- História Da Arte. O barroco, 2000. Disponível em: <www.historianet.com.br/conteudo/default.asp?codigo=246>. Acesso em: 10 set. 2014.
- Ihm, P. & Park, L. & Krarti, M. & SEO, D. 2012. Impact of window selection on the energy performance of residential buildings in South Korea. *Energy Policy* 44: 1-9.
- International Council For Research And Innovation In Building Construction. 2014. Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries. Disponível em: <http://www.cidb.org.za/documents/kc/external_publications/ext_pubs_a21_sustainable_construction.pdf>. Acesso em: 10 set. 2014.
- Jonsson, A. & Roos, A. 2010. Evaluation of control strategies for different smart window combinations using computer simulations. *Solar Energy* 84: 1-9.
- Jorge, L.A. 1995. O Desenho da Janela. São Paulo: Annablum-ME.
- Kim, S.-H. & Kim, S.-S. & Kim, K.-W. & Cho, Y.-H. 2014. A study on the proposes of energy analysis indicator by the window elements of office buildings in Korea. *Energy and Buildings* 73: 153-165.
- Le Corbusier. 1947. Le Corbusier et Pierre Jeanneret: Oeuvre complète de 1929-1934. Zurich: Willy Boesiger. 4ª edição.
- Mascarello, S.N.P.R. 1982. Arquitetura Brasileira: Elementos, materiais e técnicas construtivas. Rio Grande do Sul: Universidade do Vale do Rio dos Sinos.
- Miotto, J.L. 2002. Evolução das esquadrias de madeira no Brasil. Londrina: UNOPAR Científica 1 (1): 55-62.
- Muniz, M. I. M. 1989. Arquitetura Rural do Século XIX no Espírito Santo. Vitória: Aracruz Celulose/ Fundação Jônice Tristão/ Rede gazeta/ Xérox do Brasil.
- Nico-Rodrigues, E.A. 2008. Janelas x Ventilação: modelo de apoio à escolha para edificações multifamiliares em Vitória, ES. Dissertação de mestrado. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo.
- Nico-Rodrigues, E.A. & Alvarez, C.E. & Dell Santo, A. & Piderit, M.B. 2014. Quando a janela define a condição de desempenho térmico em ambiente ventilado naturalmente: caso específico das edificações multifamiliares em Vitória, ES. *Ambiente Construído* (em revisão).
- Nicol, J.F. & Humphreys, M.A. 2002. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings* 34: 563-572.
- Posenato, J. 1997. Arquitetura da Imigração no Espírito Santo. Porto Alegre: Posenato Art & Cultura.
- Roaf, S. & Fuentes, M. & Thomas, S. 2006. Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável. Porto Alegre: Bookman.
- Yoo, H.C. & Oh, Y.H. & Park, S.K. 2005. The optimal window system of office buildings considering energy y efficiency. *Journal of the Korean Solar Energy Society* 25(4): 53-60.

Materiais de isolamento térmico de edifícios. Para além da energia operacional

Carlos Oliveira Augusto

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Laboratory of Building Physics and Construction Technology, Guimarães, Portugal

carlosoliveira.7@gmail.com

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

braganca@civil.uminho.pt

Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

malmeida@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The use of thermal insulation materials for the achievement of energy efficient buildings intended, in most cases, the fulfilment of the required heating and cooling needs of the operational phase. The main goal of this paper is - by using exploratory methodology, namely literature review - identify more sustainable insulating materials and, concomitantly, exposing the paradoxical effect of other insulation materials with high Global Warming Potential (GWP) highlighting the role of the Life Cycle Assessment (LCA), Ecodesign and Environmental Product Declaration (EPD) tools for the framing, comparison and selection of materials. As a main conclusion, it is noticed the lack of environmental information from the producers which, together with acquisition prices that do not internalize Life Cycle Costs (LCC), has led to the use of insulation materials with high carbon footprint and to the "isolation paradox" as well.

Keywords: Life Cycle Assessment; Sustainability Assessment, Operational Energy; Insulation Materials; Paradox of Insulation.

RESUMO: A utilização de materiais de isolamento térmico para a obtenção de edifícios energeticamente eficientes visa, na generalidade dos casos, a satisfação das respetivas necessidades de aquecimento e arrefecimento da fase operacional. O objetivo principal deste trabalho é o de - mediante a utilização de metodologia exploratória, nomeadamente revisão bibliográfica - identificar materiais de isolamento mais sustentáveis e, concomitantemente, expor o efeito paradoxal de outros com elevado Potencial de Aquecimento Global (GWP), destacando o papel da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), do *Ecodesign* e da Declaração Ambiental de Produto (DAP) para a conceção, comparação e seleção de materiais. Como principal conclusão, salienta-se a ausência generalizada de informação ambiental por parte dos produtores o que, a par de preços de aquisição que não internalizam Custos de Ciclo de Vida (LCC), tem conduzido à utilização de materiais com elevada pegada de carbono e ao "paradoxo do isolamento".

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo De Vida; Avaliação da Sustentabilidade, Energia Operacional; Materiais de Isolamento; Paradoxo do Isolamento.

1 INTRODUÇÃO

Os materiais de isolamento térmico para aplicação em envolventes de edifícios são, atualmente, a solução mais utilizada para atingir valores de condutibilidade térmica adequados, compensando a baixa inércia térmica dos sistemas construtivos convencionais. Esses materiais, de diferentes tipos, densidades e espessuras, permitem que a envolvente, cobertura, fundações

e paredes enterradas sejam isoladas de modo a garantir a funcionalidade das instalações, o conforto térmico dos ocupantes e a redução das emissões de carbono.

Assume especial importância, a identificação do tipo de matérias-primas envolvidas (de origem mineral ou orgânica) e que irão dar lugar a produtos “sintéticos” ou “naturais”, em função do grau de transformação a que são sujeitas. No caso dos produtos naturais, a matéria-prima permanece essencialmente inalterada (Pfundstein 2008). A tabela 1 refere alguns dos produtos mais utilizados ou com mais notoriedade no mercado português:

Tabela 1: Classificação e características técnicas referentes a alguns materiais correntes de isolamento térmico (Adaptado de Pfunstein 2008)

Material de isolamento	Classificação	Densidade (kg/m ³)	Condutividade térmica [W/(mK)]
Lã de Vidro	Inorgânico-Sintético	13	0.036
Lã de Rocha	Inorgânico-Sintético	20-200	0.035-0.040
Argila Expandida (4/16)	Inorgânico-Natural	400	0.800-1.000
Poliestireno Expandido (EPS)	Orgânico-Sintético	30	0.035
Poliestireno Extrudido (XPS)	Orgânico-Sintético	37	0.032
Espuma Rígida de Poliuretano (PUR)	Orgânico-Sintético	40	0.030
Cortiça (placa rígida)	Orgânico-Natural	100-120	0.040
Fibra de Coco (placa)	Orgânico-Natural	70-90	0.045
Cânhamo (reforçado com poliéster)	Orgânico-Natural	30	0.045

Pode-se afirmar, de forma empírica, que um produto classificado de “orgânico-natural” possa gerar menor impacto ambiental do que os demais, e seja, portanto, mais adequado para utilização em projetos e obras de construção sustentável. Tal conclusão, carece, no entanto, da necessária validação através de ferramentas adequadas, nomeadamente, por via da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), que permite a identificação dos impactos ambientais de um determinado material, produto ou sistema (MPS) ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a fase de conceção e projeto até à deposição ou reutilização (Crawford 2011).

A ACV viabiliza a utilização dessa informação para vários fins, designadamente, para a melhoria do desempenho ambiental de um MPS, e que pode ser caracterizado como o perfil dos potenciais efeitos sobre o Ambiente e a Saúde Humana tais como: Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential* – GWP), Destruição do Ozono Estratosférico, Acidificação do Solo e dos Recursos Hídricos, entre outros (Bragança & Mateus 2011).

A tabela 2 apresenta dados provenientes de ACV’S para os materiais de isolamento acima considerados, donde se destacam, em termos de contribuição para a pegada de carbono, os fatores de caracterização “Potencial de Aquecimento Global” (*Global Warming Potential* - GWP) e “Energia Primária não-renovável” (EPNR), relacionados com as Categorias de Impacte “Aquecimento Global” e “Depleção de Recursos”, respetivamente (Crawford 2011).

A informação atempada dos indicadores ambientais fornecidos por uma ACV é de extrema relevância para os *designers* e projetistas, que assim ficam na posse de elementos que lhes permitem desenvolver, ou prescrever, materiais de forma ambientalmente orientada (Jeswiet & Hauschild 2005). Este modo de conceção - ambientalmente orientada e tendo em vista a redução ou eliminação de alguns dos impactos originados ao longo do ciclo de vida - é designada de *Ecodesign* (Crawford 2011).

A concentração do protagonismo na eficiência energética operacional e nas energias renováveis relegaram, para plano secundário, a contribuição dos materiais para a sustentabilidade do edificado, em contexto de construção nova ou de reabilitação. Desse modo, os impactos associados às restantes fases do ciclo de vida podem fazer diminuir significativamente, ou até mesmo anular, o ativo ambiental alcançado durante a fase operacional (Ascenso 2013). Desse

modo, para a realização de um projeto ecoeficiente, deve-se dispor atempadamente de informação relevante acerca dos MPS a prescrever, obtida a partir de uma ACV. Tal é o caso da Declaração Ambiental de Produto (DAP) que divulga, resultados específicos relativos a um dado material ou produto, mas também, outros aspetos que geralmente não constam de uma ACV (dados técnicos ou informação relativa a substâncias especiais), com a finalidade de providenciar informação relevante, afim que o potencial prescritor ou cliente possa comparar produtos, comparando resultados quantificados (Oliveira Augusto 2012).

Tabela 2. Fatores de Caracterização de Impacte ambiental para alguns materiais correntes de isolamento térmico (Adaptado de Pfunstein 2008)

Material de Isolamento	Potencial de Aquecimento Global (kgCO ₂ eq./kg)	Potencial Fotoquímico de Criação de Ozono (kgC ₂ H ₂ /kg)	Potencial de Acidificação (kgSO ₂ eq./kg)	Potencial de Eutrofização (kgPO ₄ eq./kg)	Energia Primária, não-renovável (MJ/kg)
Lã de Vidro	2.81	0.00124	0.00603	0.00072	4.4
Lã de Rocha	1.16	0.00052	0.00750	0.00083	12.9
Argila Expandida	0.31	0.00016	0.00194	0.00009	4.4
EPS	2.76	0.00095	0.00590	0.00061	83.0
XPS (expansor HFC)	21.97	0.00278	0.02854	0.00181	110.2
PUR (Rígida)	13.7	0.00048	0.06680	0.00160	102.1
Cortiça (ICB)	- 1.46	0.0001	0.00290	0.00025	7.19
Coco (Placa)	0.56	0.00019	0.03630	0.00094	34.9
Cânhamo (Painel)	- 0.55	0.00087	0.00672	0.00077	14.9

O setor da Construção, em Portugal, ainda carece da necessária divulgação deste tipo de informação especializada, no entanto, prevê-se a curto prazo a obrigatoriedade de os fabricantes executarem - e comunicarem - as DAP's referentes aos seus produtos, o que contribuirá de modo substancial para a disseminação de uma prescrição de base científica e ambientalmente orientada, tornando mais exequível a quantificação do impacte ambiental de produtos complexos, como é o caso dos edifícios (Bragança & Mateus 2011).

Com o objetivo de avaliar a Sustentabilidade de materiais, ir-se-á proceder à aplicação da Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Soluções Construtivas (MARS-SC) a quatro materiais de isolamento térmico, tidos como os mais adequados para aplicação em Sistemas Compósitos de Isolamento Térmico pelo Exterior (*External Thermal Insulation Composite Systems* - ETICS), no contexto do mercado nacional.

2 METODOLOGIA

2.1 Potencial de Aquecimento Global dos Isolamentos Térmicos

Um dos exemplos mais evidentes da ausência de informação ambientalmente relevante é o subsetor dos materiais de isolamento térmico, pela dificuldade que existe em identificar o respetivo valor intrínseco do Potencial de Aquecimento Global, uma das categorias de impacte com mais relevância nas Alterações Climáticas Antropogénicas (Bragança & Mateus 2011).

Há que sublinhar o facto de os próprios materiais de isolamento contribuírem, *per se*, para o fenómeno do aquecimento global, de dois modos: através da energia incorporada (resultante da extração, fabrico e transporte) e, no caso de algumas espumas, por via da utilização de agentes expansores químicos (*blowing agents*), com alto potencial de aquecimento global, tendo como finalidade a obtenção de minúsculas bolhas de ar (Wilson 2010) (tabela 3).

Inicialmente, as espumas de poliestireno extrudido (XPS) e de poliuretano (PU) de célula fechada utilizavam agentes expansores de clorofluorocarbonetos (CFC) que foram abolidos por danificarem a camada de ozono, tendo sido substituídos por hidroclorofluorocarbonetos (HCFC)

sem contributo significativo para a depleção da camada de ozono, mas, ainda, com elevado potencial de efeito de estufa. Por força do Protocolo de Montreal (UNEP 2012), os HCFCs foram, por sua vez, abolidos e substituídos pelos hidrofluorcarbonetos (HFC), a terceira geração de agentes expansores (Wilson 2010).

Tabela 3: Alguns materiais correntes de isolamento térmico no mercado global e respetivos agentes expansores (Adaptado de Wilson 2010)

Insulation Material	R - value (R/inch)	Density (lb/ft ²)	Embodied Energy (MJ/kg)	Embodied Carbon (KgCO ₂ /kg)	Blowing Agent (GWP)	Blowing Agent (Kg/Kg foam)
Cellulose (dense-pack)	3.7	3.0	2.1	0.106	None	0
Fiberglass batt	3.3	1.0	28	1.44	None	0
Rigid mineral wool	4.0	4.0	17	1.2	None	0
Polyisocyanurate (PIR)	6.0	1.5	72	3.0	Pentane (7)	0.05
SPF - closed cell (HFC-blown)	6.0	2.0	72	3.0	HFC.245fa (1030)	0.11
SPF - closed cell (water-blown)	5.0	2.0	72	3.0	Water (1)	0
SPF - open cell (water blown)	3.7	0.5	72	3.0	Water (1)	0
Expanded polystyrene (EPS)	3.9	1.0	89	2.5	Pentane (7)	0.06
Extruded polystyrene (EPS)	5.0	2.0	89	2.5	HFC.134a (1430)	0.08

A nível global, por razões técnicas e económicas, a indústria do XPS tende a utilizar como agente expansor o HFC-134a, com um GWP = 1430 (horizonte temporal de 100 anos, em conformidade com o 4º Relatório de Avaliação), ou seja, com um valor de mil quatrocentos e trinta vezes superior ao do CO₂ (GWP = 1) (figura 1).

Na Europa, contudo, existem várias empresas que adotaram voluntariamente hidrocarbonetos de baixo GWP, pelo que, facilmente se depreende a necessidade de dispor de uma ferramenta como a “Declaração Ambiental de Produto”, que permita comparar produtos tecnicamente “iguais”, mas com distinta pegada de carbono (EPA 2011).

A título ilustrativo é de referir que Wilson (2010) procedeu, para um edifício classificado como energeticamente eficiente, ao cálculo do *GWP payback* para vários tipos de isolamentos com, e sem, agentes expansores. O objetivo era o de calcular o período de retorno (em anos), após o qual se compensaria o efeito GWP devido à utilização de um determinado tipo de material.

Foram incluídos neste estudo, como representativos dos isolamentos espumados, o XPS (*Extruded Polystyrene Foam*) e o SPF (*Spray Polyurethane Foam*), ambos expandidos com HFCs e assumida uma perda (vazamento) dos agentes expansores de 50% ao longo da vida útil, considerada como sendo de 50 anos (fenómeno que, de modo geral, não é levado em consideração).

Os cálculos revelaram que, no caso dos isolamentos sem agentes expansivos – celulose, lã mineral, EPS - o período de retorno era relativamente curto (de 1 a 4 anos), no entanto, para os espumados, com destaque para o XPS elaborado com HFC-134a, o período de retorno para condições equivalentes e constantes era de 36 anos.

Porém, à medida que se incrementava o isolamento e, conseqüentemente, a Resistência Térmica da envolvente (*R-value*), permitindo poupar na energia de aquecimento e arrefecimento, o *GWP payback* aumentava para valores próximos, ou acima do tempo de vida

útil do edifício: no caso de se incrementar o isolamento XPS em 2'' (5,08 cm) ou 4'' (10,16 cm), o período de retorno passava a ser de 46 e de 65 anos, respectivamente (figura 2).

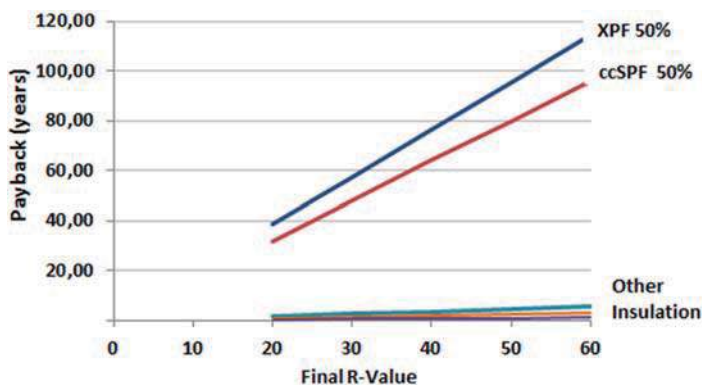


Figura 1: Estimativa do *GWP payback* (em anos) para materiais espumados XPS e SPF (Wilson 2010)

No pressuposto de um clima mais ameno (a zona geoclimática de referência deste estudo é a cidade de Boston, Estados Unidos da América), e de a perda dos agentes expansores ser superior aos 50% considerados, mantendo o isolamento constante, o período de retorno aumenta, pois as necessidades de aquecimento/arrefecimento são menores. No limite, se fosse assumida a hipótese de 100% de vazamento dos agentes expansores, o *GWP payback* duplicaria (Wilson 2010).

Estamos, portanto, em presença de um efeito paradoxal, em termos da pegada de carbono, que é precisamente o que a adoção de isolamento térmico em edifícios se propõe mitigar, por via da eficiência energética. Este efeito, designado de “Paradoxo do Isolamento”, pode ser revelado a partir de dados das ACV’s (tabela 2) ou das DAP’s, e minimizado por via da escolha de materiais de isolamento de baixo, ou muito baixo Potencial de Aquecimento Global. Em qualquer caso, as Declarações Ambientais de Produtos são ferramentas indispensáveis ao *ecodesign*, aplicadas tanto à conceção de materiais e produtos, como a projetos de Arquitetura e de Engenharia intrinsecamente sustentáveis.

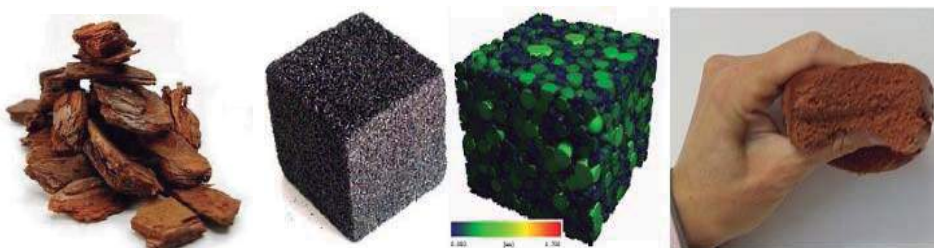


Figura 2: Espuma de isolamento térmico para a construção proveniente de casca de pinheiro (*biofoambark*)

Com o intuito de diminuir a poluição e o CO₂ associados a alguns materiais de isolamento térmico convencionais, têm vindo a ser desenvolvidos esforços no sentido de encontrar alternativas viáveis do ponto de vista económico, social e ambiental à matéria-prima fóssil, de que são exemplos o projeto *BioFoam Bark* - um consórcio europeu constituído com a finalidade de desenvolver uma espuma isolante de origem orgânica e natural para aplicação ao setor da construção, a partir do tanino extraído da casca de árvores (figura3) (Freiburg *et al.* 2014), e o *Mushroom Insulation*, um biomaterial de isolamento para construção e outros fins, obtido a partir de resíduos agrícolas e de micélio de cogumelo (Ecovative 2014).

2.2 Avaliação de Sustentabilidade de Materiais

Para efeitos de escolha do material mais adequado do ponto de vista da sustentabilidade, não é suficiente considerar, apenas, o respetivo preço de aquisição, que é o critério dominante na

prática. A partir da abordagem *Life-Cycle Thinking* é introduzido o conceito de Custos de Ciclo de Vida (*Life-Cycle Costs - LCC*), o qual inclui, para além dos habituais custos de produção, marketing e distribuição, também os custos operacionais, de manutenção e deposição. De facto, a adoção do paradigma do desenvolvimento sustentável pelas empresas implica, ao contrário da prática corrente, a internalização dos custos, de modo a que os aspetos ambientais e sociais estejam, também, refletidos no preço final (Buyle & Braet & Audenaert 2013).

Deste modo, a informação ambiental contida numa ACV (*Life-Cycle Assessment - LCA*) deve ser integrada com a de cariz económico (*cost-efficiency*) fornecida pela LCC, o que, em geral, não é feito. Com vista a obstar a esta dificuldade, o consórcio europeu CILECCTA (*Construction Industry Life Cycle Cost Analysis*), desenvolveu uma ferramenta de tomada de decisão que incorpora pensamento probabilístico, promovendo a combinação dos dois métodos e criando um novo termo: *Life Cycle Costing and Assessment (LCC+A)*, permitindo, em simultâneo, avaliar e eleger uma solução do ponto de vista económico e ambiental (CILECCTA 2013).

A figura 4 representa, como exemplo, um *output* gráfico simplificado, obtido a partir da ferramenta CILECCTA, do provável custo de ciclo de vida e do impacte associado em CO₂ equivalente para a unidade funcional de 1 m² de parede, realizada a partir de vários materiais alternativos entre si: tijolo (*brick*), bloco (*concrete block*), betão armado (*reinforced concrete*) e revestimento metálico (*steel cladding*).

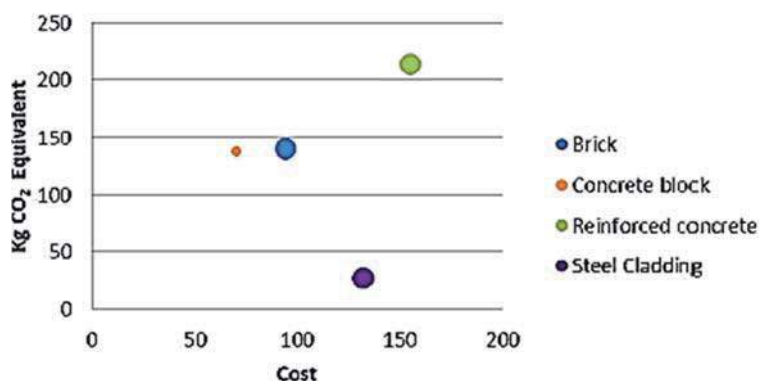


Figura 3. *Output* de resultados de LCC+A para 1m² de paredes de diferentes tipos (CILECCTA 2013)

Este método é aplicável ao setor da construção e constitui uma ferramenta que permite comparar, com relativa facilidade, custos e impactes ambientais para diferentes alternativas (CILECCTA 2013). Em todo o caso, há que ressaltar, que é crucial considerar o mesmo período para cada uma das alternativas, mesmo que estas apresentem uma vida útil diferente, para que se possam retirar conclusões válidas (Bragança & Mateus 2011).

A Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Soluções Construtivas (MARS-SC) é um método que avalia a sustentabilidade de materiais, produtos e sistemas (MPS) em relação à solução mais utilizada (corrente) num determinado contexto - local, regional ou nacional - e que é considerada como a “solução de referência” tendo como pano de fundo os três vetores característicos do paradigma do desenvolvimento sustentável: ambiente, sociedade e economia (Bragança & Mateus & Koukkari 2010).

Em Portugal, o sistema ETICS é um dos mais utilizados no isolamento de paredes pelo exterior, em obras novas e de reabilitação. Pode ser aplicado em paredes de alvenaria (tijolos, blocos de betão ou de betão celular autoclavado), de betão *in situ* ou pré-fabricadas (LNEC 2010).

Os isolamentos, sob a forma de placas rígidas, são fixados por colagem e/ou mecanicamente e possuem uma espessura variável, em função da resistência térmica (R) que se pretende obter, normalmente, de 40 a 60 mm de espessura, no caso português (figura 5). O tipo de isolamento mais utilizado é o EPS (poliestireno expandido), mas também o XPS (poliestireno extrudido) e o ICB (aglomerado de cortiça expandida) (LNEC 2010). De igual modo, utilizam-se com relativa

frequência painéis rígidos de lã de rocha (RW), quando se pretende a melhoria da *performance* acústica ao ruído aéreo exterior ou de resistência ao fogo, em conjunto com o desempenho térmico.

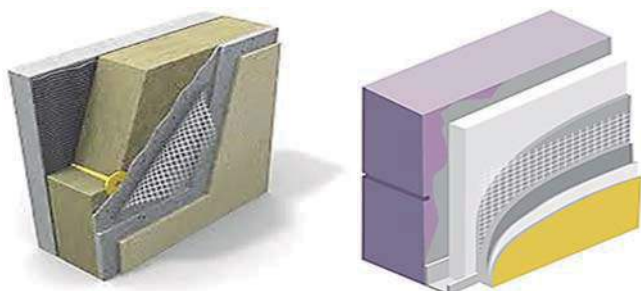


Figura 4: Fixação mecânica e por colagem em sistemas compósitos ETICS

Pelo acima exposto, encontra-se a justificação de atribuir ao “isolamento EPS fixado por colagem” o atributo de solução de referência, em sentido estrito, uma vez que não cabe no âmbito deste trabalho analisar a solução na totalidade (do substrato ao revestimento).

De acordo com as fichas técnicas de vários fabricantes e preços médios de aquisição no mercado nacional, propomo-nos avaliar e comparar o grau de sustentabilidade dos materiais de isolamento térmico utilizado em 4 soluções - EPS, XPS, RW e ICB - em função de 5 parâmetros: 2 ambientais (Potencial de Aquecimento Global e Energia Primária não-renovável), 2 sociais (desempenho térmico e acústico) e 1 económico (preço de aquisição).

O Potencial de Aquecimento Global (GWP) está relacionado com a emissão de gases de estufa para a atmosfera para um horizonte temporal de 100 anos, em quilogramas (kg) equivalentes de dióxido de carbono (CO₂) por kg de emissão libertada para a atmosfera, enquanto a Energia Primária não-renovável (EPNR), incorporada, representa o consumo de energia não-renovável (petróleo, gás natural, carvão e nuclear) associado à fase específica do ciclo de vida do produto, neste caso, respeitante ao processo de produção (*cradle-to-gate*) (Bragança & Mateus 2011).

A contribuição do material de isolamento para o desempenho térmico do sistema é quantificado através do coeficiente de transmissão térmica U, referente a uma espessura nominal de 60 mm para os vários tipos de materiais envolvidos.

O desempenho acústico, tratando-se de materiais homogéneos, está fortemente correlacionado com a densidade do material - que é tida como um indicador *proxy* - e representado pela capacidade de isolamento ao ruído aéreo exterior, caracterizado pelo “índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado” (D_{2m,nT,w}), tal como definido no Regulamento dos Requisitos Acústicos de Edifícios (RRAE 2008).

O preço de aquisição (P) resulta de consultas a vários distribuidores de materiais de construção, é meramente indicativo, não inclui montagem nem trabalhos complementares e é exclusivamente válido para Portugal Continental. Como já comentado anteriormente, trata-se de uma simplificação centrada no aspeto económico e não internaliza demais custos ambientais e sociais.

A tabela 3 apresenta os valores dos parâmetros, para cada um dos materiais selecionados, a fim de proceder à respetiva avaliação de sustentabilidade dos materiais. Os dados foram recolhidos a partir das tabelas 1 e 2, com exceção do preço médio de aquisição. O coeficiente de transmissão térmica (U) foi calculado a partir dos respetivos valores de condutividade térmica (λ) dos materiais.

A metodologia MARS-SC permite comparar parâmetros de diferentes grandezas e escalas, procedendo a uma normalização através da fórmula de Diaz-Balteiro, tornando-os adimensionais e numa escala entre 0 (pior valor) e 1 (melhor valor). De seguida, procede à sua

agregação mediante a ponderação (importância) atribuída a cada um dos parâmetros, relativamente a cada um dos indicadores que refletem as três dimensões do Desenvolvimento Sustentável: ambiental, funcional (social) e económico (tabela 4). A ponderação dos parâmetros não é consensual, variando em função da metodologia utilizada ou de outros fatores, podendo, também por isso, acarretar um elevado grau de subjetividade.

Tabela 4. Quantificação dos parâmetros considerados para avaliação de sustentabilidade de materiais

Material de Isolamento	Potencial de Aquecimento Global (kgCO ₂ eq./kg)	Energia Primária, Não-Renovável (MJ/kg)	Coefficiente de Transmissão Térmica (U) (W/m ² °C)	Densidade (indicador proxy) (Kg/m ³)	Preço de Aquisição (€/m ²)
Lã de Rocha	1.16	12.9	0.63	150	11.28
EPS	2.76	83.0	0.63	30	3.98
XPS (HFC)	21.97	110.2	0.57	37	5.80
ICB	- 1.46	7.19	0.67	120	12.21

Ao nível dos três indicadores de sustentabilidade (*triple bottom line*), pode-se considerar a distribuição equitativa pelas três dimensões (33%). Contudo, a MARS-SC adota, por defeito, uma distribuição que realça a importância das dimensões ambiental (40%) e social (40%), em detrimento da económica (20%) com vista a salientar estes dois aspetos que, no atual paradigma de desenvolvimento, não têm sido prioritários (Bragança & Mateus & Koukkari 2010). O peso dos parâmetros pode ser ajustado a cada caso ou objetivo particular, desde que devidamente justificado (tabela 4).

Tabela 5. Nota Sustentável e Classificação do Desempenho

Indicador	Ambiental		Funcional		Económico	Nota Sustentável (NS)	Classificação do Desempenho
Peso (%)	GWP	EPNR	U	Dens.	P		
Parâmetros	GWP	EPNR	U	Dens.	P		
Peso (%)	0,75	0,25	0,60	0,40	1,00		
Lã de Rocha	0,67	0,24	0,24	0,40	0,10	0,64	Superior
EPS	0,61	0,07	0,24	0,00	1,00	0,57	Referência
XPS (HFC)	0,00	0,00	0,60	0,02	0,78	0,41	Inferior
ICB	0,75	0,25	0,00	0,30	0,00	0,52	Inferior

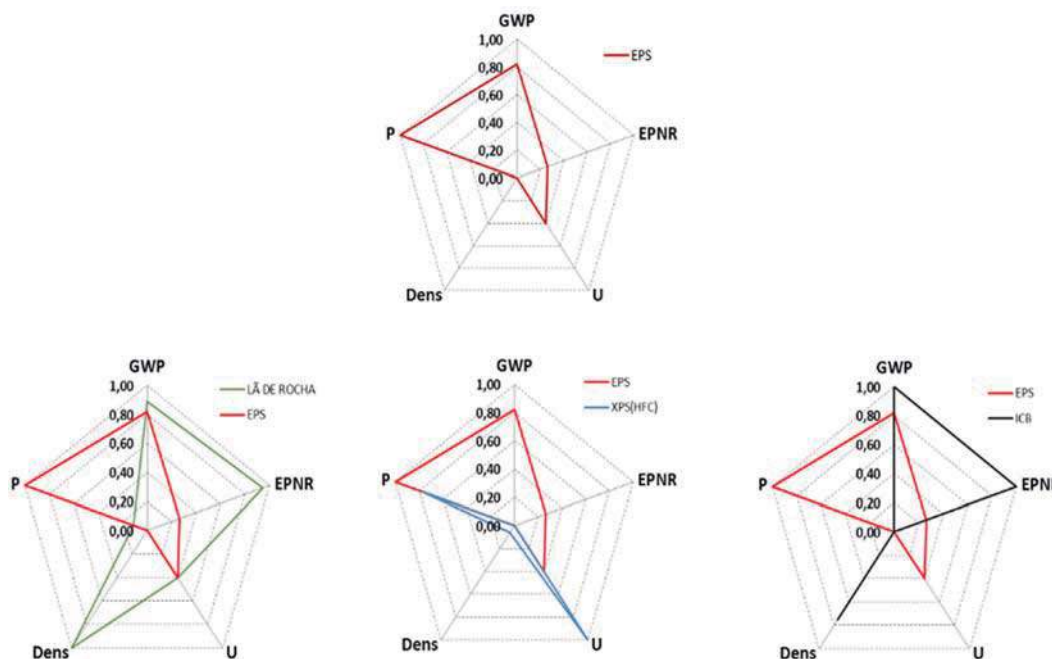


Figura 6: Perfil sustentável dos materiais de isolamento térmico analisados tendo como referência o EPS

De modo a identificar visualmente as diferenças que ao nível do desempenho existem entre os vários materiais, representa-se por intermédio de um diagrama de Amoeba (radar), os valores normalizados dos parâmetros. O gráfico terá tantos raios quantos os parâmetros em causa (neste caso cinco) e, quanto mais perto do centro, menos sustentável. A figura 6 ilustra o “perfil sustentável” do material de referência e os dos restantes, comparativamente.

3 CONCLUSÕES

Os materiais de isolamento térmico são imprescindíveis para a obtenção dos requisitos de eficiência energética consignados na Diretiva Europeia EPDB (recast) e para a conceção de edifícios de alto desempenho energético como *Passivhaus* ou *Near Zero Energy Buildings* (NZEB). Contudo, a perspetiva dominante centra-se no saldo energético operacional, relegando para segundo plano a energia incorporada e a respetiva pegada de carbono respeitantes às outras fases do ciclo de vida dos edifícios e dos materiais.

A metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) permite identificar os impactes dos materiais envolvidos, nomeadamente os potenciais efeitos sobre o Ambiente e a Saúde Humana que devem ser considerados pelos *stakeholders* (fabricantes, projetistas, construtores e utentes).

A conceção de produtos ambientalmente orientada designa-se de *ecodesign*, e para que esta seja efetiva, a informação relevante obtida a partir de ACVs ou de Declarações Ambientais de Produto, deverá estar disponível desde o início do processo.

Em Portugal, existe uma carência de informação ambiental de modo a poder conceber materiais, produtos ou serviços baseados em *ecodesign*. No entanto, prevê-se a prazo, a obrigatoriedade de os fabricantes realizarem, e comunicarem, as DAPs dos seus produtos, o que irá contribuir para a tomada de decisão mais consciente por parte dos promotores, projetistas e construtores.

O caso dos materiais de isolamento térmico para a construção são um exemplo paradigmático: devido à falta generalizada de informação ambiental certificada, não é possível comparar materiais de diferentes fabricantes e tipologias, possibilitando que isolamentos de elevado Potencial de Aquecimento Global (e.g. XPS) sejam utilizados massivamente com a finalidade de obter eficiência energética operacional em edifícios, levando a que o período de retorno do carbono (*GWP payback*) fique inviabilizado em tempo útil, naquilo que se pode designar como o “Paradoxo do Isolamento”, em que “quanto mais (isolamento), pior”.

Tem vindo a ser realizada Investigação no sentido de desenvolver produtos alternativos à matéria-prima fóssil, viáveis do ponto de vista ambiental, social e económico, baseados em biomateriais. Porém, a abordagem económica feita exclusivamente a partir do preço de aquisição de um produto ou serviço, não reflete e distorce a realidade, pelo que, se deverá passar a internalizar os Custos de Ciclo de Vida: operacionais, de manutenção, deposição, valor residual, ambientais e sociais.

De modo a ser eficaz, a informação contida numa LCA (Avaliação de Ciclo de Vida) deve ser conjugada com a LCC (Custos de Ciclo de Vida), o que geralmente não acontece. Para colmatar essa falha, foi desenvolvida uma ferramenta de tomada de decisão que integra os dois métodos e cria um novo conceito: *Life Cycle Costing and Assessment* (LCC+A), que permite avaliar em simultâneo, uma alternativa do ponto de vista ambiental e económico.

A aplicação da Metodologia de Avaliação de Relativa da Sustentabilidade de Soluções Construtivas (MARS-SC) aos quatro tipos de materiais de isolamento térmico acima expostos, possibilita a atribuição de uma métrica (nota sustentável) que justifica uma seriação - do mais para o menos sustentável - relativamente à solução de referência preconizada.

No entanto, para a sua correta aplicação, torna-se necessário utilizar a informação proveniente de LCA e de LCC, para além da devida ponderação dos parâmetros, de modo a não enviesar os resultados. Verifica-se, neste caso – e é do conhecimento geral - que o parâmetro “Preço de

Aquisição” (P) penaliza as soluções com menor “Potencial de Aquecimento Global” (GWP), o que é paradoxal. Assim, propõe-se uma ponderação que estimule e reforce a componente ambiental em detrimento da económica, ou, em alternativa, a disseminação e aplicação dos princípios e técnicas de LCC.

REFERÊNCIAS

- Ascenso, R. 2013. Pensar Sustentável! *Edifícios e Energia* 85: 8-15.
- Bragança, L. & Mateus, R. 2011. Avaliação do ciclo de vida dos edifícios – impacte ambiental de soluções construtivas. Guimarães: Autor.
- Bragança, L. & Mateus, R. & Koukkari, H. 2010. Building Sustainability Assessment. *Sustainability* 2: 2010-2023.
- Buyle, M. & Braet, J. & Audenaert, A. 2013. Life cycle assessment in the construction sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 26: 379-388.
- CILECCTA. 2013. Sustainability within the Construction Sector: CILECCTA - Life Cycle Costing and Assessment. Oslo: SINTEF Building and Infrastructure.
- Crawford, R. 2011. Life Cycle Assessment in the Built Environment. Oxon: Spon Press.
- Ecovative. 2014. Ecovatedesign. Building Insulation [em linha]. [referência de 10 de Setembro de 2014]. Disponível na internet em: <http://www.ecovatedesign.com/products-and-applications/insulation>
- Environmental Protection Agency (EPA), U.S. 2011. Transitioning to low-GWP alternatives in building /construction foams [em linha]. [referência de 9 de Setembro de 2014]. Disponível na internet em: http://www.epa.gov/ozone/downloads/EPA_HFC_ConstFoam.pdf
- Freiburg, University. 2014. BioFoamBark [em linha]. [referência de 10 de Setembro de 2014]. Disponível na internet em: <https://www.biofoambark.uni-freiburg.de/News/Biofoambark>
- Jeswiet, J. & Hauschild, M. 2005. EcoDesign and future environmental impacts. *Materials and Design*. 26:629-634
- LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 2010. Regras para a concessão de uma Aprovação Técnica Europeia (ETA) ou de um Documento de Homologação (DH) a Sistemas Compósitos de Isolamento pelo Exterior (ETICS). Lisboa: Departamento de Edifícios - Núcleo de Revestimentos e Isolamentos.
- Oliveira Augusto, C. 2012. A metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida na definição de critérios de sustentabilidade em edifícios. Lisboa: Universidade Lusíada Editora.
- Pfundstein, M *et al.* 2008. Insulating Materials. Munich: Detail Practice.
- RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios. 2008. Decreto-lei nº96/2008 de 9 de Junho. *Diário da República, 1ª Série - Nº110*. Lisboa: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- UNEP - United Nations Environment Programme, Ozone Secretariat. 2012. Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Ninth Edition. Nairobi: UNON
- Wilson. A. 2010. Avoiding the Global Warming Impact of Insulation. *Environmental Building News* 19(6): 8-14.

Fabricação artesanal de briquetes utilizando resíduos de jornal e serragem de madeira

Marcela de Albuquerque Ferreira

Escuela Politécnica Superior de Belmez, Departamento de Engenharia Civil, Córdoba, Espanha
marcela.albuquerque.af@gmail.com

Adeildo Cabral da Silva

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Departamento de Construção Civil, Fortaleza, Ceará, Brasil
cabral@ifce.edu.br

ABSTRACT: We seek to increasingly replace fossil fuels by renewable fuels, in which we can mention the compressed biomass, for example the briquette, as an energy source. The use of the briquette is not yet part of Brazilian culture, this being one of the main barriers to market integration. Therefore, it is necessary to carry out studies to optimize and increase the production, and discuss its advantages in replacing firewood and charcoal, when the completion of the combustion process in order to expand the consumer market. This study aims to show an alternative artisanal production of briquettes from waste paper and sawdust, which must be soaked separately in water for three days in order to get greater flexibility by facilitating the pressing of the material in cylindrical mold. Drying is performed naturally for approximately one week. In practice the use of the briquette become feasible in the combustion process. It should be emphasized that it is necessary to enhance the study in focus, so there is an improvement in material quality.

Keywords: compressed biomass, briquettes, pellets, renewable fuel.

RESUMO: Busca-se cada vez mais a substituição dos combustíveis fósseis pelos combustíveis renováveis, no qual podemos citar a biomassa compactada, por exemplo, o briquete, como fonte energética, sendo a briquetagem um processo que visa também a redução de resíduos lançados no meio ambiente. A utilização do briquete ainda não faz parte da cultura brasileira, esta é uma das principais barreiras à sua inserção no mercado. Por isso é necessário a realização de estudos para a otimização e intensificação da produção e vantagens na substituição da lenha e do carvão vegetal. Este estudo busca mostrar uma alternativa a produção artesanal do briquete, com resíduos de jornal e serragem de madeira, umedecidos separadamente na água, durante três dias, adquirindo uma maior maleabilidade e facilitando a prensagem do material no molde cilíndrico. A secagem é realizada naturalmente durante, aproximadamente, uma semana. Na prática, foi detectada a viabilidade do briquete no processo de combustão.

Palavras-chave: biomassa compactada, briquete, pellets, combustível renovável.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definição de biomassa

Por definição, a biomassa é toda a matéria orgânica (vegetal, animal e microorganismos), não fóssil, de origem biológica, podendo ser explorada para fins energéticos. Do ponto de vista da geração de energia, o termo biomassa abrange os derivados recentes de organismos vivos utilizados como combustíveis, ou na sua produção (BiotecAHG, 2012).

A matéria-prima que possa ser usada em outras indústrias ou reciclada e reutilizada não deveria ser considerada biomassa para fins de combustão (Wiecheteck, 2009).

Apesar do enorme aumento de consumo de outras fontes de energia, a biomassa representa atualmente cerca de 10% do consumo mundial (Sousa, 2005). Segundo o mesmo, boa parte dessa energia é usada com tecnologias primitivas nas regiões menos desenvolvidas da África, Ásia e América Latina para fins domésticos, como cozinhar e aquecer moradias, denegrindo o uso da biomassa como fonte de energia. Dados do Energy Information Administration, International Energy Annual (EIA) revelam que, em alguns países da não OCDE, utilizam-se largamente madeira e lixo nas residências, para aquecer e cozinhar, principalmente na África subsaariana, China e Índia. Cerca de 55% da população chinesa rural usa biomassa para cozinhar. Na Índia essa população ainda é maior, alcançando 87% (EIA, 2008). No Brasil a biomassa compactada também é utilizada como geração de calor, em algumas regiões, principalmente a sudeste, sendo destinada à substituição da lenha em pizzarias, padarias, churrascarias, entre outros, mais ainda pouco utilizada para a geração de energia em grande escala, apesar do seu potencial e grande quantidade de matéria prima disponível. Na região nordeste, a prática é ainda menos comum, havendo grande consumo de lenha e carvão vegetal, prejudicando a vegetação local, caatinga, para abastecer siderúrgicas, indústrias de gesso e cerâmica, engenhos, fogões domésticos, etc (Silva, 2012). De acordo com o Relatório Técnico do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2010 e 2011), constata-se que metade da cobertura vegetal do Bioma da Caatinga, predominante nessa região, está devastada. O Bioma da Caatinga está presente em nove Estados como Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio-grande do Norte, Sergipe e o norte de Minas Gerais, ocupando uma área em torno de 826 mil km², onde vivem mais de 22 milhões de habitantes (MMA, 2011). 70% das residências distantes da sede dos municípios utilizam a lenha proveniente de suas propriedades e poucos moradores possuem fogão a gás. Muitos ainda desconhecem a existência dos briquetes como fonte alternativa de combustível e se mostram inseguros pela carência de maiores informações técnicas e a viabilidade econômica dos briquetes (Silva, 2012).

1.2 Biomassa compactada (briquetes e pellets)

A queima direta da biomassa triturada pode gerar sérios problemas operacionais, logísticos, econômicos e ambientais (Filho & Halasz, 2011). A compactação da biomassa é uma alternativa viável para a queima desta, pois modifica a biomassa triturada em um material mais homogêneo, melhorando sua combustão. A briquetagem é muito eficiente em concentrar a energia disponível na biomassa. Levando em consideração a densidade a granel e o poder calorífico do material, 1,0 m³ de briquetes contém de 2 a 5 vezes mais energia que 1,0 m³ de resíduos (Quirino & Brito, 1991).

Os materiais mais conhecidos e produzidos através dessa técnica são os briquetes e pellets. A diferença entre esses dois produtos deve-se principalmente ao tamanho. Não há um padrão definido de tamanho na confecção dos briquetes, podendo ser de várias formas e tamanhos e de diferentes materiais, isto se dá principalmente devido à ausência de uma norma regulamentada para a produção destes. Sugere-se que comprimento do briquete deve ser de aproximadamente cinco vezes o seu diâmetro (Dias, 2002). O que é certo é que, os pellets são os produtos de menores dimensões, enquanto os briquetes são os de maiores.

1.3 Características do briquete

Os Briquetes são resíduos heterogêneos tratados por moagem, secagem e compactação, através de um processo de densificação energética da biomassa (Quirino, 2007), podendo estes serem qualquer biomassa vegetal, ou finos de carvão misturado a algum tipo de adesivo. É conhecido como uma lenha ecológica, bioenergética, que substitui com eficácia o gás, o carvão vegetal, mineral e a lenha. Segundo Grover e Mishra (1996), Existem vários mecanismos que permitem a ligação entre as partículas da biomassa compactada, e geralmente todos eles colaboram para obter a resistência e a coesão final do briquete (Grover & Mishra, 1996). Os compostos ligantes que já estão presentes na matéria-prima podem ser ativados pelas elevadas pressões e

temperaturas alcançadas no processo de compactação (Chrisostomo, 2011). Quando a compactação não é suficiente para ativar os compostos ligantes é aconselhável a utilização de produtos aglomerantes como cola, resina, cera ou amido (ALARU et al., 2011).

Segundo SALAME (1992), os resíduos vegetais, que podem ser serragem, bagaço de girassol, palha de milho, casca de arroz, restos de madeira (PEREIRA JUNIOR, 2001), juntamente com os rejeitos de resíduos urbanos como papéis, alguns polímeros, cascas de vegetais e outros, podem ser aproveitados na fabricação de briquetes, que seriam uma forma de proteção ambiental resultando em energia reutilizável. A vantagem na utilização do jornal rasgado, como matéria prima, é a transformação do “lixo” em combustível (WWF, 2012).

De acordo com os dados das empresas Lippel, Nacbriquetes, Eco Industrial e Biomachine, as principais vantagens do uso de briquetes em relação à lenha são (Silveira, 2008):

- possui baixa umidade, o que facilita a rápida elevação da temperatura, produzindo menos fumaça, cinzas e fuligem;
- redução das emissões de gases poluentes, como o monóxido de carbono e compostos inqueimados;
- maior higiene e melhor aparência, ideal para indústria alimentícia, e baixo custo associado;
- formato geométrico que facilita o transporte, manipulação e armazenamento;
- produto 100% reciclado e ecológico;
- não há necessidade de regulamentação ambiental pelos órgãos Federal, Estadual e Municipal;
- maior densidade e maior poder calorífico (1000 a 1300Kg/m³).

O presente trabalho tem como objetivo propor uma alternativa simples e econômica, para a reciclagem dos resíduos de jornal e serragem de madeira por meio da produção artesanal de briquetes, para utilização como combustível em residências que não dispõem de fogão a gás. Analisar e comparar a funcionalidade dos três tipos de briquetes produzidos, através de testes laboratoriais de determinação da umidade, duração da queima, poder calorífico e quantidade de cinzas geradas. Além de observar a aceitação quanto ao processo de produção, através da aplicação de questionário e seus resultados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Processo de fabricação artesanal do briquete

Atualmente, existem vários métodos e tecnologias para prensar briquetes e cada um com as suas respectivas vantagens e desvantagens. O presente trabalho se baseou em produções de briquete feito de maneira artesanal, tomando como referência projetos apoiados pelas organizações ECHO e WWF-Malawi, finciado pela WWF da Finlândia, onde um grupo de mulheres em Chembe, Malawi, são treinadas e ajudadas na produção de combustíveis de briquetes a partir de resíduos de planta.

Os materiais escolhidos como matérias primas foram a serragem, proveniente dos resíduos de madeira, com elevado poder calorífico, sendo o material mais utilizado pelas empresas de briquetagem e o jornal, por ser um material de fácil acesso e por já ter sido utilizado na fabricação artesanal, principalmente em países da Europa e da América do Norte. Foi realizada também uma experiência misturando-se os dois materiais, a fim de otimizar a eficiência do briquete.

As duas matérias primas foram obtidas sem nenhum custo. Já o custo do material utilizado para a prensagem foi de R\$650.00, para a obtenção da prensa hidráulica e de R\$20.00, para a obtenção do molde cilíndrico e da haste.

2.2 Material utilizado

- prensa hidráulica de 10 toneladas;

- molde cilíndrico de diâmetro $D=11$ cm com furos externos ao seu redor, sobre uma base com suporte para um cilindro interno de menor diâmetro $d=2$ cm. Material proveniente de um tubo de aço sem costura cortado em um comprimento $h=18$ cm;
- haste produzida com o mesmo material e mesma dimensão do cilindro com diâmetro externo e interno, usada na compressão do material;
- 0.5 kg de folhas de jornal picadas;
- 1Kg de serragem;
- amido;
- 5 L de água;
- 3 baldes para a preparação e estocarem do material a ser prensado;
- 1 concha de cozinha, de tamanho médio, usada como medidor;
- 1 espátula;
- balança de precisão;
- termômetro de contato.

É possível ver, mais detalhadamente, parte do material utilizado, nas figuras 1 e 2.



Figura 1. Matéria prima utilizada.



Figura 2. Molde e presa hidráulica.

2.3 Procedimento para fabricação do briquetes a partir da serragem

Em um balde foi colocado a serragem com água suficiente para umedecer todo o material e deixá-lo de molho por três dias. Tempo necessário para que este se torne mais maleável, permitindo que ocorra a sua compactação.

Para cada dez medidas de serragem umedecida é necessário acrescentar duas medidas de aglutinante. No caso foi utilizado o amido, para uma melhor compactação do material, pois a pressão gerada pela prensa não é suficiente para a plastificação da lignina natural presente nos resíduos de madeira. Os briquetes de serragem feitos sem o aglutinante são muito frágeis e

quebradiços tanto na etapa úmida quanto na seca.

A mistura é despejada cuidadosamente na forma cilíndrica, ocupando todo o seu volume para que após a prensagem os briquetes obtenham um tamanho padrão. Como ilustrado na figura 3.



Figura 3. Material de jornal, serragem com aglutinante e serragem com jornal, respectivamente, colocados no molde.

Para que o pistão, na sua posição inicial, se desloque e passe a exercer pressão hidráulica na haste do cilindro, são necessários cerca de cem golpes, realizados com movimentos de sobe e desce do cabo localizado na parte superior da prensa. Em seguida é fechado o manípulo, para que o pistão retorne à sua posição inicial e o molde cilíndrico seja retirado com maior facilidade. O posicionamento correto é ilustrado na figura 3.

Após a prensagem, o material é retirado cuidadosamente do molde e fica exposto ao ar livre durante uma semana, para sua completa secagem.

2.4 Procedimento para fabricação briquetes feitos a partir do jornal

As folhas de jornal devem ser picadas ao máximo para que atinjam a menor granulometria possível. Em seguida, deverá ficar de molho na água durante três dias.

Nesse caso, não é necessária a adição de aglutinante, pois o jornal adquire uma textura um pouco pastosa que facilita bastante o processo de compactação do material. O total equivalente a quinze medidas é colocado no molde cilíndrico, compactando levemente com as mãos, ocupando todo o seu volume. Esse passo é importante para que se possa colocar o máximo de material no molde, pois após a compactação o briquete de jornal sofre uma redução de volume maior que a ocorrida no briquete de serragem.

É feito, portanto, o posicionamento na prensa, para que se inicie o processo de prensagem, como ilustrado na figura 4.

O material compactado é retirado cuidadosamente do molde e passa pelo processo de secagem natural, exposto ao sol e ao vento, que dura aproximadamente uma semana.



Figura 4. Molde, com material, posicionado para o processo de prensagem.

2.5 Procedimento para fabricação briquetes feitos a partir da mescla de serragem e jornal

O procedimento é semelhante aos anteriores. São utilizadas cinco medidas da serragem, já umedecida na água, e seis medidas do jornal picado, também umedecido na água durante três dias. Não é necessária a adição de aglutinante, pois a consistência semi-pastosa do jornal já é suficiente para uma melhor agregação do material.

A mistura é feita com o auxílio de uma espátula e disposta igualmente em toda a área livre do molde cilíndrico, para que após a prensagem o briquete adquira o mesmo volume padrão dos anteriores.

É feito o posicionamento do molde na prensa e após o processo de compactação, o material é retirado cuidadosamente e exposto a um ambiente aberto para a sua secagem natural, representado na figura 5, em um período de sete dias.



Figura 5. Briquetes no processo de secagem natural.

2.6 Análise labora

Devido a falta de uma norma regulamentada brasileira para a produção e realização de testes de quantificação da eficiência de queima e quantidade de emissões de gases de cada briquete, as equações e parâmetros para a determinação do teor de umidade, tempo de queima e geração de cinzas tomaram como referencia normas estrangeiras.

A determinação do teor de umidade foi calculada a través da Equação 1.

$$TU = \frac{100(MU - MS)}{MU}$$

onde, TU = teor de umidade (%); MU = massa úmida (g); MS = massa seca (g).

O briquete foi pesado poucos instantes após a prensagem e à retirada do molde, obtendo o valor da sua massa úmida. A balança de precisão foi zebrada e o material disposto cuidadosamente sobre a mesma, repetindo o procedimento para cada briquete. Após a secagem natural de sete dias, os mesmos foram pesado novamente obtendo o valor da massa.

A determinação do tempo de queima foi realizado utilizando-se uma pequena churrasqueira improvisada, composta por 3 latas grandes e uma grelha na superfície destas, local onde os briquetes ficaram dispostos. Sobre eles, foi lançado uma pequena quantidade de álcool para que se iniciasse o processo de combustão. Com o auxílio de um cronômetro, marcou-se o tempo do início até a combustão completa de cada briquete. Entre os 15, 30 e 60 minutos de combustão, medimos a temperatura em cada material, com um termômetro de contato, com intervalo de medição de -40 a + 250 °C, e a temperatura atingida foi a máxima nos 3 tempos.

Para a determinação da quantidade de cinzas geradas foram retiradas as cinzas acumuladas no fundo das latas, com o auxílio de uma escova, e dispostas separadamente em pequenas bacias para que pudessem ser pesadas em uma balança, lembrando-se de zerar a mesma para que o peso das bacias fosse desconsiderado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Produto final

O briquete de serragem apresentou um padrão médio de 10 cm de altura e volume igual a 918.45 cm³. O de serragem e jornal obteve o mesmo padrão de altura de 10 cm e volume igual a 918.45 cm³. O de jornal apresentou um padrão médio de 9 cm de altura e volume igual a 826.6 cm³. A diferença na altura do de jornal comparado aos demais, deve-se ao fato de o jornal sofrer uma maior redução com a perda de água, conseqüentemente, por ser capaz de absorver uma maior quantidade de água do que a serragem. Os cálculos acima foram obtidos por meio da equação de volume do cilindro, subtraindo o volume do cilindro maior Equação 2.

$$V = (\pi \times R^2 \times H) - (\pi \times r^2 \times H)$$

onde, V = volume do cilindro (cm³); R = raio cilíndrico (cm); r = raio do cilindro menor; H = altura do cilindro (cm).

Obtivemos o volume do briquete serragem através da Equação 3.

$$V = (3,14 \times 5,5^2 \times 10) - (3,14 \times 1^2 \times 10)$$

$$V = 918,45 \text{ m}^3$$

Obtivemos o volume do briquete de serragem e jornal através da Equação 4.

$$V = (3,14 \times 5,5^2 \times 10) - (3,14 \times 1^2 \times 10)$$

$$V = 918,45 \text{ m}^3$$

Obtivemos o volume do briquete de jornal através da Equação 5.

$$V = (3,14 \times 5,5^2 \times 9) - (3,14 \times 1^2 \times 9)$$

$$V = 826,60 \text{ m}^3$$

O orifício central não é necessário, mas auxilia na secagem, acelerando o processo. Além disso, pode ser um ponto positivo durante a queima, pois aumenta a superfície de contato, tornando a combustão mais eficiente e uniforme.

3.2 Análise dos questionários

A Tabela 1 representa o percentual de respostas de cada item dos questionários distribuídos entre os 15 participantes da oficina.

Tabela 1. Percentual de respostas do questionários.

Avaliação da oficina e do material confeccionado com resíduos de serragem e jornal	Percentual de respostas dos itens (%)
1. Quanto à aquisição da matéria prima:	
Fácil	100
Difícil	0
Não tenho acesso a esse tipo de material	0
2. Quanto a técnica artesanal utilizada:	
Ótima	53
Boa	47
Ruim	0
3. Quanto à consistência do material	
Boa	100
Ruim	0
Quebradiça	0
4. Matéria prima que resultou em um melhor produto	
Serragem	40
Jornal	60
Os dois resultaram em bons produtos	0
Nenhum dos dois resultaram em bons produtos	0
5. Faria uso doméstico do briquete:	
Sim	93
Não	0
Talvez	7
6. Quanto ao manuseio e armazenamento do material:	
Ótimo	53
Bom	47
Ruim	0
7. Considera a substituição da lenha e do carvão vegetal pelo briquete uma ação sustentável na preservação do meio ambiente:	
Sim	100
Não	0
Talvez	0

Em geral obteve-se bons resultados em todos os aspectos avaliados, comprovando uma notável aceitação e compreensão da importância ambiental do briquete por parte do usuário.

3.3 Análise dos testes laboratoriais

Após a realização dos testes em laboratório, foi possível perceber que apesar de o jornal possuir uma combustão mais acelerada que a serragem e após a compactação do material eles passam a adquirir características semelhantes no tempo de duração da queima do material, considerando que eles tenham o mesmo volume inicial, ou aproximado. A ideia de se produzir um briquete misturando-se o jornal picado com a serragem de madeira, foi de impor ao jornal a função de aglutinante e tentar alcançar um tempo de queima maior que o do briquete de jornal. Porém, os dois obtiveram um tempo de queima semelhante, de aproximadamente 1 hora e 13 minutos para o de jornal e 1 hora e 10 minutos para a mescla de madeira e jornal. O briquete de madeira atingiu um tempo de queima maior, de 1 hora e 40 minutos e apresentou uma combustão mais uniforme.

O tempo de queima de cada um está associado ao teor de umidade. O teor de umidade da serragem foi calculado pela Equação 6.

$$TUs = \frac{100 \times (827,24 - 280,30)}{827,24}$$

$$TUs = 66,11\%$$

O teor de umidade do jornal foi calculado pela Equação 7.

$$TU_j = \frac{100 \times (488,62 - 126,60)}{488,62}$$

$$TU_j = 74,10\%$$

O teor de umidade da serragem e jornal foi calculado pela Equação 8.

$$TU_{sj} = \frac{100 \times (507,85 - 151,10)}{507,85}$$

$$TU_{sj} = 70,24\%$$

Visualmente, o briquete de madeira produziu menos cinzas que os demais. Mas, após ser pesado na balança apresentou um maior valor, devido a porção de carvão resultante da combustão, o que não ocorreu nos outros dois. Obteve-se 8.1 g de cinzas proveniente do briquete de serragem, 3.2 g do mix de jornal mais serragem e 3.2 g de cinzas provenientes do briquete de jornal. A análise laboratorial do teor de umidade, combustão e a quantidade de cinzas geradas nos diferentes briquetes produzidos estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado dos testes laborais.

	Briquete		
	serragem	jornal	mescla
Teor de umidade	66,11%	74,10%	70,24%
Combustão	1h 40min	1h 13min	1h 10min
Cinzas	8,1g	3,2g	3,2g

O material particulado decorrente da combustão da biomassa de jornal, em ambientes internos ou externos, é o poluente que apresenta maior toxicidade. Apesar de ser um material acessível, de baixo custo e apresentar melhor resultado de manuseio e compactação, seu uso deve levar em consideração a presença desses compostos poluidores e nocivos a saúde humana, devendo-se realizar estudos mais aprofundados sobre a viabilidade técnica e econômica para o tratamento desses gases. Essas mesmas partículas podem interferir no sabor dos alimentos, por este motivo recomendamos o uso do briquete de serragem para cozinhar alimentos.

4 CONCLUSÕES

A ideia base da pesquisa, de se produzir o briquete artesanalmente, foi com o intuito de proporcionar um maior conhecimento e acesso da população e estudantes a essa fonte de energia, ainda pouco utilizada no Ceará e demais estados do Nordeste. A fabricação artesanal e a industrial são processos práticos e com tecnologia simples, produzidos com as mais diferentes matérias primas acessíveis e adquiridas a baixo custo. A fabricação artesanal, enfatizada na pesquisa, está direcionada à combustão para uso doméstico, substituindo a lenha e o carvão vegetal, tendo em vista que a quantidade de produto gerado é limitada e insuficiente para o uso em grande escala. É importante considerar que a qualidade de um produto prensado artesanalmente é inferior a de um gerado industrialmente, pois apresenta maior umidade, menor densidade, sendo mais propício ao surgimento de fissuras, entre outros. Porém as análises laboratoriais de teor de umidade, calorimetria e quantidade de cinzas geradas, além do questionário aplicado ao final da oficina, viabilizaram seu uso como fonte de calor.

A divulgação do briquete, conscientizando os consumidores sobre as suas vantagens, proporcionará uma maior aceitação no mercado, tanto industrial quanto doméstico, visto que ainda é um produto desconhecido por muitos.

5 REFERÊNCIAS

Alaru, M.; Kukk, L.; Olt, J.; Menind, A.; Lauk, R.; Vollmer, E.; Astover, A. 2011. Lignin content and briquette quality of different fiber hemp plant types and energy sunflower. *Field Crops Research*, v.124, p.332–339.

BiotecAHC. Extração de arcanos para a produção de energia. Disponível em www.biotec-ahg.com.br. Acesso em 25 de outubro de 2012

Chrisostomo, W. 2011. Estudo da compactação de resíduos lignocelulósicos para utilização como combustível sólido.

Dias, J. Utilização da biomassa: avaliação de resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas. Tese de Doutorado - Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2002.

ECHO; WWF-Malawi. Fabricação de briquete de combustível apoiado pelas organizações ECHO E WWF-Malawi. Disponível em <http://www.gaia-movement.org/files/AMG%20Energia%2045-46.pdf>. Acesso em outubro de 2012.

EIA-Energy Information Administration, International Energy Annual. 2008. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov>>. Acesso em: 30 nov. 2008.

Filho, I. B. A; Halasz, T. R. M. 2011. Análise de briquetes produzidos com folhas de eucalipto.

Grover, P. D.; MISHRA, S. K. 1996. Biomass Briquetting: technology and practices, Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2010. Monitoramento do Bioma Caatinga 2002 2008.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2011. Monitoramento do Bioma Caatinga 2008 2009.

Pereira Junior, V. B. 2011. Alternativas para a Co-Geração de Energia de Uma Indústria de Chapas de Fibra de Madeira, Botucatu-SP.

Quirino, W.F.; BRITO, J.O. 1991. Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal. Brasília: IBAMA / LPF- Laboratório de Produtos Florestais. (Série Técnica, n.13).

Quirino, W.F. 2007. Workshop - Madeira Energética: Principais questões envolvidas na organização e no aperfeiçoamento do uso energético da lenha.

Salame, J. E. F. 1992. Estudo básico para briquetagem de carvão vegetal. Ouro Preto. Escola de Minas e Metalurgia, 19p.

Silva, S.M. 2012. Briquetes: alternativa energética e ecológica no combate ao apagão da Caatinga. *Revista Brasileira de Energia*, Vol.18, pp. 51-61.

Silveira, M.S. 2008. Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvador - BA.

Souza, S.A.V. 2005. Disponibilidade e uso de água no Brasil; irrigação. In MACEDO, I. C. (org) A Energia da Cana-de-açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade. CDD-338.173610981. São Paulo. Editora Berlendis & Vertecchia.

Wiecheteck, M. 2009. Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos – Sumário Executivo, Curitiba.

Utilização de resíduos de pneus em argamassa para revestimento

Daiana Cristina Metz Arnold

Universidade Feevale, Curso de Engenharia Civil, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil
daim@feevale.br

Adriana Teresinha da Silva

Universidade Feevale, Curso de Design de Interiores, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil
adrianat@feevale.br

Alexandre Vargas da Silva

Universidade Feevale, Curso de Engenharia Civil, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil
alexandrev@feevale.br

Adair André Kaiser

Universidade Feevale, Curso de Tecnologia em Construção de Edifícios, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil
adair.kaiser@yahoo.com.br

Janaina Schutz da Rosa

Universidade Feevale, Curso de Tecnologia em Construção de Edifícios, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil
janitz.schutz@gmail.com

ABSTRACT: In Brazil, are discarded annually more than 35 million tires and there are about 100 million of these discarded in the environment, an environmental liability, but research is being conducted to use this waste in construction, knowing this, even being a major consumer of non-renewable natural resources, can be target of new products created with waste. Thus, this study evaluates the properties of mortars for coating produced with waste tires. Incorporating the powder shredded tires mortars was carried out. Tyres aggregates were spread in the percentage of 5%, 10%, 15% and 20% in replacement of aggregate for the production of mortar coating with the trait by volume of 1: 1: 6 (cement, lime and aggregates) and workability, adhesion and cracking index were analyzed. The results show that there is a change in all the mortar properties by incorporating the residue.

Keywords: waste tires; mortar coating; cracking

RESUMO: No Brasil, são descartados anualmente mais de 35 milhões de pneus e existe cerca de 100 milhões destes descartados no meio ambiente, representando um passivo ambiental, mas pesquisas estão sendo realizadas visando utilizar este resíduo na construção civil, sabendo que esta, mesmo sendo grande consumidora de recursos naturais não renováveis, pode ser destino de novos produtos criados com resíduos. Desta forma, este trabalho avalia as propriedades de argamassas para revestimento produzidas com resíduos de pneus. Foi realizada a incorporação do pó de pneus triturados nas argamassas. Os agregados de pneu foram distribuídos no percentual de 5%, 10%, 15% e 20% em substituição ao agregado miúdo para a produção de argamassas de revestimento com o traço em volume, 1:1:6 (cimento, cal e agregados) e foram analisadas trabalhabilidade, aderência e índice de fissuração. Os resultados obtidos mostram que há uma alteração em todas as propriedades das argamassas ao incorporar o resíduo.

Palavras-chave: resíduo de pneu; argamassa de revestimento; fissuração

1 INTRODUÇÃO

O surgimento dos pneus de borracha foi um grande avanço do ser humano, substituindo as rodas de madeira e ferro, usadas em carroças e carruagens desde os primórdios da História. Porém, juntamente com este avanço no setor dos transportes, a utilização dos pneus de

borracha trouxe também um grande problema, o resíduo gerado pelos pneus descartados, após a vida útil. A disposição de resíduos provenientes do descarte de pneus vem aumentando anualmente, causando um grande impacto ambiental, pois os mesmos são descartados de forma inadequada no meio ambiente. Grandes quantidades de borracha usada na confecção de pneus para aviões, caminhões, carros, etc., são descartados quando se tornam inservíveis, isto é, quando eles não têm mais condições de serem reformados (ADHIKARI et al., 2000).

O pneu é um produto não biodegradável e encontra-se em estado sólido. Conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004), o rejeito de borracha de pneus é considerado como resíduo não perigoso - Classe II.

Segundo Cabral (2004), um pneu é constituído por borracha, tecidos de reforço e aço para armação. O processo de fabricação, além de demandar investimentos em ativos específicos, não é algo trivial. Várias fases são necessárias à confecção do produto final, conforme figura 1 envolvendo distintas cadeias de abastecimento. Paralelamente ao processo de tratamento da borracha, há uma etapa eminentemente têxtil, normalmente realizada pelas empresas produtoras de tecido de reforço, em que a partir de um polímero sintético (náilon ou poliéster) é fabricado um fio que, em seguida, é convertido em teares, obtendo se como produto um tecido não tratado. Após a etapa de tecelagem o tecido passa por uma etapa de tratamento químico-mecânico, quando lhe são conferidas propriedades fundamentais ao desempenho do produto final, como, por exemplo: capacidade de adesão do tecido de reforço à borracha e aumento da resistência à tração e à fadiga.

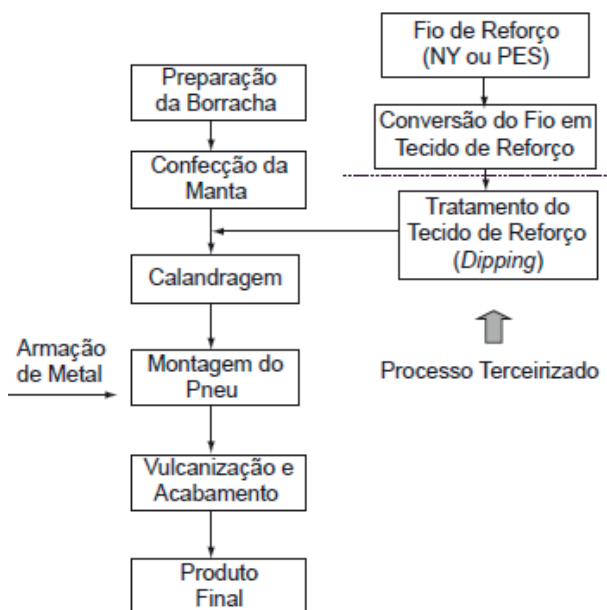


Figura 1. Descrição resumida do processo de fabricação de pneus. Fonte: Cabral, 2004.

Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), a produção anual de pneus no mercado brasileiro é da ordem de 68 milhões de unidades, considerando os anos de 2013 e 2014. A Associação Brasileira dos Revendedores de Pneus (ABRAPNEUS) estima que sejam descartados pelo menos 25 milhões de pneus por ano (ABRAPNEUS, 2000).

Segundo Goldenstein et al. (2007), os pneus são resíduos de difícil eliminação. Não são biodegradáveis e seu volume torna o transporte e o armazenamento complicados. Apesar de não ser considerado perigoso, sua queima libera substâncias tóxicas e cancerígenas, como dioxinas e furanos.

Quanto ao passivo ambiental existente no Brasil, pode-se dizer que ele é desconhecido ou que, as informações existentes são, no mínimo, conflitantes. Segundo entrevista concedida por

Gerardo Tommasini, presidente da Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), a estimativa de que existem entre 100 e 200 milhões de pneus inservíveis não pode ser comprovada. (ABRAPNEUS, 2000).

Estas diferenças são decorrentes da intensa utilização deste material como combustível em fornos de cimento na década de 80, cujo volume de pneus inservíveis consumido é desconhecido (Almeida et al., 2001).

A forma de disposição dos pneus, a céu aberto, em aterros não constitui uma solução definitiva para resíduos sintéticos, como a borracha de pneu, uma vez que a taxa de degradação (não inferior a 150 anos) e a densidade do material são baixas. Além disso, quando enterrados, tendem a subir e sair para a superfície, podendo também causar escorregamento dos aterros sanitários (EPA, 1991).

A preocupação com a situação dos pneus inservíveis tem levado a criação de programas que visem à minimização do resíduo, com a ampliação do ciclo de vida útil dos pneus e recuperação dos materiais componentes destes, reduzindo assim a demanda de espaços nos aterros e minimizando os impactos ambientais. O princípio da minimização é obtido através de “três erres”: Redução, Reutilização e Reciclagem que são alguns dos preceitos básicos definidos pela Agenda 21 para se alcançar o desenvolvimento sustentável e preservar o meio ambiente (MMA, 2002).

De acordo com Lagarinhos e Tenório (2009), o Brasil foi o primeiro país na América Latina a regulamentar a disposição de pneus. No País, desde 2002, com a publicação da Resolução N.º 258/99, do CONAMA a disposição de pneus em aterros ou de forma ambientalmente inadequada, é considerada disposição ilegal e é proibida por lei. A resolução determina responsabilidades, prazos e quantidades para a coleta, reciclagem e destino final dos pneus inservíveis e é uma tentativa de controlar o passivo ambiental representado pelo acúmulo de pneus no meio ambiente. Esta medida incentivou projetos de reciclagem de pneus, aproveitando os resíduos como matéria-prima, na pavimentação de estradas, na construção civil, etc (CONAMA, 1999). O texto complementar foi publicado em 2003, como Resolução Conama n.º. 301, e em 2009 foi publicada a Resolução n.º. 416, que obriga fabricantes e importadores a dar um destino adequado aos pneus inservíveis.

Após a aprovação da Resolução no 258/99, ocorreu um avanço na cadeia de reciclagem de pneus no Brasil. Foi constatado que a logística reversa dos pneus pós-consumo é o principal elo desta cadeia.

Lagarinhos e Tenório (2009) observam que não existe incentivo para a reciclagem de pneus no Brasil e que a reutilização, a reforma e a exportação de produtos fabricados com borracha reciclada de pneus não são atividades regulamentadas. De acordo com a tabela 1, elaborada pelos referidos autores, é possível fazer um comparativo entre as legislações para a reciclagem de pneus no Brasil, Estados Unidos, países membros da Comunidade Europeia e Japão, abordando as regulamentações, taxas, incentivos e a base de cálculo para a reciclagem.

A reforma de pneus no Brasil não é considerada como uma atividade de reciclagem. Nos países membros da Comunidade Europeia e no Japão esta atividade é regulamentada pela legislação e existem incentivos pelo governo para esta atividade. (Lagarinhos e Tenório, 2009). Analisando o custo benefício da reforma de pneus encontra-se o dado do preço do remoldado no mercado nacional equivalendo a aproximadamente 60% do preço de um pneu novo. (Goldenstein et al., 2007).

Diante da situação apresentada, diversas alternativas são buscadas no sentido de reaproveitar o pneu inservível no Brasil. O pneu quando inteiro pode ser aplicado em contenções, criando barreiras em beiras de rios, evitando desmoronamento e também pode ser usado como equipamento para parques infantis, entre outros. Os pneus também podem ser cortados e

triturados e desta forma ganham utilidade quando são aplicados em misturas asfálticas, agregados em concretos ou argamassas, revestimentos de quadras e pistas e solas de sapato entre outros produtos.

Tabela 1. Comparação da legislação para a reciclagem de pneus no Brasil, Estados Unidos, Comunidade Européia e Japão. Fonte: Lagarinhos e Tenório (2009).

Destinação Final	Brasil	Estados Unidos	Comunidade Européia	Japão
Utilização de pneus usados como combustíveis alternativos	Parcialmente regulamentada	Regulamentada	Regulamentada	Regulamentada
Aterros	Não aceito (com exceção)	Aceito em alguns estados	Pneus inteiros até 2003 e triturados até 2006	Não aceito
Reutilização	Não aceito	Aceito	Aceito	Aceito
Exportação (pneus usados)	Não aceito	Aceito	Aceito	Aceito
Construção Civil	Não regulamentada	Regulamentada	Regulamentada	Regulamentada
Reforma (Recauchutagem, Recapagem e Remoldagem)	Não regulamentada	Não regulamentada	Regulamentada	Regulamentada
Taxas e Incentivos	Não existe	Existente em alguns estados	Existente em alguns países	Existente
Base de cálculo para a reciclagem de pneus	(Produção + Importação – Exportação) x %	Disponibilidade efetiva (mercado de reposição)	Disponibilidade efetiva (mercado de reposição)	Disponibilidade efetiva (mercado de reposição)
% cumprimento das metas para a reciclagem de pneus (Fabricantes e Importadores de pneus usados)	28,61% (2005) e 30,3% (2006) (Fabricantes) 1,87% (2005) e 11,45% (2006) (em peso) (Importadores)	86,6% em quantidade de pneus (2005)	87% (2005) (em peso)	100% em quantidade de pneus (2007)

Buscando o reaproveitamento da borracha de pneus usados, visando minimizar o impacto ambiental do descarte, este projeto propõe o aproveitamento do resíduo pela construção civil, através de sua incorporação em argamassas de revestimentos.

O produto a ser utilizado é o pó é obtido através da trituração dos pneus, que passam por processos mecânicos e químicos, visando converter a borracha em um material leve capaz de ser facilmente incorporado. A intenção é incorporar o pó em argamassas de revestimentos, facilitando sua aplicabilidade e contribuindo para a diminuição do índice de fissuração.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A execução do programa experimental constituiu-se inicialmente na escolha do resíduo a ser utilizado. Utilizou-se o resíduo de pneu por acreditar na sua potencialidade em relação à diminuição do índice de fissuração das argamassas e pela facilidade para encontrar e coletar o resíduo.

O resíduo foi fornecido por uma indústria da região próxima à universidade. Esta indústria obtém a borracha de rebarbas através do processo de moldagem por compressão em prensa. A partir deste resíduo vulcanizado pode-se produzir pó de borracha com um processo de moagem que pode ser mecânica, reduzindo o tamanho do resíduo em moinhos e após peneirando este, ou criogênica, onde a borracha é resfriada abaixo da transição vítrea, obtendo-se o pó fino. O caso do pneu é complexo, pois o mesmo deve ter desmembradas suas diferentes partes: borracha, metal e tecido. Da parte de borracha produz-se o pó de borracha que é o utilizado neste trabalho.

A partir do agregado miúdo de referência, que é a areia natural proveniente de um rio da região sul do Brasil, foi elaborada a dosagem de uma argamassa de revestimento. Com base neste traço produziram-se argamassas com a substituição do agregado de referência por resíduo de pneu. As composições de argamassa foram comparadas entre si.

2.1 Materiais

2.1.1 Aglomerantes

Os aglomerantes utilizados neste trabalho foram o cimento Portland CP IV-32 e cal hidratada CH II. Fez-se uso do cimento Portland CP IV, por ser facilmente encontrado na região sul do Brasil. O cimento foi adquirido de um único lote. O cimento utilizado encontra-se dentro dos padrões especificados pela norma NBR 11578 (ABNT, 1991).

Selecionou-se a cal hidratada CH II. A cal foi adquirida em sacos de 15 kg, todos de um único lote. A cal utilizada encontra-se dentro dos padrões especificados pela norma NBR 7175 (ABNT, 2003), para uma cal do tipo CH II.

2.1.2 Agregados

- Distribuição Granulométrica

Para realização do ensaio de granulometria do agregado miúdo, baseou-se na NBR NM 248 (ABNT, 2003). Os resultados obtidos estão apresentados conforme gráfico 1, que mostra a curva granulométrica da areia.

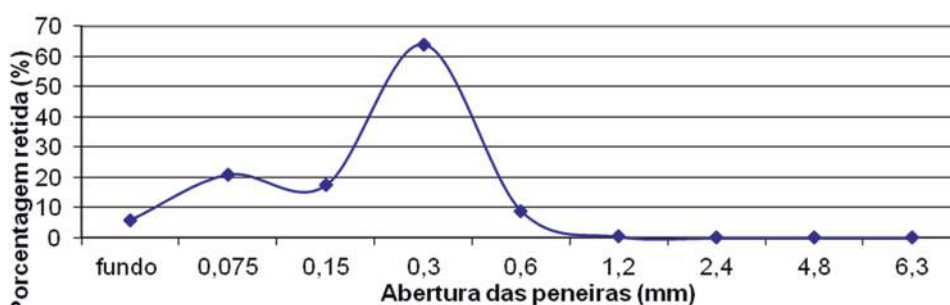


Gráfico 1 – Curva Granulométrica do agregado miúdo natural (areia de rio)

2.1.3 Massa Unitária e Massa Específica

Para realização dos ensaios de massa unitária e a massa específica do agregado miúdo e do resíduo, baseou-se na NBR NM 45 (ABNT, 2006) e NBR 9776 (ABNT, 1987), conforme tabela 2.

Tabela 2. Massa Unitária e Massa Específica do agregado miúdo

Ensaio	Resíduo Agregado	Agregado miúdo	Norma
Massa Específica	0,548 g/cm ³	2,6 g/cm ³	NBR 9776
Massa Unitária	0,393 g/cm ³	1,5 g/cm ³	NBR NM 45

2.1.4 Água

A água utilizada no trabalho foi água com condições de potabilidade proveniente da rede de abastecimento público da cidade de Novo Hamburgo, sul do Brasil.

2.2 Métodos

As argamassas utilizadas no presente estudo foram caracterizadas tanto no estado fresco como no estado endurecido.

Foram produzidas argamassas para revestimento, no traço em volume de cimento, cal, e agregados (traço 1:1:6), o resíduo de pneu foi incorporado na mistura nos teores de 5%, 10%,

15% e 20% em substituição ao agregado miúdo, proporcionalmente no mesmo volume. O índice de consistência foi fixo para todos os traços em 260 + 10mm, conforme NBR 13276 (ABNT,2005), conforme figuras 2 e 3 na mesa de consistência (figura 4). As variáveis do estudo são a quantidade de água e o resíduo incorporado.



Figuras 2 e 3 – Ensaio de índice de consistência (260mm e 255mm)



Figura 4 – Mesa de consistência



Figura 5 – parede de blocos 6 furos

As argamassas foram produzidas em uma argamassadeira de eixo vertical, do laboratório da Universidade Feevale, localizada na cidade de Novo Hamburgo (sul do Brasil). A sequência e o tempo de mistura dos materiais foram definidos e mantidos em todas as dosagens.

Para o ensaio no estado endurecido foi confeccionado uma parede de blocos 6 furos (figura 5), chapiscada, onde posteriormente foram aplicadas as argamassas (figura 6) para análise dos resultados.



Figura 6 – parede com as argamassas aplicadas

3 RESULTADOS

3.1 Argamassas no Estado Fresco

Os resultados observados nos ensaios do estado fresco das argamassas podem ser analisados na tabela 3.

Tabela 3. Incorporação de água e índice de consistência

Tipo de Argamassa	Água (gramas)	Índice de consistência (mm)
Referência	510	261
5%	515	257
10%	532,4	262
15%	536,4	258
20%	538,8	260

Conforme se aumentou o teor de resíduo, aumentou também a quantidade de água para manter a consistência fixada.

3.2 Argamassas no estado endurecido e revestimentos argamassados

As argamassas não apresentaram diferenças significativas na aplicação, no estado fresco, segundo relato dos profissionais que fizeram a aplicação das mesmas, confirmando o ensaio de índice de consistência, onde todas foram mantidas no mesmo padrão, em 260 + 10mm.

Observou-se que a argamassa referência, durante o período de análise, 14 dias, não apresentou fissuras, já as argamassas com incorporação do resíduo, fissuraram, sendo a argamassa com 20% de incorporação a que obteve o maior grau de fissuração, conforme gráfico 2. Assim, conclui-se que a argamassa com substituição de 5% de resíduo foi a que apresentou melhores resultados. Neste sentido, fazem-se necessários outros estudos de dosagens.

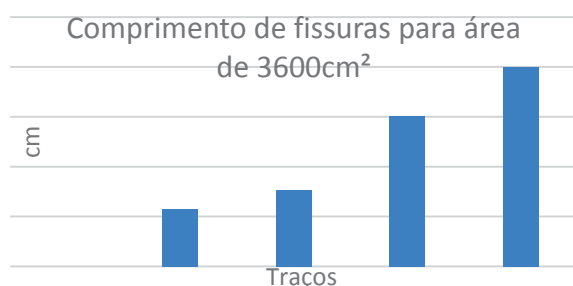


Gráfico 2 – Comprimento de fissuras

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho está em fase inicial e os ensaios realizados para caracterização das argamassas foram índice de consistência, no estado fresco, e análise da fissuração, no estado endurecido. Após a análise dos resultados experimentais obtidos nestes ensaios, conclui-se que o resíduo de pneu empregado na produção de argamassas interfere nas propriedades das argamassas de revestimento.

Para análise dos efeitos causados com a adição dos resíduos de pneu em argamassas de revestimentos, fazem-se necessários estudos mais aprofundados. Para ter-se certeza de sua eficiência ainda será necessário fazer ensaios de caracterização das argamassas e assim, poder determinar qual das argamassas apresenta melhor potencial.

REFERÊNCIAS

Abrapneus. Entrevista, N. 41, P. 4 – 7, MARÇO/ABRIL 2000.

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas.

NBR NM 45 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro (2006).

NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro (2003).

NBR 7175 - Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro (2003).

NBR 9776 - Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco chapman - Método de ensaio. Rio de Janeiro (1988).

NBR 10004 - Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro (2004).

NBR 11578 - Cimento Portland composto - Especificação. Rio de Janeiro (1991).

NBR 13276 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro (2005).

Adhikari, B.; DE, D.; Maiti, S. Reclamation and recycling of waste rubber. Materials Science Centre, Indian Institute of Technology, Kharagpur 721302, Indian. ELSEVIER -Progress in Polymer Science. 22 (2000) pp. 909-948.

Almeida, M.C. et al. Pesquisa e desenvolvimento sobre a disposição final de pneus inservíveis no Brasil. In: XI Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva: "A Engenharia Automotiva para o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo, junho 2001.

ANIP: Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos. Disponível em: http://www.anip.com.br/index.php?cont=detalhes_noticias&id_noticia=727&area=43&titulo_pagina=%DAltimas%20Not%EDcias. Acessado em maio, 2015.

Cabral, S. Analisando a reconfiguração da cadeia de produção de pneus no Brasil pela economia dos custos de transação. Revista Gestão e Produção, v.11, n.3, p.373-384, set.-dez. 2004.

Conama: Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N.º 258/99. In: <http://www.lei.adv.br/258-99.htm>. Acessado em setembro, 2014.

EPA: Environmental Protection Agency. Markets for Scrap Tires. EPA/530-SW-90-074A, Outubro, 1991.

Goldenstein, M.; Alves M. e Barrios, M. Panorama da indústria de pneus no Brasil: ciclo de investimentos, novos competidores e a questão do descarte de pneus inservíveis. BNDES Setorial, *Rio de Janeiro*, n. 25, p. 107-130, mar. 2007.

Lagarinhos, C.A.F& Tenório, J.A.S. Reciclagem De Pneus: Discussão Do Impacto Da Política Brasileira. Engevista, V. 11, n. 1. p. 32-49, julho 2009.

MMA: Ministério Do Meio Ambiente. Agenda 21. 2002. In: <http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/capa>. Set 2014.

Comparação de Propriedades de Argamassas Dosadas com Areia Natural e Resíduos do Beneficiamento de Rochas Ornamentais

Farah Diba Silva

Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mineral, PPGEMineral, Departamento de Engenharia de Minas, Cidade Universitária, Recife/Pernambuco, Brasil
faradiba@ufpe.br

Felisbela Maria Costa Oliveira

Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mineral, PPGEMineral, Departamento de Engenharia de Minas, Cidade Universitária, Recife/Pernambuco, Brasil
felisbela.oliveira@ufpe.br

Arnaldo Manoel Pereira Carneiro

Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Cidade Universitária, Recife/Pernambuco, Brasil
ampc@ufpe.br

RESUMO: O objetivo deste estudo é empregar rejeitos da indústria de rochas ornamentais em argamassas. A areia da britagem de rocha, ABR, foi utilizada para substituir a areia natural nos traços das argamassas em volume de 1:1:3; 1:2:9 e 1:3:12, sob a proporção de 1:3 ligante:agregado. Os traços foram tres em duplicata e a avaliação das propriedades tecnológicas das argamassas seguiu as normas regulamentadoras da ABNT. A morfologia variada da areia ABR é um fator que contribui para a maior coesão e menor viscosidade da argamassa em estado fresco. Aos 28 dias, o fator água não é o principal determinante para diminuir a resistência à compressão e de ruptura a flexão das argamassas com ABR e das argamassas com areia natural. A ordem dos traços de 1:1:3, 1:2:9 e de 1:3:12 caracterizam a diminuição da resistência mecânica das argamassas. O emprego do rejeito britado contribui para a prática da sustentabilidade.

Palavras-chave: resistência mecânica, argamassas, areia, brita.

ABSTRACT: The aim of this study is to employ tailings of ornamental industry in mortars. The sandy rock crushing, ABR was used to replace natural sand in the traces of mortar by volume of 1: 1: 3; 1: 2: 9 and 1: 3: 12 in the ratio of 1: 3 binder: aggregate. six traits were in duplicate and the evaluation of the technological properties of mortars followed the regulatory standards of ABNT. The varied morphology of sand ABR, a factor, that contributes to greater cohesion and lower viscosity of the mortar in the fresh state. At 28 days, the water is not the main factor determining to decrease the compressive strength and flexural ABR with mortars and mortars with natural sand. The volumes of the order of 1: 1: 3, 1: 2: 9 and 1: 3: 12 featuring the decrease in mechanical strength of mortars. The use of crushed waste contributes to the practice of sustainability.

Keywords: Mechanical strength, mortar, sand, gravel.

1 INTRODUÇÃO

A viabilidade de novos materiais para a composição de artefatos cimentícios tem sido uma preocupação constante do setor da construção civil. Considerando que a indústria da construção civil é uma das maiores consumidoras de matérias-primas naturais, consumindo entre 20 a 50% dos recursos naturais de acordo com o Sumário Mineral no ano de 2004. O grande consumo se

justifica pelo fenômeno da urbanização nos grandes centros urbanos e da verticalização das edificações que acomodam cada vez mais pessoas.

Os agregados minerais são retirados diretamente da natureza como a areia, argilas e rochas britadas. Foi estimado que cerca de 210 milhões de toneladas de agregados são consumidos anualmente no Brasil, somente na produção de concretos e argamassas (Jonh, 2000). Beneficiamentos como a moagem de britas para obtenção de agregados resultam em gastos de energia que podem ser agregados ao produto final.

A indústria de transformação de rochas ornamentais gera grandes quantidades de rejeito, ou sobras, graúdas e de diversas cores a depender da cor do mineral mais abundante na composição da rocha. Agregado de origem pétreo é comumente aceito na composição de concretos, argamassas, blocos e placas compostas de outros agregados minerais. Os custos da britagem do rejeito graúdo de rochas ornamentais é justificado pelo conceito de sustentabilidade.

Os rejeitos graúdos da indústria de rochas ornamentais podem ser considerados uma fonte de matéria prima para o setor da construção civil. Nas indústrias de transformações de rochas ornamentais, o processo de serragem de blocos rochosos em chapas resulta na perda de rocha da ordem de 30 a 40% da massa do bloco (Peyneau e Pereira, 2004).

Alguns autores (Camarini e Ishikawa, 2004) afirmam que como afirmam que o aumento do teor de material pulverulento em argamassas com areia de britagem de granito contribui para um maior empacotamento da mistura. Mas a constituição mineralógica e a composição química do agregado, um dos conceitos básicos da ciência dos materiais, e a microestrutura do material, deverá ser levada em conta, exemplo disto é a porcentagem de absorção d'água que deve ser considerado na hora de avaliar a qualificação dos agregados para concreto (Neto, 2004).

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização dos Materiais e das Argamassas

2.1.1 Os rejeitos de rochas ornamentais

As rochas adotadas foram coletadas e selecionadas por tipo de rocha no pátio de uma indústria marmorista da Região Metropolitana do Recife. Os rejeitos da indústria de rochas ornamentais se caracterizam por pedaços irregulares, sobras da fabricação de artefatos pétreos como tampos de mesa, balcões de pias, placas de revestimento de pisos e paredes.

As rochas coletadas e britadas foram o mármore Branco Rajado (RJ) e o calcário sedimentar Bege Bahia (BB) e os denominados comercialmente granitos Branco São Paulo (BSP), Verde Ubatuba (VU), Preto São Gabriel (PSG), Branco Siena (BS) e o Cinza Ocre (CO).

As rochas mais resistentes à britagem foram os granitos Branco Siena e o Cinza. A rocha silicática granito Branco Siena produziu 68,88% da fração arenosa, quantidade maior do que a produção do granito Cinza, 68,38%. Porém o granito Branco Siena se destaca na curva granulométrica por ter registrado maiores frações de grãos em diâmetros de areia mais grossas. Características geológicas como textura (tamanho dos grãos) e composição mineralógica como, por exemplo, presença de minerais de dureza elevada como o quartzo (7 (sete) na escala de Mohs), influem na resistência à cominuição apresentada pelas rochas, notadamente, aquelas graníticas: texturas mais finas e maior teor de quartzo asseguram maior resistência à britagem.

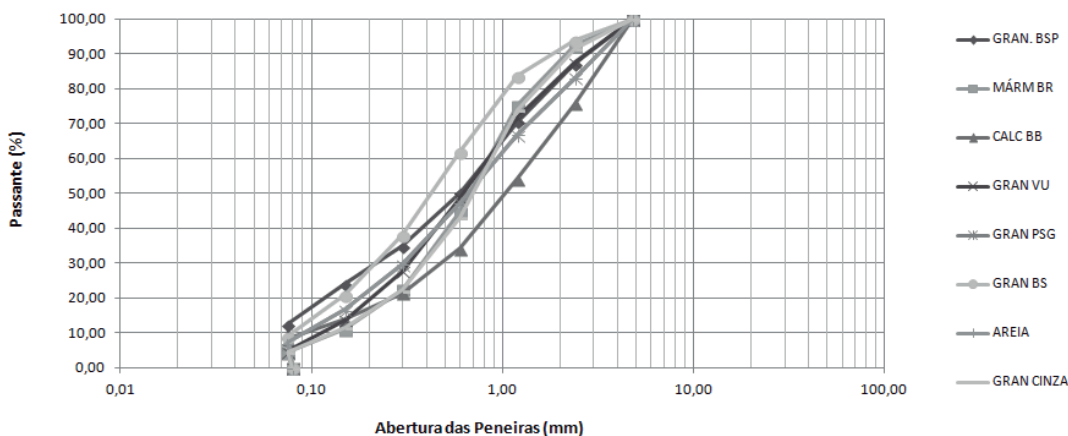


Figura 1: Distribuição granulométrica da areia natural e das ABR.

Observa-se que as rochas que apresentam maior percentual da fração areia são aquelas que também produzem menor quantidade da fração brita. Assim são elas, em ordem crescente da produção de britas: mármore Branco Rajado, granito Verde Ubatuba, granito preto São Gabriel, granito Branco São Paulo, calcário Bege Bahia, granito Branco Siena e, finalmente, o granito Cinza. Esta ordem de citação indica a resistência crescente da rocha ao ser submetida ao processo de britagem. Também são consideradas mínimas e aceitáveis as quantidades de areia muito fina (<0,075mm) produzida por cada tipo de rocha neste processo (Figura 1).

No experimento foram desenvolvidas argamassas compostas de areia e argamassas compostas de ABR. Os traços de argamassa adotados foram em volumes de 1:1:3 (Arg Ar1, Arg ABR1, Arg Ar2, Arg ABR2) , 1:2:9 (Arg Ar3, Arg ABR3, Arg Ar4, Arg ABR4) e de 1:3:12 (Arg Ar5, Arg ABR5, Arg Ar6, Arg ABR6). Para uma melhor análise do desempenho tecnológico os traços foram confeccionados em duplicata. A relação água/cimento foi objetivada para alcançar a relação de um para um para a caracterização das contribuições do fator água nas propriedades das argamassas nos estados fresco e endurecido.

Foram comparados os desempenhos tecnológicos das argamassas compostas de areia natural com as argamassas compostas de ABR. A aplicação da água de amassamento foi obtida através do índice de consistência-padrão da argamassa considerando o valor compreendido entre 255 ±10 mm, conforme a NBR 13276 (2005).

2.2 Os Aglomerantes

O cimento adotado é o CP V ARI, cimento de alta resistência inicial e a cal hidratada CH II, utilizada em produção de argamassas sem resíduo e com alta pureza de acordo com a NBR 7175 (2003).

2.3 Granulometria das areias

A análise dos rejeitos de rocha britada e da areia foi realizada conforme a NBR 7217/1987. Com etapas de peneiramento e pesagem para a verificação da distribuição de tamanho de grãos. Sendo possível caracterizar a produção de areia por tipo de rocha britada. A areia foi submetida ao peneiramento e pesagem após sua secagem em estufa por 24 horas a 65°C.

2.4 Massa específica aparente

Determinou-se a massa unitária da ABR e da areia natural com base na NBR 7251 (ABNT, 1982), que se refere ao agregado em estado solto e propõe o uso de um recipiente metálico em forma de paralelepípedo, de volume (V) conhecido. A amostra seca é colocada sem adensamento, para reproduzir o transporte de agregado em baldes ou padiolas na obra. E é a partir desta determinação que se faz a transformação dos traços em peso para volume e vice-versa.

2.5 Consistência

Segundo Cincotto et al. (1995), consistência é a propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a resistir à deformação. Para a avaliação da consistência da argamassa é utilizada a mesa de consistência (*flow table*) prescrita pela NBR 7215 (ABNT, 1996) e são realizados procedimentos de ensaio para determinação do índice de consistência prescrito pela NBR 13276 (ABNT, 2005) que é $255 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$. São registrados os três diâmetros tomados em pares de pontos uniformemente distribuídos ao longo do perímetro. O índice de consistência da argamassa corresponde à média das três medidas de diâmetro, expressa em milímetros e arredondada ao número inteiro mais próximo.

2.6 Resistência a Compressão

Foram verificadas as resistências à compressão das argamassas nas idades de 28 e 90 dias de cura (Figura 2). As dimensões dos corpos de prova são de $50 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$, conforme com a norma NBR 13279 (ABNT, 2005). A desmoldagem foi realizada após 24 horas e a cura ocorreu em câmara com umidade relativa mínima do ar de 95% até as idades determinadas para ruptura. Foram obtidos os resultados individuais, média, desvio-padrão e coeficiente de variação para avaliação da resistência mecânica da argamassa.

A resistência à compressão de cada um dos corpos-de-prova é calculada, em MPa, dividindo a carga de ruptura pela área da seção do corpo-de-prova. O resultado deve ser arredondado ao decimal mais próximo.



Figura 2: Corpo de prova cilíndrico em ensaio.

2.8 Resistência a Tração na Flexão

Foi realizado conforme a norma NBR 13279 (ABNT, 2005) que adota corpos de prova com as dimensões $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 160 \text{ mm}$. Cada argamassa desenvolvida foi submetida à ruptura em 4 corpos de prova nas idades de 28 e 90 dias, conforme a norma DIN EN 1015 – Part 11 (1999). Aplicou-se a carga no centro do corpo de prova bi-apoiado (Figura 3) e a tensão de tração na flexão foi obtida através da equação:

$$\sigma = 1,5PL/bh^2 \quad (1)$$

Onde: σ = tensão de tração na flexão (MPa); P = carga aplicada no meio do corpo de prova (N); L = distância entre os apoios (100 mm); b = maior dimensão da seção transversal do corpo de prova (mm); h = altura do corpo de prova (mm). Os resultados individuais, média, desvio-padrão e coeficiente de variação foram calculados. As médias das resistências são apresentadas em gráfico e discutidos seus valores na seção seguinte.



Figura 3: Corpo de prova de argamassa em processo de ruptura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A densidade dos materiais

As densidades dos materiais utilizados são: para o cimento, $3,10 \text{ Kg/dm}^3$; a cal tem $0,66 \text{ Kg/dm}^3$; a areia, $1,61 \text{ Kg/dm}^3$ e a areia de rocha britada registrou $1,57 \text{ Kg/dm}^3$.

3.2 Granulometria das areias

As curvas de distribuição granulométrica da areia comum e da areia de rocha ABR em geral mostram-se semelhantes na inclinação, como mostrado na figura 4. Após os processos de britagem, peneiramento e pesagem das areias foi possível observar que as areias são diferentes quanto a sua morfologia. A areia comum se caracteriza por ser arredondada enquanto que as areias das diversas rochas britadas apresentam formas tabulares, angulosas, (Figura 5 (A, B)). As partículas de areias oriundas de rochas são, em geral, agregados dos minerais constituintes da rocha que lhe deu origem, enquanto que os grãos das areias naturais são constituídos de um único mineral, (Figura 5 (B1)).

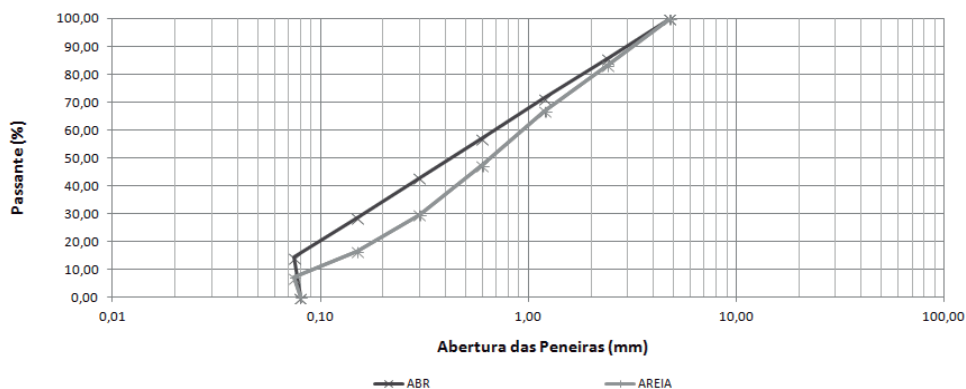


Figura 4: Granulometria da areia ABR e da areia natural.

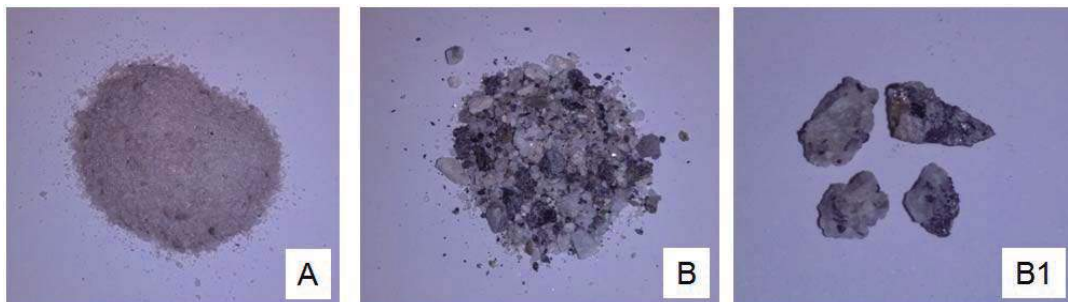


Figura 5: (A) Areia natural; (B) Areia de britada de rocha ABR; (B1) Areia ABR.

As rochas carbonáticas (mármore e calcário sedimentar) são mais suscetíveis para a produção de areias, por serem constituídas de minerais de dureza baixa na escala de dureza Mohs (calcita e dolomita, dureza 3 e 3,5, respectivamente). O mármore Branco Rajado produziu 91,68% da fração granulométrica areia, enquanto que o calcário sedimentar Bege Bahia produziu apenas 75,73% desta mesma fração. Esta diferença de percentuais é atribuída às resistências à britagem de cada uma das rochas que é influenciada pela formação geológica de cada uma delas: o mármore branco apresenta textura mais grossa enquanto o Bege Bahia apresenta grãos mais grossos disseminados em matriz mais fina (textura micrítica). O granito Verde Ubatuba produziu 85,51% de fração areia e Granito Preto São Gabriel, 81,43%.

3.3 Consistência

A resistência da argamassa fresca à deformação aos constantes golpes requeridos para a análise de consistência depende, entre outros, da quantidade de água na argamassa que forma filmes de água entre as partículas facilitando desta maneira o seu deslizamento. Outros fatores como a morfologia dos grãos são importantes: partículas esféricas não encontram dificuldades para seu escoamento quando comparadas com as partículas de forma angulosas que tem dificuldade de fluir, consequência da angularidade. Grãos de formas angulares propiciam o preenchimento de espaços vazios entre as partículas e dificultam a fluidez da argamassa. Também é importante considerar que as resistências finais das argamassas é função da quantidade de água de amassamento com a qual a mistura é feita.

Foram registrados dois pontos de consistência para cada argamassa confeccionada com exceção das argamassas compostas de ABR (Arg Pe2b e Arg Pe3b), pois estas argamassas alcançaram o espalhamento especificado pela NBR 13276 (ABNT, 2005) já na primeira medição.

As argamassas compostas de areia foram feitas em geral com uma maior relação água/cimento (a/c) do que as argamassas compostas de areia de rocha britada (Figura 6). Mesmo apresentando aumento da relação a/c, as argamassas de areia (Arg Ar2, Arg Ar3, Arg Ar5 e Arg Ar6) não registraram aumento de fluidez com relação àquelas compostas de areia de pedra.

A consistência registrada nas argamassas 5 e 3 caracterizam a argamassa composta de areia de baixo desempenho de fluidez. Embora, sendo registrado na argamassa 4 composta de areia com uma relação a/c menor do que a argamassa composta de ABR (Arg Pe4b) resultou em uma consistência superior ao valor de consistência requerido pela norma que é de 25 a 26 cm.

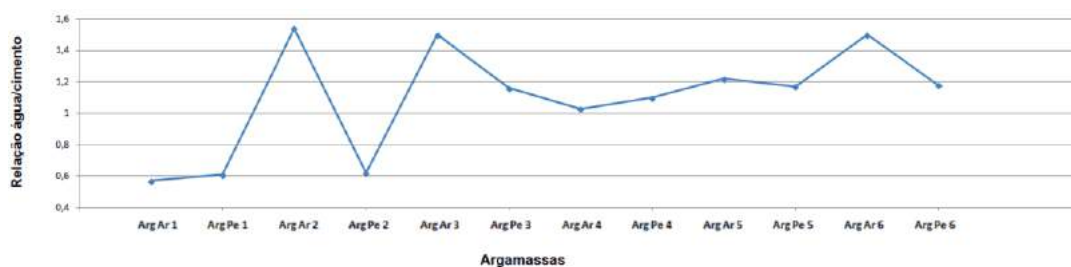


Figura 6: Distribuição do fator a/c das argamassas de areia natural (Ar) e da ABR (Pe).

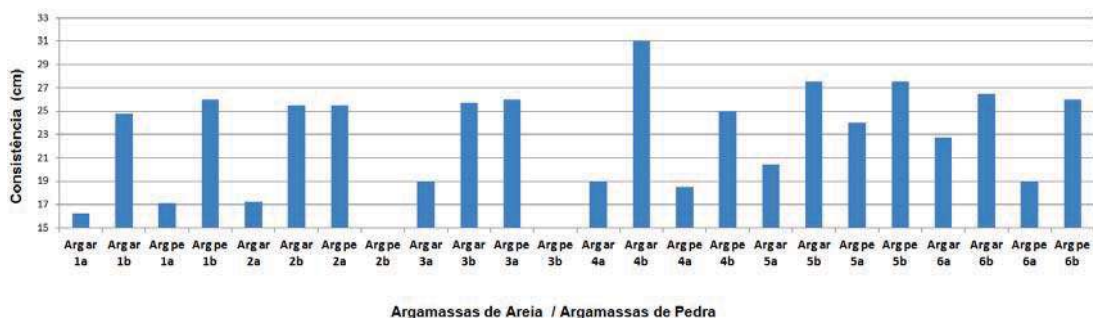


Figura 7: Desempenho de consistência das argamassas de areia natural (Ar) e da ABR (Pe).

3.4 Resistência a Compressão

Em geral, a resistência à compressão registrou valores crescentes conforme o aumento da idade de cura, o que ocorreu com as argamassas Arg Pe1, Arg Ar2, Arg Pe2, Arg Pe3, Arg Pe4, Arg Ar5, Arg Pe5 e Arg Ar6. Apenas para a argamassa de ABR (Arg Pe6), houve diminuição do valor de resistência à compressão, por motivos não esclarecidos. Por outro lado, a diminuição da resistência de ruptura à compressão acontece conforme o traço aumenta na ordem de 1:1:3, 1:2:9 e 1:3:12, em volume, tendo em vista a menor quantidade de ligante com relação ao volume de agregados. Foi também observada que a relação água/cimento não interferiu na variação da resistência a compressão.

Atribui-se à areia de rochas homogeneizada que compõe a areia alternativa ABR da argamassa desenvolvida, a maior resistência a compressão verificada nas argamassas de ABR (Arg Pe1, Arg Pe2, Arg Pe3, Arg Pe4 e da Arg Pe5). Os corpos-de-prova confeccionados com frações arenosas de maior tamanho granulométrico como a areia de rocha britada apresentam maior resistência à compressão. Isto provavelmente acontece porque os grãos de superfícies irregulares, como aqueles oriundos da britagem de rochas, têm uma maior área de contato entre si resultando assim em maior imbricação das partículas o que colabora para aumento de resistência mecânica.

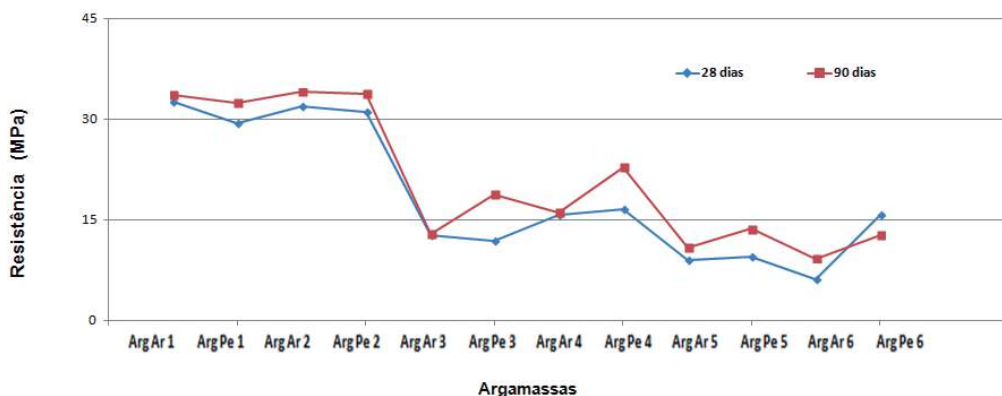


Figura 8: Resistência à compressão das argamassas de areia natural (Ar) e de ABR (Pe).

3.5 razão na Flexão

Esta propriedade da argamassa é importante por indicar a resistência da argamassa em estado endurecido que é fruto da ligação dos minerais, ou seja, o envolvimento dos agregados pelos novos minerais oriundos da hidratação do ligante. O fator a/c é importante por caracterizar a diminuição ou o aumento de resistência a flexão. O traço volumétrico de 1:3:12 nas argamassas 5 e 6 caracterizam a estabilidade na resistência a flexão na idade de 90 dias e a diminuição e estabilidade de resistência na idade de 28 dias, a inclinação desta curva deve-se a elevação do fator a/c.

Maiores idades de cura resultam em aumento de resistência a flexão para as argamassas compostas de areia natural (Arg Ar) e para as argamassas compostas de ABR (Arg Pe).

Quantidade elevada de água na argamassa pode ser um problema quando esta vem a retirar materiais ligantes por fenômeno de exudação na argamassa fresca. O ligante tem a função de envolver e se cristalizar sobre os agregados minerais da argamassa para o desempenho de resistência.

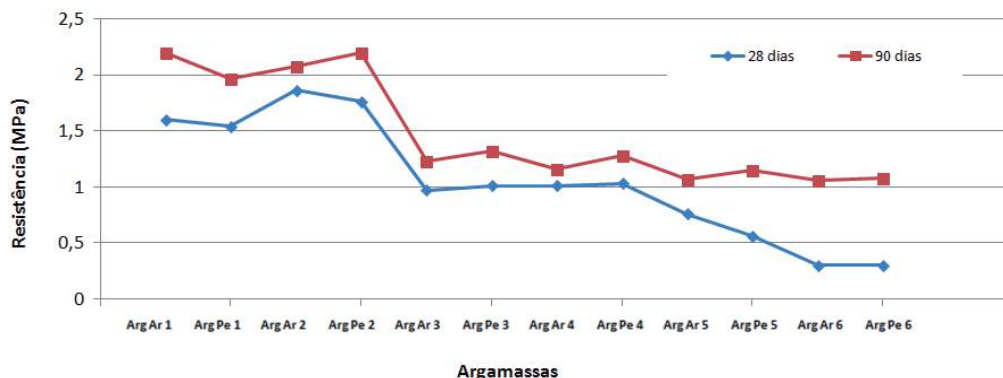


Figura 9: Resistência à flexão das argamassas de areia natural (Ar) e de ABR (Pe).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A areia produzida a partir da britagem de sobras da indústria de rochas ornamentais é uma alternativa viável para o setor da construção civil. Considerando que este setor requer grandes quantidades de agregados minerais para a composição de argamassas e concreto, o uso de sobras pétreas de rochas ornamentais pode ser viabilizado para a produção de britas graúda e também de agregados de tamanho da fração areia. Britas graúdas, maiores que tamanho areia pode compor material cimentício como concreto aparente e o *fulget*, que leva ligantes (cimento e cal) e granulados (mármore, granitos, arenitos, quartzos) moídos em tamanhos uniformes.

A exploração de areia ocorre sempre que possível próximo à área urbana devido aos custos de transporte. Os principais impactos são visuais com cavas a céu aberto na natureza e, quando acontece nos leitos dos rios, pode causar assoreamento. Isto posto, as indústrias de rochas ornamentais, visando também diminuir impactos ambientais causados pelos resíduos produzidos (sobras e quebras), podem investir na aquisição de equipamentos de britagem para a produção de um novo agregado para a indústria de argamassa e de concreto.

As curvas granulométricas das areias obtidas a partir da britagem dos vários tipos de rochas apresentam distribuição próxima da curva de areia natural. As rochas de texturas mais finas e que apresentam maiores teores de minerais de dureza elevada são mais resistentes à britagem do que aqueles de textura mais grosseira. Estes últimos produzindo maior percentual de partículas na fração areia.

As curvas de resistência à compressão e resistência à flexão apresentam a mesma tendência: à medida que o traço fica mais pobre em ligantes as resistências também diminuem. Observa-se ainda que o fator a/c não influenciou significativamente a propriedade de resistência à compressão das argamassas sejam compostas por areia natural, sejam constituídas de areia britada de rocha. Entretanto, o fator a/c é determinante para aumento resistência a flexão das argamassas (areia natural ou areia de rocha britada) em função do tempo de cura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas 2005. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e determinação de consistência. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira De Normas Técnicas 2005. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira De Normas Técnicas 1996. NBR 7215: Cimento portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira De Normas Técnicas 1982. NBR 7217: Determinação de composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. 1982. NBR 7251: Agregados em estado solto – determinação de massa unitária. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira De Normas Técnicas.2003. NBR 7175: Cal hidratada para argamassas – requisitos. Rio de Janeiro.

Camarini, G.; Ishikawa, P. H.2004. Propriedade de argamassas de assentamento produzidas com areia artificial para alvenaria estrutural. In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, X, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC.

Cincotto, M. A.; Silva, M. A. C.; Cascudo, H. C. 1995. Argamassas de revestimento: Características, propriedades e métodos de ensaio. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Boletim técnico n. 68.

Deutsches Institut Fur Normung.1999. DIN EN 1015 Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar (FOREIGN STANDARD). Berlin

John, V. M. 2000. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 102 p. Tese (Livre docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Neto, Pedro Nogueira de.2004. Utilização do Resíduo Proveniente da Serragem de Rochas Graníticas como Material de Enchimento em Concretos Asfálticos Usinados a Quente.

Peyneau G.O.R; Pereira G.S. 2004. Tratamento dos resíduos provenientes das serragens de granito através da implantação do filtro-prensa. In: XXIV ENEGEP, p. 1-5, Florianópolis. Disponível em: www.uvv.com.br. Acessado em: 05/05/2008.

CHAPTER 3 | CAPÍTULO 3 | CAPÍTULO 3

Integrated design of renewable energy systems in buildings

Projeto integrado de sistemas de energias renováveis em edifícios

Projeto integrado de sistemas de energias renováveis em edifícios



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Old buildings, new cities: Analysis of Brussels' Leopold quarter building typologies as a driver to identify optimal retrofitting strategies

Aránzazu Galán González

Université Libre de Bruxelles Building, Architecture and Town Planning Department (BATir), Brussels, Belgium. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM), Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas, Madrid, Spain.

Aranzazu.Galan.Gonzalez@ulb.ac.be

Consolación Ana Acha Román

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM), Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas, Madrid, Spain.

consolacionana.acha@upm.es

Philippe Bouillard

Université Libre de Bruxelles, Building, Architecture and Town Planning Department (BATir), Brussels, Belgium. School of Engineering, Nazarbayev University, Kazakhstan (NU)

philippe.bouillard@ulb.ac.be

Sophie Trachte

Université Catholique du Lovaine, Architecture et Climat (LOCI), Louvain-la-Neuve, Belgium.

sophie.trachte@uclouvain.be

Arnaud Evrard

Université Catholique du Lovaine, Architecture et Climat (LOCI), Louvain-la-Neuve, Belgium.

arnaud.evrard@uclouvain.be

ABSTRACT: In Europe, several studies show that prolonging the life of a building has lower environmental impact than demolishing and building a new one. Retrofitting of residential buildings provides thus a considerable potential in energy conservation and sustainability benefits. But retrofitting an old house is a delicate process. This paper stresses the role of energy efficiency retrofitting of old dwellings in Brussels as the key element to achieve the European Union (EU) energy efficiency targets. The approach of this study is to conceive the buildings as a stock rather than individual entities, by developing a preliminary classification by construction system and building components. This approach seeks to contextualize the heritage value, by the identification of the elements that define it, and to achieve holistic improvements of the energy performance of the whole stock in order to highlight the importance and relevance of retrofitting the old residential building sector.

The result is a series of scenarios that supposes a first step of the aimed methodology to identify in an early stage the best solutions for this specific part of the building stock to achieve the energy efficiency targets defined by the Energy Performance of Buildings Directive (EU, 2010).

Keywords: Old Building stock; energy efficiency retrofitting; Heritage value; renovation; dwelling retrofitting.

1 INTRODUCTION

Studies have concluded that a deep renovation is the ideal solution from an ecological and economic perspective, and that surface renewals only contribute to increasing the risk of losing the set climate targets and not exploit the potential total savings (Müller, 2011). The urban fabric

of European cities is largely shaped by old and inefficient residential buildings whose energy demand can exceed 200kWh / m² per year (Economidou et al., 2011).

Retrofitting the existing stock of housing is recognized in the construction industry. The number of existing buildings exceeds the number of new homes. In United Kingdom, the number of new buildings was calculated to contribute at most 1% per year to building stock (Gaterell and McEvoy, 2005), the other 99% are already built buildings and produce about 26% of carbon emissions induced by energy use (Eurostat, 2009). Studies show that the environmental impact to extend the life of a building is definitely less than demolition and new construction (Filer, 2008). Hence, retrofitting of residential buildings in particular provides considerable potential in energy conservation and sustainability benefits later.

However, although the need for integrated solutions to maintenance and renovation is well known by the construction sector actors, no need for specific knowledge on how and when to apply successfully the maintenance, management, adaptation, transformation and redesign is defined (Thomsen, 2011). Moreover, many vital decisions are taken in the early stages of the design process that can determine the success or failure of the design, as a decision made earlier can have a bigger impact with less effort. Designers need tools that help them to create better and more sustainable rehabilitation projects (Konstantinou, 2014).

This study seeks a methodology to support decision-making and enable the development of a retrofitting strategy for different cases and specifications. It is intended that the designers know the energy impact of the project according to the solutions adopted.

2 DECISION MAKING PROCESS

Depending on the rehabilitation objectives required in each case, various solutions could be found. The aim is not to give an optimal solution but to help (Economidou, 2011) make right choices without compromising the interests of the designer, client or user. To this end, the so called matrix TCS (TCS stands for Typology, Component, Solution) is defined. This matrix aims to gather all the measures that could be applied in the retrofitting of the defined stock, sorted by building typology and main building components. The target is to offer different retrofitting solutions and their overall impact in the decrease of energy demand. The measures provided are all extracted from previous retrofitting interventions from literature review. The TCS matrix aims, though, to improve the design process by providing retrofitting strategies for different building typologies and specific configurations, without limiting the designer choice.

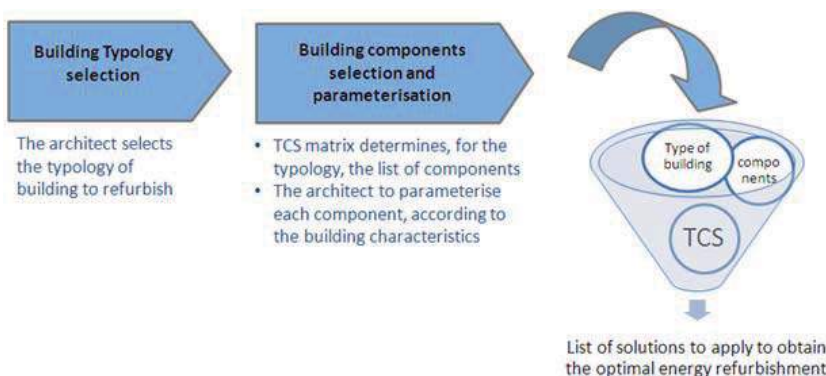


Figure 1. Concept of Optimal Retrofitting

In future steps, the retrofitting strategies and their energy efficiency value are expected to be complemented with an economic evaluation to help the designers to provide the cost-optimal retrofitting to clients while obtaining the expected new energy performance.

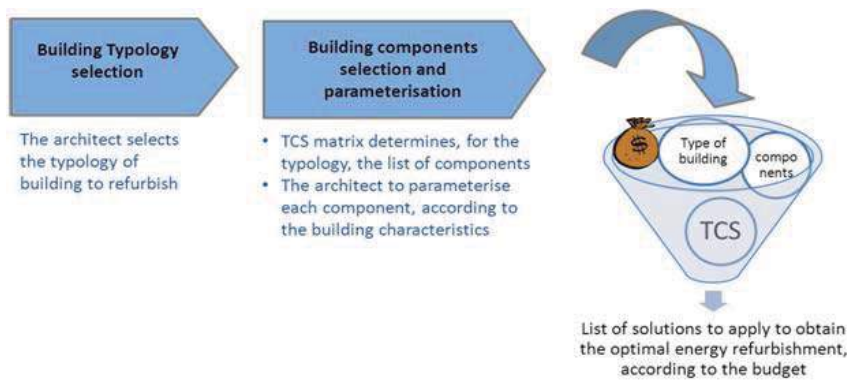


Figure 2. Concept of Cost-Optimal Retrofitting

3 HISTORIC RESIDENTIAL BUILDING: STATING THE PROBLEM

Building retrofitting could be considered as one of the most culturally enriching architectural strategies, as the expression of different historic periods makes the built environment much richer. Reusing existing buildings can be, thus, an efficient way of spreading culture, to which respect to previous interventions is necessary (APUR, 2013).

Common practice in the retrofitting of old buildings is based on the improvement of the envelope. It is the first step when updating these buildings, which are generally the un-insulated heavyweight constructions. Modern construction techniques have to be carefully applied to old buildings, which have a delicate thermal balance. Yet, old dwellings have severe drawbacks that prevent them from good environmental performance: poor daylight, high-energy consumption or limited opportunities for natural ventilation are common characteristics of the housing type (3ENCULT, 2013).

Old buildings might seem an improbable target for development of energy efficiency dwellings. However, the scope for improvement is certainly large and the benefits of their preservation go beyond mere technical considerations. On the one hand, they are valuable constructions that might be especially protected due to their strong link to city identity. On the other hand, they are buildings whose inadaptability to current demand can be a threat to their preservation.

Nowadays, to reduce the energy demand in buildings is translated, in the existing building stock, in the implementation of renovation solutions stipulated in the different regulatory frameworks. The Directive of the European Parliament and Council on the Energy Performance of Buildings (EU, 2013) imposes to the member states to adopt tools to calculate the energy performance, to apply minimum regulation on energy performance in the renovation works, to certificate the buildings and to assure the control of the heating and cooling systems.

The implementation of these interventions in the ancient building stock is facing numerous problems that need to be evaluated to obtain the expected reduction in the energy demand. In fact, the impact of these measures has not yet been assessed at a large scale, as no data from previous interventions is available.

3.1 Building typologies catalogue

This paper focuses on the study of the context and the identification of the main characteristics that are common to the old dwelling stock of Leopold quarter in Brussels, linked to their energy performance.

The first task to be accomplished is to define this specific building stock. The methodology proposed is based in the description of the components that characterize each typology and gather them in the form of a catalogue. The first problem encountered while defining the study was that there was not an official list of the building types of the area, so it has to be created. What was a problem in the beginning, resulted to be an interesting approach to classify and map

historic building stocks.

Beginning with a literature review that thoroughly defined the building typology, and the data extracted from the Brussels Cadastral matrix, the dwelling typologies are defined according to their general description (Situation/implantation, Spatial organization, Inner circulation and staircase, building systems and materials, roof and building materials and façade and building materials) and its main geographical characteristics (disposition in relation to the road, size of the plot, volume, floor level, number of floors, annexes...)

With the help of Python® software, a list of the building typologies was defined as well as its percentage over the overall of the typology in Brussels (Figure 3).

Type	Nb Buildings	Building typology - Extension East	Percentage over the whole BCR
1	8	<i>Maison Bourgeoise</i> Neo-Clasical	0.29%
2a	774	<i>Maison Bourgeoise</i> with <i>bel étage</i> (1 dwelling)	3.89%
2b	1032	<i>Maison Bourgeoise</i> with <i>bel étage</i> (>1 dwelling)	4.97%
3a	254	<i>Hôtel de Maître</i> or <i>Hôtel particulier</i>	5.81%
3b	55	Maison de rapport	4.73%
4a	48	Modest House before 1919	0.56%
5	47	Apartment building	3.31%
TOTAL	2218		

Figure 3. Number of buildings by typology. Extension East of Brussels.

With the help of ArcGis® mapping tool, is the first time that the typologies integrating the neighborhood have been mapped, being considered the first interesting outcome of this study. (Figure 4)

The dwellings fall under two big periods :

From 1830 to 1914: predominance of individual housing (small, bourgeois and aristocratic), whose spatial organization will be based on the spatial organization of the “maison bourgeoise”.

From 1920 to 1930: emergence of apartment building (building modest, standard and / or high status) that takes his real development after 1930.

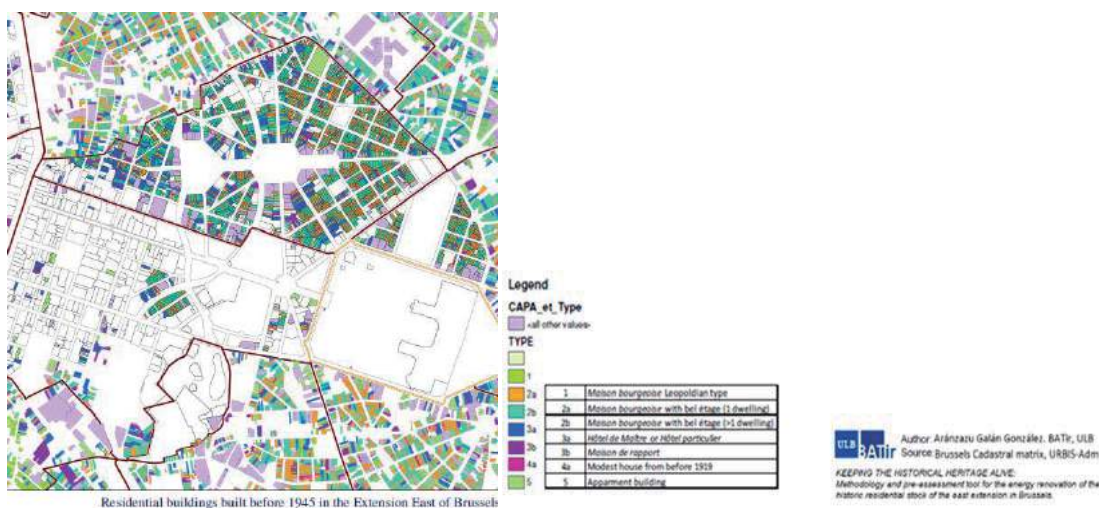


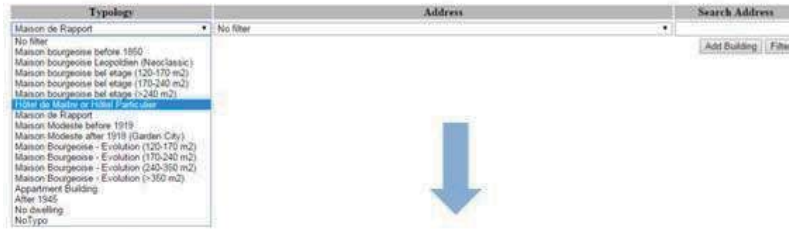
Figure 4. Map of Building typologies of Leopold Quarter

The hypothesis of this paper is that by a deep analysis of the building typologies, the designer could have a better understanding of the particularities of the stock. After the building stock definition, a more practical approach is required. Figure 5 shows the tool developed in this research to classify all the dwellings embodied in the studied building stock. Even when the retrofitting measures will be developed for the whole stock, all the buildings of the area are classified using GIS tools. This will enable the implementation of the final database in the future.

The filters system, allows an easy comparison of the dwellings facilitating the selection of those that will be consider as case of study.

Maps of every individual topic could be provided, depending of the interest of the user, as well as individual databases.

List of buildings



List of buildings



address	Capa Key	Typology	Style	Year	Listing Date	Architect	Sgraffites	Archive	Renovation	Floor Surface	Number of Floors	Build Surface	Plot Surface	Notes	Url	Action
Amboviox Square 001-002	21806F0103-00P002	Hôtel de Maître or Hôtel Particulier	Eclectic	1894		Alfred Lecloux		AVB TP 6624 (1894-1895) ; 1 : 25382 (1897) ; 2 : 6607 (1911)		222.33	2	444.66	331.0		Go to uncontact	
Amboviox Square 005	21806F0103-00M002	Hôtel de Maître or Hôtel Particulier	NEO RENAISSANCE	1895		Albert Dumout et Auguste Hebbelynck		AVB TP 6620 (1895), 60865 (1950)		150.4	2	300.8	335.54		Go to uncontact	
Amboviox Square 006	21806F0108-00G002	Hôtel de Maître or Hôtel Particulier	Eclectic	1900		A. Dankeimann		AVB TP 6636 (1900), 61992 (1952)	1952. GARAGE DOOR	128.4	2	256.8	199.7		Go to uncontact	
Amboviox Square 007	21806F0108-00P002	Hôtel de Maître or Hôtel Particulier	Eclectic	1903		Georges Dhaeyer		AVB TP 6610 (1903)		124.26	4	497.04	226.1		Go to uncontact	
Amboviox Square 010	21806F0108-00L002	Hôtel de Maître or Hôtel Particulier	Eclectic	1900				AVB TP 285 (1900)		102.5	3	307.5	212.1		Go to uncontact	
Amboviox Square 013	21806F0108-00N003	Hôtel de Maître or Hôtel Particulier	Eclectic	1895		Henri Van Messenborre	Y	AVB TP 6628 (1905), 61442 (1954) ; 13 : 6631 (1895), 27684 (1922)		148.2	2	296.4	257.0		Go to uncontact	
Amboviox Square 045	21806F0280-00S005	Hôtel de Maître or Hôtel Particulier	Eclectic	1899		Louis Baude		AVB TP 8719 (1899)	WINDOW'S REPLACED	87.9	3	263.7	156.0	INTERIOR PHOTOS	Go to uncontact	
Amboviox Square 050 - Quaker House	21806F0116-00T003	Hôtel de Maître or Hôtel Particulier	Art Nouveau	1899	09.02.2006	Georges Hebe		AVB TP 6639 (1898), 87079 (1980)	1904. BUILT ANNEXES 1980. ANNEXES DEMOLISHED AND COURTYARD TRANSFORMED IN PARKING.	164.0	3	492.0	273.98	PHOTOS FROM THE INTERIOR.	Go to uncontact	

Figure 5. Building catalogue tool

3.2 Scenarios of Sustainable retrofitting

All the seven typologies integrated in the neighbourhood are studied and simplified in schemas that highlight, in a first step, the typology characteristics. As an example, the “Maison Bourgeoise” is selected. This typology is characterised by a plan with two or three rooms in a row and 4 or 5 floor levels.

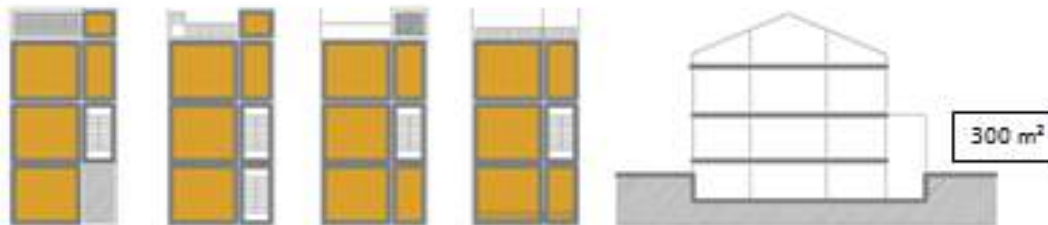
An example of this representation system is given below (Figure 6). All this methodology is focused to built the layout of the tool that will offer a friendly front-end to the user that could quickly identify the typology he is working in. The special features of each building will be identified in ulterior combos, so the dwelling is fully defined.

In a second step, Critical information is gathered:

- Real-life legal situation (implying ability/inability to initiate retrofitting): owning a whole house, owning a flat in a house, owning a flat in an apartment block, owning a whole apartment block, etc. There can be different strategies depending on whether the whole or part of the dwelling could be retrofitted.

- Legal status: is the building (or part of) listed? Different strategies would be taken into account depending on the elements that could not be changed.
- Building system typologies :
 - Materials (thickness, U values, humidity issues, air tightness, etc.)
 - Bulk and compactness (heated net volume VP, heat loss surface AT, compactness: this provides indicators in terms of big/small and possible energy conservation upgrade.
 - Orientation, m² of windows + useful solar gains + potential for Energy retrofitting: this provides an indicator of the Energy Retrofitting measures that could be tackled.
- For each criterion, min/max and average values will be defined (according to sample) + scenarios to maximize them in order to have a complete and holistic view of the retrofitting process.

1. Bel étage + 1 Floor + Attic



2. Bel étage + 2 Floors + Attic

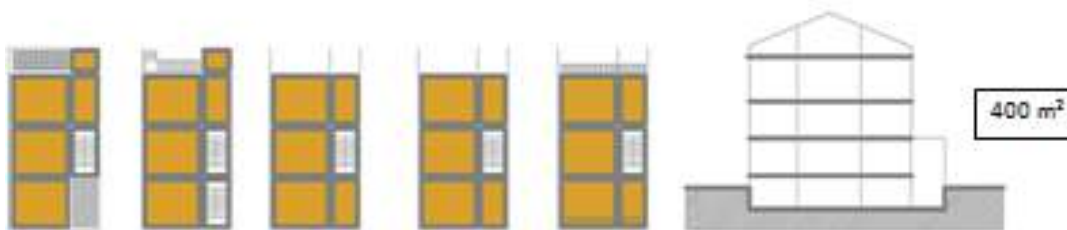


Figure 6. Spatial definition schemas of dwelling type

Based on the description of each dwelling type and its main building components, various scenarios of retrofitting are proposed. They focus mainly on improving the energy performance of each dwelling type in a step by step methodology. Each of the scenarios is analyzed one by one including a data sheet where it would appear the energy consumption before the intervention, the cost of the intervention and the new energy consumption after the intervention.

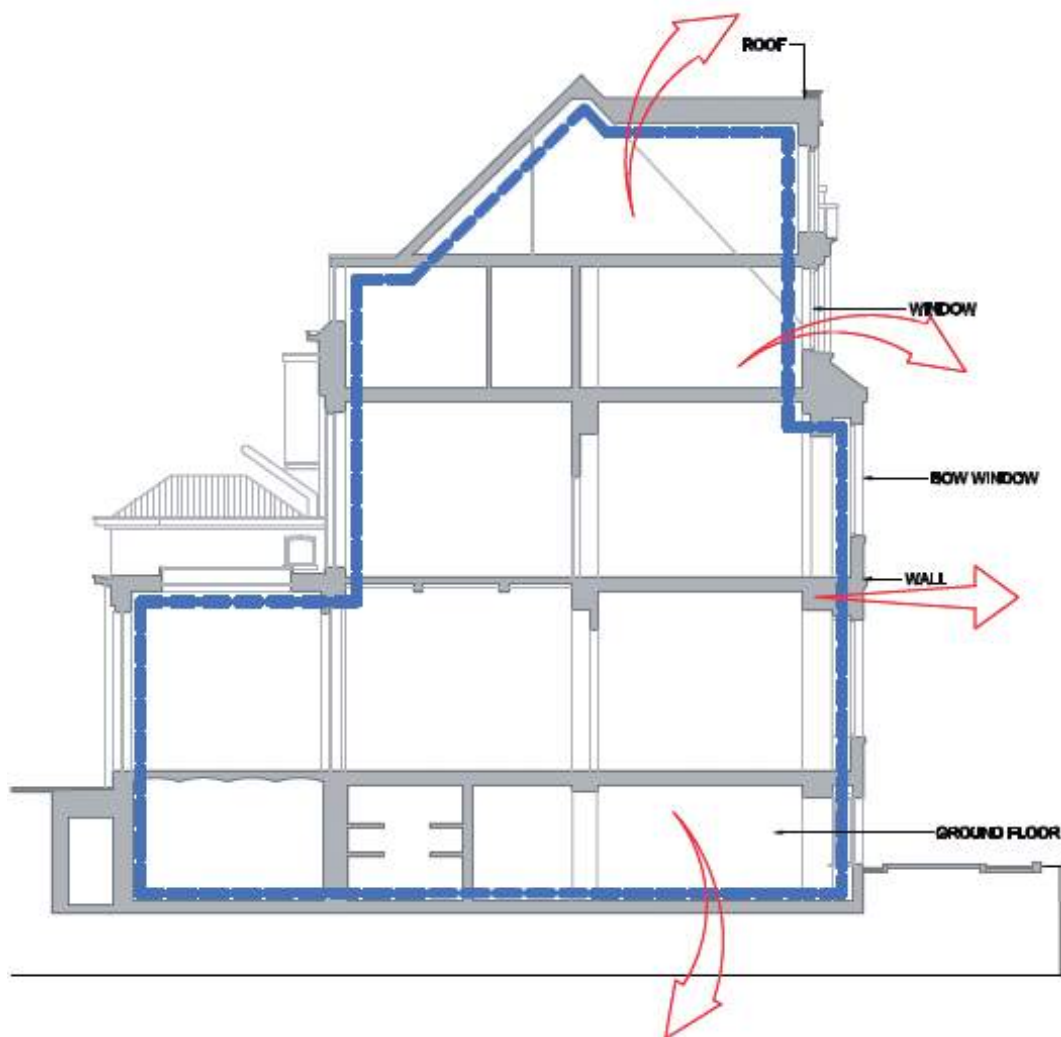


Figure 7. Thermal envelope and heat transfer

1. Scenarios for envelope retrofitting (Figure 8)

The envelope retrofitting scenarios are defined based on a trend analysis performed on the renovation of housing awarded at Exemplary Buildings initiated by Brussels Environment. They are proposed by phases, knowing that today, only few Brussels owners can finance all of the retrofitting works in one phase. The retrofitting steps are proposed in a hierarchical manner, taking into account the state of the dwelling, the influence on the energy performance and the extent of work required. The scenarios for the retrofitting of the services are proposed in the same way, taking into account the existing technical services and the possible densification of the dwelling. The scenarios propose improve strategies for existing technical services that include electricity generation, heat generation, hot water storage, heat distribution, lightning and ventilation.

All the possible scenarios defined are explored individually and in relation with the other scenarios. As aforementioned, the target is to deliver a full picture of the retrofitting process and that means to take into account that the intervention in one of the components impact in the others in one or other way. By coding these impacts by the traffic light colours we can deliver a schema of the elements we have to include in our intervention to achieve the expected energy efficiency outcomes.

This retrofitting guide sheets could be consider as a risk analysis of the interventions catalogued by element that shows the problems that could create to work in the building in a fragmented way.

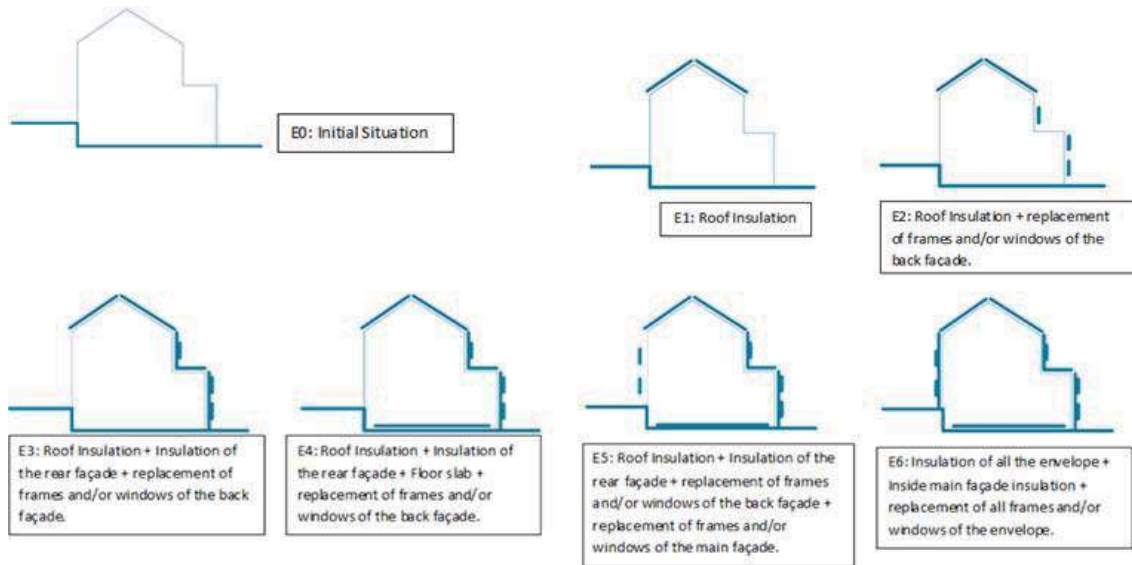


Figure 8. Envelope retrofitting scenarios schemas.



Figure 9. Retrofit guidance sheet

All the previous databases are included in the TCS matrix and represent the basis of its working methodology.

4 FUTURE IMPLEMENTATION

The final tool presents multiple ways of implementation: the first one is the scope of the project. Due to the large number and different typologies of the buildings in Brussels, the case study has been restricted to those of a much defined period and typology. The methodology to create the databases allows, however, the implementation of the formers.

Some assumptions have also been done in the measures for the retrofitting. Only those related with ventilation and heating has been taken into account. As well, in the retrofitting scenarios, not all the possibilities of occupation have been taken into consideration.

Finally, some improvements would be done to the tool in regards to its calibration. Till now, as aforementioned, the scenarios are based on a literature review on the studied building stock, investigated through best practice examples, industry overview and experience with refurbishment specialists. These scenarios will be enriched with the possibility to have reliable data in the behaviour of old mass masonry walls by working in the Energy House of the University of Salford. The data drawn from the 1:1 scale model of an old mass masonry wall house built by the School of Built Environment in a controlled environment, would be include in the tool as to calibrate the validity of the results.

5 CONCLUSIONS

The paper presents a methodology to approach the retrofitting of the built environment by the definition and analysis of the existing dwelling typologies and their components.

By integrating this assessment of the existing built environment with strategies for its retrofitting, the research explores to increase the guaranties of success since the design phase. By addressing the problem from different axes and including the heritage value and identity of the building, the research will provide a retrofitting roadmap for the ancient building stock of Leopold Quarter in Brussels to meet the energy performance of buildings directive standards while preserving its heritage value.

The outcomes of the research will be gathered in a common database that would have the form of a tool. This tool is oriented to the design professionals so they can have an overview of the integrated strategy based in the quantification of the energy efficiency upgrade, cost optimal energy performance and heritage value preservation.

6 ACKNOWLEDGEMENTS

This research is funded by the Brussels Capital Region through the Innoviris Strategic Research Platform 2012 - Brussels Retrofit XL.

REFERENCES

EU. 2010. Parliament, E., *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings*. 2010.

MÜLLER, A.H.y.A., *Economics of deep renovation 2011*. Berlin: Ecofys by order of Eurima - European Insulation Manufacturers Association, 2011.

ECONOMIDOU, M., et al., *Europe's buildings under the microscope*. A Country-by-country review of the energy performance of buildings, 2011: p. 131.

GATERELL, M. and M. MCEVOY, *The impact of climate change uncertainties on the performance of energy efficiency measures applied to dwellings*. Energy and buildings, 2005. 37(9): p. 982-995.

EUROSTAT, *Europe in figures, Eurostat yearbook 2009*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, L.O.f.O.P.o.t.E. Communities, Editor. 2009.

FLIER, A.F.T.y.C.L.v.d., *Replacement or reuse? The choice between demolition and life cycle extension from a sustainable viewpoint*, in *Shrinking Cities, Sprawling Suburbs, Changing Countrysides* Centre for Housing Research, UCD., 2008.

THOMSEN, A. *A paradigm shift or choke? The future of Western European housing stocks*. in *Management and Innovation for a Sustainable Built Environment; MISBE 2011,(June 20-23) CIB International Conference, Amsterdam*. 2011. Delft University of Technology.

Konstantinou, T., *Facade Refurbishment Toolbox. Supporting the Design of Residential Energy Upgrades*. A+ BE| Architecture and the Built Environment, 2014. 4(9): p. 1-420.

APUR, *Amélioration des performances énergétiques du bâti ancien de la Région Bruxelles-Capitale*, A.A.P. d'urbanisme, Editor. Septembre 2013.

3ENCULT. *Project 3ENCULT-Compatible Solutions for improving the energy efficiency of historic buildings in urban areas*. Seventh Framework Programme - Theme [EeB. ENV. 2010.3.2.4-1] 2013.

Comportamento do *software Ecotect* comparado ao *software EnergyPlus*

Juliana Amaral de São José

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Minas Gerais/Juiz de Fora, Brasil
juamaral_arg@yahoo.com.br

Marcos Martins Borges

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Minas Gerais/Juiz de Fora, Brasil
marcos.borges@engenharia.ufjf.br

Eduardo Breviglieri Pereira de Castro

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, Minas Gerais/Juiz de Fora, Brasil
eduardo.castro@ufjf.edu.br

ABSTRACT: The knowledge of the behavior of natural light is necessary to achieve a better performance of the building. The use of simulation softwares as analysis tools aggregates practicability and efficiency to the design process, generating a more favorable position for the understanding of the product. In this scenario, this paper consists an experimental evaluation towards luminic comfort using Ecotect software compared to EnergyPlus software. The first software was chosen because of its ease of interaction with the user and your graphic results, since the second software was chosen because of its accuracy. Like this, the product of each simulation was compared crossing the results obtained by each software. After a battery of analysis it was verified that Ecotect software maintains the level of illuminance anytime of the day, suffering influence only of the kind of sky simulated. On the other hand, insetion of inputs in EnergyPlus software is basically numerical such as its output data. These proceedings demonstrated more clearly the appropriate of the mentioned tools in the design process in the architectural conception and detail.

Keywords: Computer Simulation, Ecotect, EnergyPlus.

RESUMO: O conhecimento do comportamento da luz natural se faz necessário para obtermos um melhor desempenho do edifício. Para tanto, o uso de *softwares* de simulação agrega praticidade e eficiência ao processo projetual, criando uma posição mais favorável ao entendimento do produto. Neste cenário, este trabalho é composto por uma avaliação experimental voltada ao conforto lumínico comparando o desempenho dos *softwares Ecotect* e *EnergyPlus*. A escolha do primeiro *software* se justifica devido à sua facilidade de interação com o usuário e seus resultados gráficos, já a escolha do segundo se justifica pela sua precisão dos resultados. Para isso, foi feito o cruzamento dos resultados obtidos através de cada *software*. Verificou-se que o *software Ecotect* mantém o nível de iluminação para qualquer hora do dia, sofrendo influência apenas do tipo de céu simulado. Em contrapartida, a inserção de dados de entrada no *software EnergyPlus* é basicamente numérica assim como seus dados de saída. Com esses resultados, foi demonstrado mais claramente a adequação das ferramentas no processo de projeto no que diz respeito à iluminação natural na concepção e detalhamento arquitetônicos.

Palavras-chave: Simulação Computacional, *Ecotect*, *EnergyPlus*.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação natural é um elemento presente no espaço natural e no espaço edificado

interferindo diretamente na relação do homem com o meio em que vive. No ambiente construído, a luz natural ajuda a compor suas formas relacionando os elementos edificados com os sentidos humanos, agregando a estes suas percepções e sensações. O uso da iluminação artificial potencializa os níveis de iluminância nas ocasiões às quais a luz natural não atinge níveis satisfatórios de conforto. Entretanto, o uso da iluminação artificial eleva o consumo energético da edificação fazendo com que, se usada inadequadamente, a iluminação artificial gere gastos energéticos desnecessários. Em grande parte, o conforto lumínico da edificação pode ser aprimorado através de decisões preliminares de projeto, evitando o consumo desnecessário de energia.

A necessidade de edificações que possuam baixo consumo energético exige, a cada dia, respostas rápidas e soluções de projeto eficientes. O conhecimento de seu comportamento no ambiente construído levam os arquitetos e engenheiros a buscarem cada vez mais o uso de ferramentas para calcular esse comportamento durante as fases de projeto. O uso de simuladores na elaboração do projeto aperfeiçoa cada vez mais este processo. De maneira simplificada podemos dizer que o uso de *softwares* no processo de projeto está revolucionando a forma de projetar e pensar o funcionamento do espaço. A análise experimental do comportamento da edificação, previamente à sua construção, facilita a inserção de sistemas passivos de iluminação ainda em fase de projeto o que previne o consumo de energia em demasia pela edificação na sua fase de uso.

A compreensão do comportamento da luz, durante o processo de projeto, se faz importante na medida em que o aproveitamento máximo de recursos naturais é um meio eficiente na obtenção de uma maior sustentabilidade das edificações. Essa compreensão se reflete tanto na melhoria da qualidade do espaço interno da edificação, quanto na economia de energia elétrica. Esse conhecimento se faz importante para garantir, tanto ao arquiteto quanto ao futuro usuário, que o resultado obtido em relação ao efetivo funcionamento da edificação seja alcançado. Com este objetivo, a utilização de *softwares* de simulação pode simplificar a tarefa de elaboração de ideias e adequação de técnicas em todas as fases do projeto (CARVALHO, 2009).

Em termos específicos da utilização da luz natural, as diversas formas de simulação e imagens sintetizadas por *softwares* específicos têm contribuído muito no campo da iluminação, facilitando a compreensão de fatores pré e pós projetuais (PUPO, 2007). Entretanto, na maior parte das vezes, o projetista confia nos resultados das simulações para tomar as decisões inerentes ao projeto, sem que se tenha feito uma verificação adequada do resultado alcançado pelas simulações. Essa prática apresenta o risco de estudos tomarem como base o uso de simulações contendo dados imprecisos culminando em soluções de projeto incoerentes com o contexto. Dessa forma, justifica-se um estudo de avaliação do *software* para a verificação da adequação e confiabilidade de seus resultados na prática arquitetônica. Isso garante que a ferramenta possa ser utilizada de forma apropriada. A análise do *software Ecotect* aqui proposta, possui a finalidade de determinar sua melhor aplicabilidade dentro do campo de projeção do edifício, permitindo-lhe mostrar qual a etapa do processo de projeto é mais indicada para seu uso no que se refere às questões de iluminação natural. Para isso, foram feitas simulações utilizando o *softwares Ecotect* e comparadas com simulações feitas no *software EnergyPlus*, que já possui sua eficácia validada. A aproximação dos resultados das simulações em ambos os *softwares* é feita com base em um mesmo objeto de estudo, um ambiente virtual. Foram utilizados dados geográficos e climáticos da cidade de Juiz de Fora, município localizado na zona da mata do estado de Minas Gerais – Brasil.

2 CONDIÇÕES DE CONTORNO

A ferramenta utilizada para a análise de iluminação natural pela empresa líder de mercado no setor de *softwares* elaborados para o atendimento do ato de projetar, a *Autodesk*, é o *software Ecotect Analysis*. Devido a esta penetração entre os profissionais de projeto arquitetônico, levanta-se a questão da adequação e confiabilidade dos resultados obtidos por este código ao ato de projetar. O objetivo deste estudo se apresenta, assim, em determinar qual a etapa melhor indicada para uso do *software*, no que tange as questões de iluminação natural. Para isso, foi estudado o procedimento execução do iluminamento utilizado pela ferramenta, através de simulações no *software* em questão para legitimar o processo e verificar a aplicação dos resultados para um ambiente determinado.

O *software Autodesk Ecotect Analysis* é uma ferramenta computacional desenvolvida pelo *Square One Research Pty Ltd*, escrito e apresentado em uma tese de doutorado do Dr. Andrew Marsh na Faculdade de Arquitetura e Belas Artes na *University Western Australia* (CARDOSO, 2007). Depois desta versão acadêmica, a versão 2.5 se tornou a primeira a ser lançada comercialmente, em 1997. Para Sibilio (2008), o *software* é um líder na indústria da construção permitindo aplicar em um modelo 3D todas as ferramentas para um planejamento energético eficiente e sustentável. A partir de 2009, é comercializado pela empresa *Autodesk* sob o nome de *Autodesk Ecotect Analysis*, e possui uma interface de fácil interação com o usuário. Integrado com os processos de projeto, o *Ecotect* visa auxiliar a tomada de decisões referente às questões que abrangem o conforto ambiental, em qualquer etapa do projeto.

Compatível com o sistema operacional *Windows*, o *Ecotect* possui ferramentas para avaliação do desempenho lumínico, térmico e acústico. Em relação a questões voltadas para o estudo da iluminação de ambientes, o *software* exibe os níveis de iluminação em qualquer ponto do modelo ou sobre um grid de análise. Dessa forma, o *software* torna possível a avaliação da iluminação no interior de um ambiente a partir de uma fonte de luz natural, além de possuir um módulo dedicado ao cálculo de distribuição de luminárias e fornecer a visualização dos vetores de luz. Em termos de visualização realística de resultados, o *software* possibilita a exportação da modelagem 3D e dos dados de materiais para outros *softwares* mais específicos de acabamento de imagem.

Segundo a documentação fornecida pela *Ecotect Community Wiki*, disponível on-line, o *software Ecotect* utiliza o método BRE de Fluxo Dividido para a determinação dos níveis naturais de luz em pontos dentro de um modelo geométrico. Este método se baseia no Fator de Luz do Dia que é a razão entre a iluminância de um ponto específico dentro do modelo para sua correspondente exterior desobstruída (Cardoso, 2007).

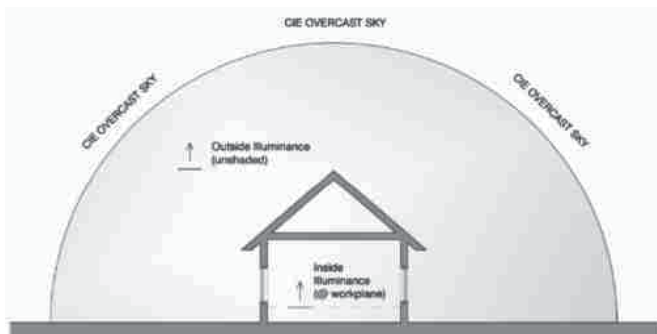


Figure 1. *Daylight Factor Definition*. Sendo: $Daylight\ Factor = Inside\ Illuminance / Outside\ Illuminance \times 100$. Fonte: disponível em: <http://sites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic541048.files/L14.DaylightSimulations.pdf>. Acesso em: 2 maio 2011.

Para Sibilio (2008), o método BRE é baseado no pressuposto de que existem três componentes da luz natural que atinge qualquer ponto dentro de um ambiente, ignorando a luz solar direta. As

componentes são:

- Sky Component (SC): Componente proveniente diretamente do céu, penetrando no ambiente através de uma abertura, como uma janela;
- Externally Reflected Component (ERC): Componente refletida no chão, árvores ou outros edifícios, previamente sua penetração no interior do ambiente;
- Internally Reflected Component (IRC): Componente proveniente da inter-reflexão de uma ou mais superfícies no ambiente.

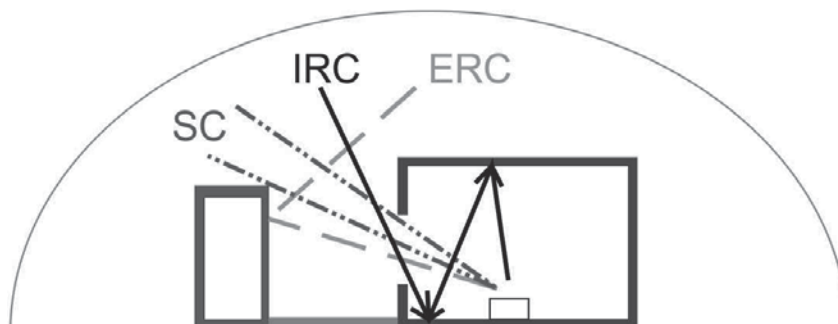


Figure 2. Método de Fluxo dividido da *UK Building Research Establishment (BRE)*. Sendo: $Daylight\ Factor = SC + ERC + IRC$. Fonte: disponível em: <http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic541048.files/L14.DaylightSimulations.pdf>. Acesso em: 2 maio 2011.

Segundo Cardoso (2007) a análise básica de iluminação natural deve utilizar dois tipos céu correspondentes, céu encoberto padrão e céu limpo, seguindo a norma da *Commission Internationale de L'Eclairage (CIE)*. Além disso, os dados geométricos do local tais como latitude, longitude e orientação do edifício, devem ser preenchidos para o alcance dos resultados que podem ser apresentados numericamente ou graficamente.

Em relação ao *EnergyPlus*, é uma ferramenta americana de simulação de carga já aceita no mercado possuindo suas raízes nos programas BLAST e DOE-2 que foram lançados no final dos anos 1970 e 1980 para a análise energética e simulação de carga térmica nas edificações. Foi desenvolvido em conjunto com *U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories (CERL)*, *University of Illinois (UI)*, *Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)*, *Oklahoma State University (OSU)*, *GARD Analytics e Department of Energy (DOE)*. Em relação à iluminação natural, o *software* analisa o iluminamento em ponto específico do modelo e sua interferência no consumo de energia em relação às condições ambientais e os tipos de controle de iluminação e gerenciamento de aberturas em função da disponibilidade de luz natural e ocorrência de ofuscamento (Didoné, 2009).

3 METODOLOGIA

O objeto de estudo é ambiente livre de mobiliário caracterizado pela geometria retangular, um acesso lateral composto por uma porta de dimensões 1,00m x 2,10m disposta na posição fechada nos momentos das simulações e duas janelas a noroeste de dimensões 4,50m x 1,60m / 1,11m e 4,48m x 1,60m / 1,11m (figura 3).

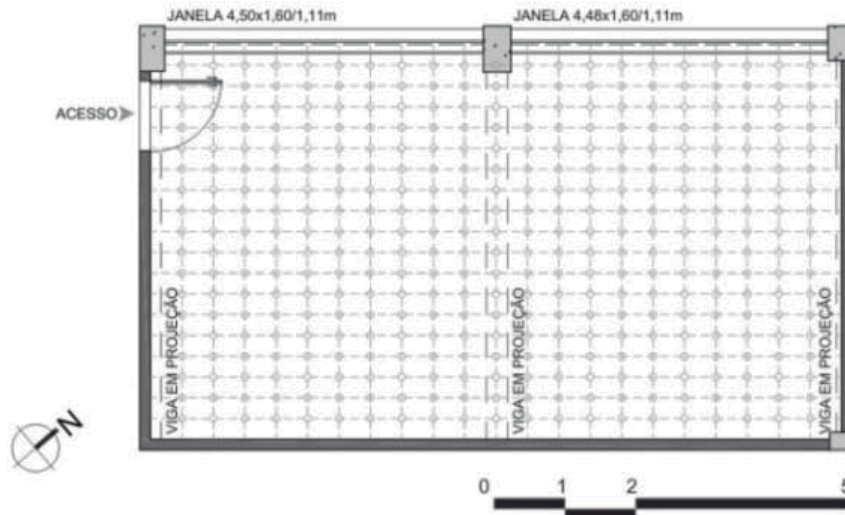


Figure 3. Planta Baixa do modelo virtual utilizado para a produção das simulações.

Para medir o iluminamento no ambiente proposto, segundo norma ABNT (2004), o ambiente foi subdividido em quadrantes no centro dos quais foi levantado o iluminamento para aquela determinada área, como disposto na figura 4. Não sendo objetivo da pesquisa analisar iluminamento sobre plano de trabalho bem como mensurar a interferência de mobiliário no resultado da pesquisa, foi considerado a inserção dos pontos repousados em plano horizontal sobre o piso. As simulações foram feitas para cada intervalo horário no período de 6h às 19h.

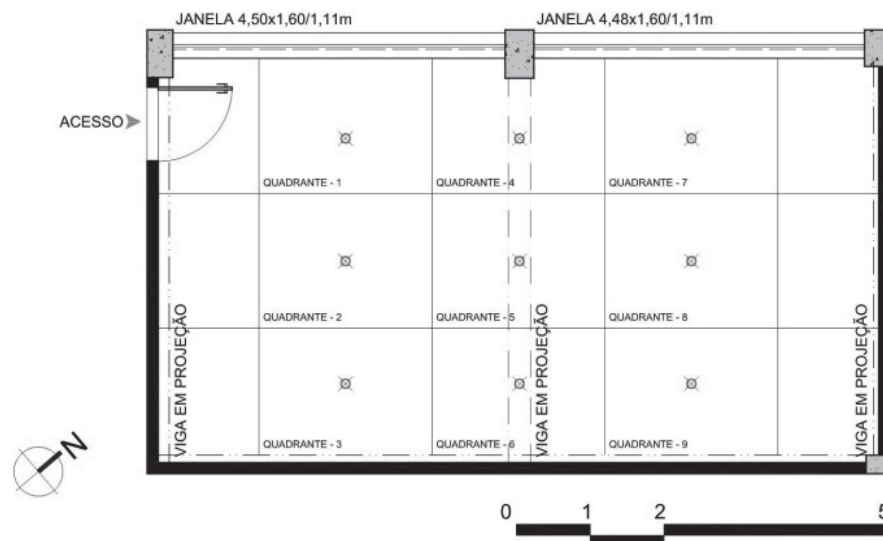


Figure 4. Divisão do ambiente em nove quadrantes com nove pontos centrais aos quais serão atribuídos o iluminamento de acordo com as simulações.

3.1 Construção do modelo virtual no *software Ecotect*

A inserção do objeto de estudo no *software Ecotect* é feito através de uma modelagem virtual executada previamente à simulação. Nela podem ser medidos e testados os melhores elementos que compõem o modelo, tais como a geometria das paredes e suas propriedades de material. Em relação à localização geográfica foram inseridos nos campos destinados para esse fim dentro da interface do *software*, os valores referentes à 21º 77' S, 43º 36' W, altitude de 695m e zona horária de -3. Em relação aos dados climáticos, foram importados arquivos de extensão *.epw contendo dados climáticos da cidade fornecidos pelo Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA) do Departamento de Geociências da Universidade

Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Com o objetivo de simular o iluminamento projetado em um plano horizontal no ambiente, foi modelado uma grelha virtual repousada sobre a superfície do piso, com 21 colunas e 18 linhas, o que configura uma malha com 378 pontos, para que 9 destes coincidam com os 9 pontos determinados pela norma ABNT (2004). A cada ponto o *software Ecotect* apresenta um valor específico em lux, plotando graficamente esse resultado numa escala de tonalidades sobre a superfície da malha e também em cada ponto determinado pela grelha. Para simular a variação de tipos de céu durante o dia, considerando os dois tipos de céu padrão CIE, foi tomado como referência a variação do céu real no dia de simulação, sendo o dia de registro 17 de fevereiro de 2011, Juiz de Fora, Minas Gerais – Brasil.

3.2 Construção do modelo virtual no *software EnergyPlus*

Para simulação no *software Energyplus* foram usados dados numéricos de entrada, inseridos um a um na ferramenta *IDFEditor*, uma interface de entrada de dados do *software* utilizada pelo usuário, que compila esses valores em informação legível ao *software* para sua simulação (figura 5). O modelo foi elaborado a partir da inserção das coordenadas x, y e z de cada vértice do modelo. Considerando a geometria simples do ambiente estudado, foi necessária a inserção de 192 dados cartesianos em campos tabelados na ferramenta *IDFEditor*. Essas informações apenas são demonstradas espacialmente quando é extraído um dos arquivos *outputs*, após a simulação lumínica. Em relação aos dados climáticos, foram utilizados os mesmos dados da cidade de Juiz de Fora inseridos em campos tabelados do *software*. Foram utilizadas as mesmas informações disponibilizadas pelo LabCAA da UFJF, como no *software Ecotect*.

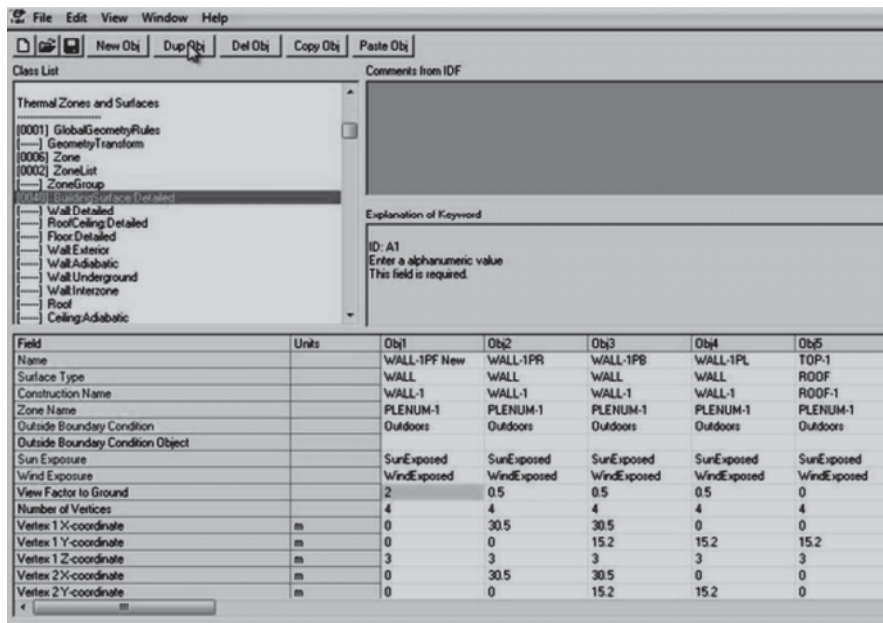


Figure 5. Interface da ferramenta *IDFEditor*, pertencente ao *software EnergyPlus* para entrada de dados.

Para encontrar os pontos de análise de iluminamento, a superfície interna da sala foi dividida em 25 zonas separadas em 5 eixos coordenados em x e 5 eixos coordenados em y. Assim o foco de análise se deu sobre as nove zonas internas, adotando os eixos 1 e 5 de ambas as coordenadas x e y como eixos auxiliares. Os pontos gerados pelo cruzamento dos eixos coincidem com os pontos gerados pela grelha do *software Ecotect* (figura 6).

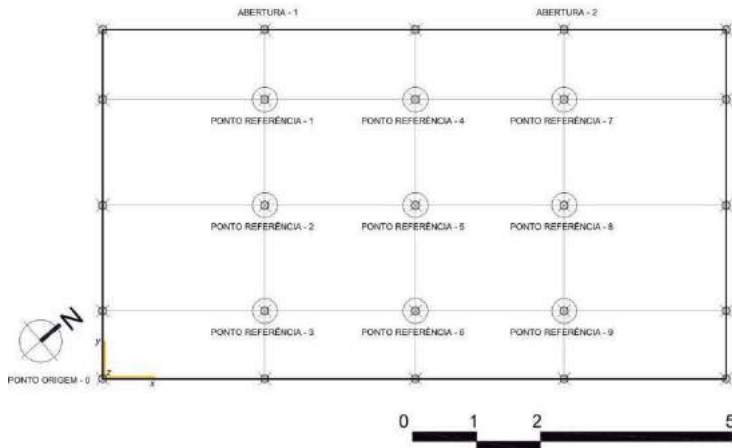


Figure 6. Sala de aula modelada em 3d a partir do software EnergyPlus com os pontos de análise do iluminamento.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Durante a campanha de medições foi registrado a condição de céu encoberto até às 13h, horário em que foi percebida alteração para a condição de céu claro que se manteve até às 16h. Por volta das 18h, novamente foi registrado céu claro. Seguindo esses registros, foram feitas simulações para ambos os tipos de céu respectivamente aos horários demonstrados.

Com base no método BRE de Fluxo Dividido, a figura 7 mostra o resultado apresentado pelo software Ecotect para a cidade de estudo, às 11h com condição de céu encoberto. Na imagem em escala de tons de cinza é perceptível a influência das aberturas na fachada noroeste, bem como a redução do iluminamento próximo à fachada, devido à altura do peitoril. Esse resultado se mantém muito próximo àqueles aferidos sob a mesma condição de céu, independente do horário.

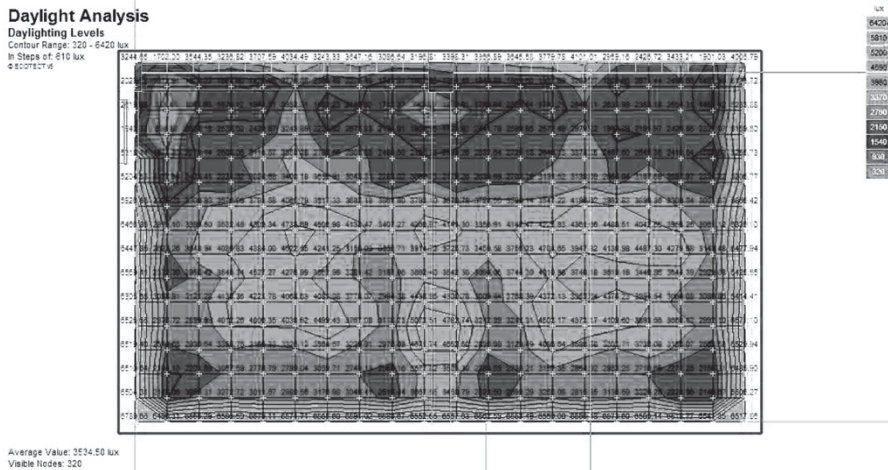


Figure 7. Simulação às 11h com condição do céu encoberto. Escala de cor em lux variando de 320 a 6420+. Simulação proposta para a cidade de Juiz de Fora – MG, Brasil (21° 77' S 43° 36' W).

Entretanto, nota-se uma alteração fundamental entre as simulações considerando os dois tipos de céu. Isso pode ser percebido quando o resultado anterior é comparado ao resultado da simulação sob condição de céu claro (figura 8). Nesse caso, a escala cromática apresenta a intensidade de iluminamento mais amena, sobretudo nos três pontos nodais indicados no centro da sala.

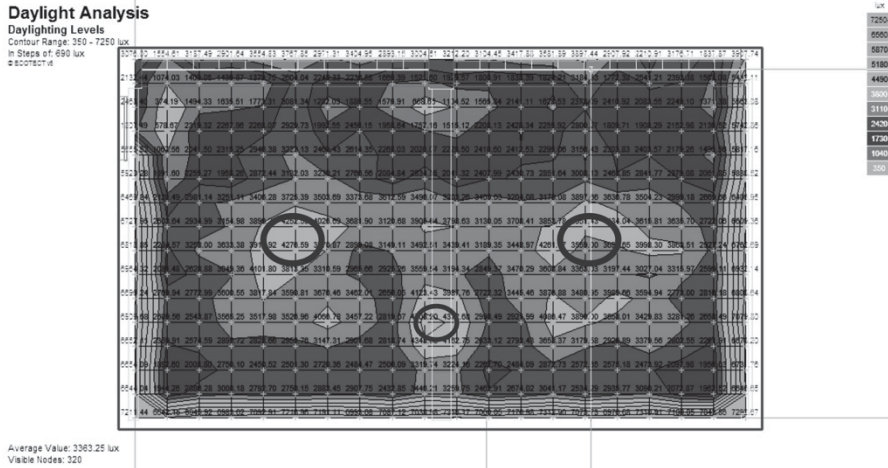


Figure 8. Simulação às 14h com condição do céu limpo. Escala de cor em lux variando de 320 a 6420+. Simulação proposta para a cidade de Juiz de Fora – MG, Brasil (21° 77' S 43° 36' W).

O *software EnergyPlus* apresenta os resultados através de arquivo de saída outputs em formato de texto com extensão *.csv. Desse material, podem-se extrair os valores referentes a cada zona no centro da qual encontra-se o ponto de referência de iluminância estipulado pela norma ABNT (2004). Para a extração desses valores é necessário a transformação do arquivo extensão *.cvs para um arquivo extensão *.xls que auxilia a organização das informações em tabelas ordenadas.

Cruzando os resultados de simulação horária do *software Ecotect* com os resultados de simulação horária do *software EnergyPlus*, temos para o ponto 1 os seguintes valores indicados na figura 9 para céu encoberto e céu claro. Nele é perceptível a diferença de resultados relativos à alteração de céu para o *software Ecotect*.

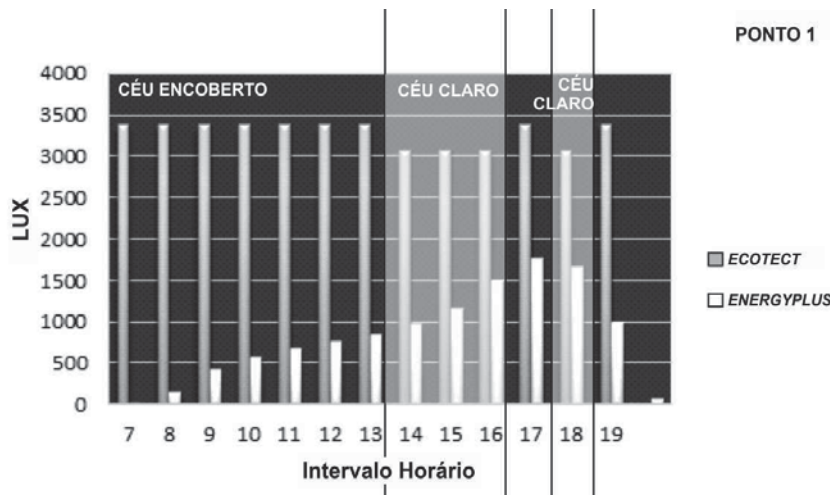


Figura 9. Comparação dos iluminamentos para as simulações utilizando os *softwares Ecotect* e *EnergyPlus* sob condição simultânea de céu claro e encoberto, respeitados os horários de registro

Da mesma maneira, foram agrupados os resultados para todos os nove pontos analisados.

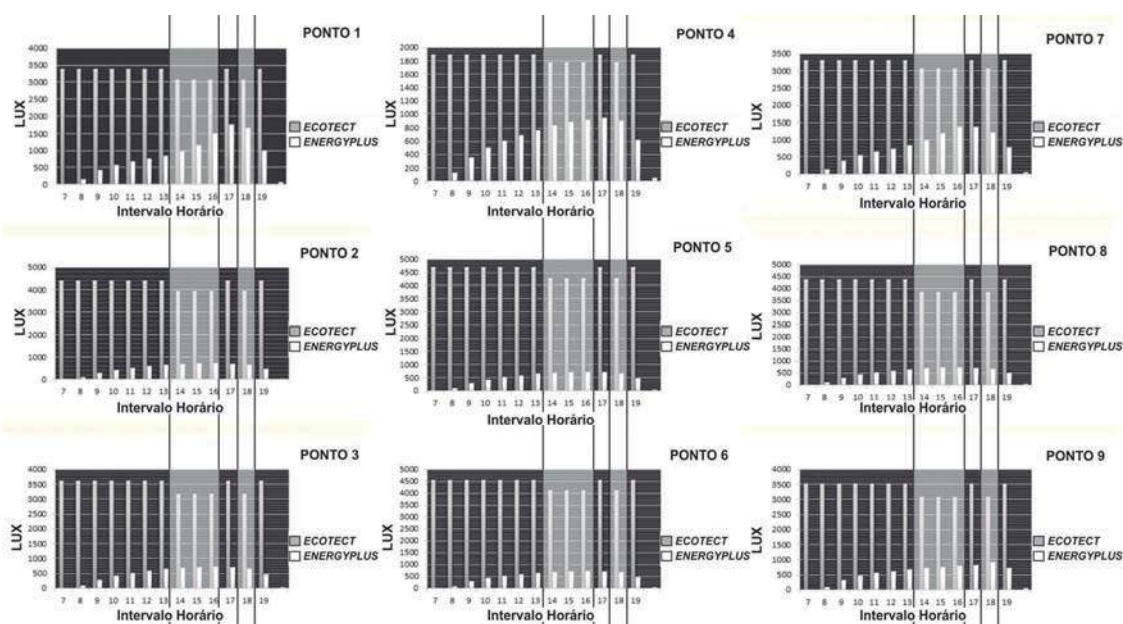


Figura 10. Gráficos agrupados referentes aos nove pontos de análise de iluminação para o modelo proposto. Comparação dos iluminamentos para as simulações utilizando os softwares *Ecotect* e *EnergyPlus* sob condição simultânea de céu claro e encoberto, respeitados os horários de registro.

Ao observar as figuras 9 e 10 resultantes de cada ponto, pode-se notar uma linearidade nos resultados do software *Ecotect*, o que não acontece com os resultados do *Energyplus*. Ao contrário dos resultados do *Ecotect*, as parábolas do *Energyplus* demonstram uma evolução dos valores em Lux que vão crescendo ao longo do dia até atingir seu ponto máximo por volta de 16h, dependendo do ponto analisado. Esse comportamento se assemelha mais com o comportamento de um iluminamento real, em que se percebe uma variação ao longo do dia com valores que crescem a partir das primeiras horas da manhã e decrescem ao entardecer.

5 CONCLUSÃO

No software *Ecotect*, o manuseio do objeto e sua visualização prévia à simulação acontecem através de uma interface clara e autoexplicativa. Essa trababilidade e experimentação de formas são aspectos que acontecem de maneira dificultada no software *EnergyPlus*. Neste software é necessário que se tenha uma forma já estabelecida para que se possa fragmentá-la em dados numéricos que serão convertidos em *inputs*. No atual estágio de desenvolvimento do software *EnergyPlus*, foi lançado um suite de aplicativos chamado *OpenStudio Plug-in* criado pelo *National Renewable Energy Laboratory* do *U.S. Department of Energy* permitindo a realização de simulação energética feita pelo software *EnergyPlus* dentro da plataforma do software de modelagem 3D *SketchUp*. O *Plug-in* facilita a modelagem geométrica do modelo de estudo e permite aos usuários criar rapidamente e editar a geometria do edifício, fornecendo-o como arquivo de entrada para as simulações no *EnergyPlus*, sem que precise sair da plataforma *SketchUp*. Porém, apesar da aparente facilidade de uso, os criadores do *Plug-in* recomendam que o usuário já tenha experiência no uso do *EnergyPlus*. Eles alertam que o *OpenStudio* ainda não consegue trabalhar com todos os objetos de entrada e a edição de alguns arquivos pode ser necessária fora do *SketchUp*, podendo ser necessário o uso de ferramentas editores de texto ou mesmo o *IDF Editor* (ENERGY, 2015).

Em relação aos *outputs*, o software *Ecotect* exhibe os níveis de iluminação em qualquer ponto do modelo ou sobre um grid de análise. Dessa forma, o software torna possível a avaliação da iluminação no interior de um ambiente a partir de uma fonte de luz natural. Em termos de visualização realística de resultados, o software *Ecotect* possibilita a exportação do modelo 3D e dos

dados de materiais para outros *softwares* mais específicos de acabamento de imagem. Os resultados gráficos do comportamento da iluminação natural unidos à facilidade de trabalho do modelo levam a crer que o *Ecotect* nos oferece resultados interessantes para a fase de concepção inicial do projeto. Se considerarmos que a maior parte das decisões que afetam o consumo energético de uma edificação ocorre na elaboração dos desenhos preliminares (BROW, 2004) e que as informações devem ser apresentadas na forma que sejam úteis ao projetista, o *software Ecotect* pode fazer a diferença na qualidade da edificação, sobretudo nas fases de preliminares de projeto.

Em contrapartida, o *software EnergyPlus* produz os níveis de iluminamento referente a cada hora do dia, com maior ou menor intensidade. Isso não é visto no *software Ecotect*. Nele a diferença se dá entre as alterações do tipo de céu. Esse resultado nos revela que, apesar do *Ecotect* demonstrar claramente a distribuição do iluminamento no ambiente, ou seja, qual área é mais ou menos iluminada, a precisão no iluminamento nos pontos especificados é pequena, frente à divergência com os resultados de um *software* validado. O *software Ecotect* considera a luminosidade proveniente da abóbada celeste uniforme, independente da hora do dia. De maneira conservadora pode-se dizer que o cálculo é efetuado considerando-se o pior caso para as condições de projeto, ou seja, a média de distribuição de luminâncias do céu limpo e do céu encoberto no inverno. Logo, o *software Ecotect* dá diretrizes iniciais do reflexo do iluminamento no modelo proposto, mas se quisermos investigar com precisão o nível de iluminamento que será obtido, é necessário transferir o arquivo gerado para outros *softwares* mais precisos. Pode-se concluir que na fase inicial, na qual os arquitetos buscam soluções formais para o seu projeto, o *software Ecotect* atende à demanda de conhecimento da relação de causa e efeito entre o objeto projetado e a iluminação natural. Por outro lado, o *software EnergyPlus* requer informações mais detalhadas quanto à forma e materiais utilizados no projeto, para desenvolver um estudo mais preciso quanto à intensidade do iluminamento, sendo muito útil nas fases avançadas do projeto.

BIBLIOGRAFIA

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.215-4 Iluminação Natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2004.

BROW, G.Z.; DEKAY, M. Sol, Vento & Luz Estratégias para o Projeto de Arquitetura. Trad. Alexandre F. S. Salvaterra. 2. Ed. Artmed. Porto Alegre, 2004.

CARDOSO, C.; ALMEIDA, M; BRAGANÇA, L. Natural illumination availability in Ponte da Pedra apartment block – a case study. In: Portugal SB07. Sustainable Construction, Materials and Practices. Portugal, 2007.

CARVALHO, C. R. Avaliação do programa APOLUX segundo protocolos do relatório CIE 171:2006 referentes a iluminação natural. Florianópolis, 2009. Tese - Universidade Federal de Santa Catarina.

DIDONÉ, Evelise Leite. A influência da luz natural na avaliação da eficiência energética de edifícios contemporâneos de escritórios em Florianópolis/SC. Florianópolis, 2009. Tese - Universidade Federal de Santa Catarina.

ENERGY, U.S. Department of. *Energy Efficiency & Renewable Energy*. Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/openstudio.cfm>>. Acesso em: 17 març. 2015.

PUPPO, R. T.; SCARAZZATO, P. S.; DELBIM, S. Metodologia para a escolha de programas de simulação de iluminação artificial em ambientes, através de análise e comparação de softwares. In: IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, 2007.

SIBILIO, Sergio, FALCONETTI, Pasquale; MAFFEI, Luigi. 475: Daylighting design for low energy buildings in south Italy. In: 25 th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Dublin, 2008.

Assessing the energy saving potential of semi-transparent photovoltaic elements for building integration

Lorenzo Olivieri

Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

lorenzo.olivieri@ies-def.upm.es

Estefanía Caamaño Martín

Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

estefan@ies-def.upm.es

Francisco José Moralejo Vázquez

Centro de Investigaciones Energéticas, MedioAmbientales y Tecnológicas, Madrid, Spain

franciscojose.moralejo@ciemat.es

Nuria Martín Chivelet

Centro de Investigaciones Energéticas, MedioAmbientales y Tecnológicas, Madrid, Spain

nuria.martin@ciemat.es

Francesca Olivieri

Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

francesca.olivieri@upm.es

Javier Neila

Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain

fjavier.neila@upm.es

ABSTRACT: Within the Building Integrated Photovoltaics (BIPV) systems, the use of semi-transparent photovoltaic (STPV) elements presents a promising energy saving potential based on the close relationship existing between these multifunctional systems and the overall building energy balance. This work analyses the global energy performance (heating, cooling and lighting loads as well as the electricity generation) of five double glazing STPV elements over different window-to-wall ratios. Each element has a specific degree of transparency in order to assess the energy saving potential compared to a conventional code-compliant glass. Based on detailed spectral data experimentally undertaken and carried out using a package of specific software tools, the dynamic simulations show that the energy saving potential provided by the STPV solutions could reach up to 59% compared to the solar control reference glass. Furthermore, the importance of a proper selection of the system degree of transparency has been shown.

1 INTRODUCTION

To minimize the final energy demand of buildings, it is firstly necessary to cut down the energy demand needed to guarantee thermal and lighting comfort and then to cover the residual demand using local efficient energy systems (European Commission, 2010). In this sense, Building Integrated Photovoltaics (BIPV) is one of the most promising technologies enabling buildings to generate part of their electricity needs while performing one or several architectural functionalities (Mathew et al., 2012; Pagliaro et al., 2010). To this day, the relationship between façade design and building energy performance has been widely investigated (Bodart and De Herde, 2002; Denton et al., 2007; Hien et al., 2005; Iqbal and Al-Homoud, 2007), due to the important role played by the glazing elements in the building envelope to reduce energy demands in terms of heating, cooling and lighting loads. If the state-of-art best performing commercial fenestration products and future research opportunities have been extensively

studied (Chow et al., 2010, 2009; Gil-Lopez and Gimenez-Molina, 2013), an innovative and emerging technology consisting of using semi-transparent photovoltaic (STPV) modules integrated in façades has not been appropriately studied yet (Olivieri et al., 2014).

The lack of knowledge about STPV solutions in terms of global energy performance is particularly emphasised in view of the fact that the active building envelope is required to perform multiple (and sometimes opposed) requirements such as: solar shading in summer to avoid overheating, solar gains and thermal insulation in winter to reduce heat loads, daylighting provision to reduce lighting loads, outside view allowance to the occupants and maximum electrical output supply. Thus, to improve the building overall energy efficiency, the achievement of a balance between these functionalities is required. Nevertheless, to date, researches on the multi-functional effect of STPV solutions on the building energy balance are limited (Bahaj et al., 2008; Crawley et al., 2001; Miyazaki et al., 2005; Ng et al., 2013; Song et al., 2008; Wong et al., 2008).

While recent years have seen an increasing number of building energy codes and standards focused to improve the energy efficiency of the construction sector (Asdrubali et al., 2008), at present a specific standard that considers PV elements as constructive components is just starting to emerge (CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization, 2012). In the specific case of glazing products, useful tools that enable designers to adopt energy effective project solutions, i.e. the integration of simulation software with reliable and detailed optical data like the International Glazing Database (IGDB) (LBNL, 2014a) or the newer Complex Glazing Database (CGDB) (LBNL, 2014b) are being improved constantly, but STPV elements are still not properly considered.

Consequently, it is worth considering the performance of innovative STPV solutions in comparison with well-established constructive elements, to realistically assess the energy saving potential that STPV solutions might provide. In this work the overall energy performance of five BIPV double glazing elements is evaluated in a specific location, Madrid (latitude 40.45° N, longitude 3.71° W, altitude 664 m) whose main climatic characteristics are typical of the Mediterranean Basin ("dry-summer subtropical" climate classified as Csa according to Köppen climate classification) (Köppen, 1936). Each element corresponds to a specific degree of transparency moving from 0 (opaque element) to 40 (highest degree, visible transmittance value of approximately 0.4) to cover a transparency range representative of the market (Cerón et al., 2013; Mathew et al., 2012). Prior to performing the comparative analysis, the elements have been experimentally characterized in order to obtain the spectral data necessary to run reliable simulations, based on the most advanced window modelling method that uses fully characterized spectral properties (Lyons et al., 2010).

Due to the multifunctional role that STPV elements play in the building envelope, which affects heating, cooling and lighting loads, as well as power generation, a set of specific simulation tools has been used to correctly characterize the behaviour of each element. To simplify the understanding of the study, the simulations have been applied to a typical office space.

To assess the energy saving potential of STPV solutions, their performances have been compared, over different window-to-wall ratios (WWRs), with a solar control double glass compliant with the Spanish Technical Building Code (CTE, 2013) in terms of U and g values. The glazing solution considered has been taken as the reference case because it represents the standard required for all the buildings, so supposedly the most common solution in the real world. In addition, in order to establish the importance of the transparency degree on the building energy balance, all STPV elements have been compared with each other.

2 OPTICAL CHARACTERIZATION

The basic optical properties required to evaluate the thermal and daylighting performance of STPV multifunctional elements are their spectral reflectance and transmittance, according to

EN12898:2001 and EN410:2011 standards on glass in building (EN 12898, 2001; EN 410, 2011). It is worth mentioning that detailed spectral data are not normally available in the technical specifications of glazing systems, where only global characteristics as U-value, g-value as well as visible transmittance are specified by the manufacturers. In this sense, the IGDB (LBNL, 2014a) is a valuable source of information to perform accurate energy performance calculations of conventional glazing solutions, but unfortunately PV industry products designed for building applications such as STPV elements are not yet included in the database. Consequently, in order to perform accurate energy performance assessments, it has been considered necessary to determine experimentally the optical characteristics of the STPV elements considered in this study. In this section the optical characterization process of the STPV elements, which are named 0, 10, 20, 30, 40 corresponding to the visible transmittance approximated value (Table 1), is described.

Table 1. Characteristics of the glazing elements analysed. The nomenclature used to define the STPV elements refers to the approximated value of the visible transmittance. RG refers to Reference Glass.

Element	Tvis	Rvis_f	Rvis_b	Tsol	Rsol_f	Rsol_b	g_val	U_val	STC Power density
								W/m ² K	W/m ²
0	0.003	0.077	0.582	0.002	0.168	0.464	0.145	2.783	61.95
10	0.101	0.081	0.513	0.077	0.148	0.410	0.216	2.783	44.25
20	0.158	0.085	0.469	0.120	0.157	0.373	0.253	2.783	37.93
30	0.249	0.090	0.386	0.186	0.144	0.313	0.316	2.783	31.60
40	0.324	0.100	0.337	0.242	0.141	0.273	0.367	2.783	25.28
RG	0.461	0.189	0.229	0.382	0.189	0.170	0.473	2.783	-

2.1 Experimental setup

In order to perform the optical characterization of the different elements considered an UV/Vis/NIR spectrophotometer equipped with an integrating sphere has been used. The system consists of a PerkinElmer® Lambda 900 spectrophotometer fitted with a Labsphere® Inc. 150 mm integrating sphere. This integrating sphere houses two detectors, a PbS detector for the UV/Vis region and an InGaAs detector for the NIR range. The advantage of using an integrating sphere with large enough entrance ports is the capacity to capture not only the primary reflected or transmitted beam but also enough secondary beams due to back reflectance and multiple reflections inside the complex samples with different layers, i.e. these ports are converted in the effective sense area of the detector.

2.2 Experimental results

Measurements were performed in the wavelength range 0.3 – 2.5 μm to completely cover the solar energy range. Total hemispherical spectral transmittances on the front side and reflectances on the front and back sides were measured at normal incidence for all STPV elements. In the Figures 1-3, in which the samples are named in accordance with Table 1, the results are shown. In the case of the Reference Glass (RG), the spectral data defined in the IGDB were used.

Figure 1 shows the measured total hemispherical transmittance spectra for the six glazing samples. The curves show an increase of the spectral transmittance with the transparency degree of the samples, being the transmittance in the opaque sample practically negligible in all the spectral range. Besides, the spectral dependence of the rest of STPV glazings has a similar shape, which is different from that of the RG. In the UV and visible ranges the active material of the STPV elements absorbs part of the received radiation. As a result, the visible transmittance is modified in reference to a conventional glass, and it is shifted towards the red colour. In the NIR region, the STPV samples have a low transmittance compared to the RG and reduce the

incoming near infrared radiation into the building.

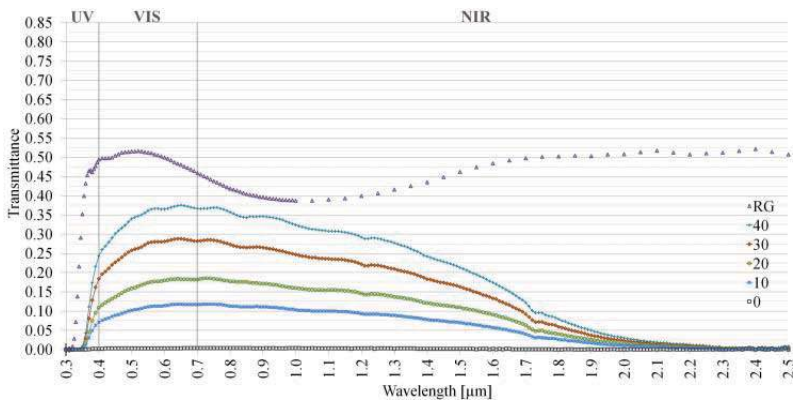


Figure 1. Total hemispherical spectral transmittance of the glazing elements analysed.

The measured total hemispherical reflectance spectra of the front surface for the six glazing samples are represented in Figure 2. In order to minimize the reflection losses, the frontal reflectance of the STPV elements shows a flat behaviour with a low value (around 7.5% in all the samples), for almost all the wavelengths in the a-Si spectral response range. Furthermore, the front reflectance in the NIR region exhibits an oscillating shape, different to the one of the RG, but in the same order of values. Besides, in the range 1.9 - 2.5 μm , the reflectance of the STPV elements grows monotonically, whereas the RG presents a constant value close to 15%.

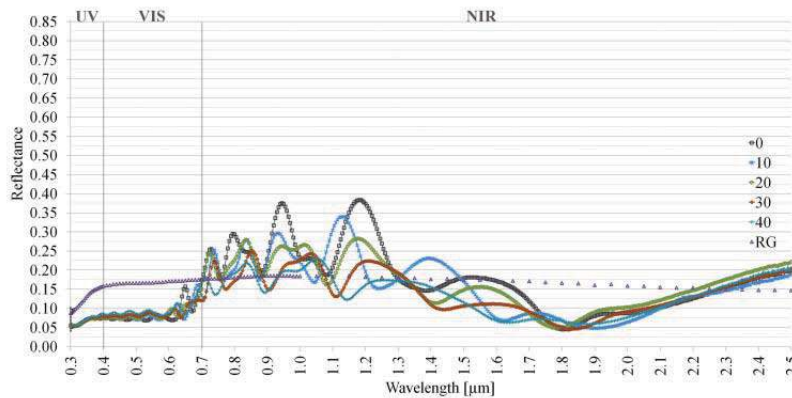


Figure 2. Total hemispherical front side spectral reflectance of the glazing elements analysed

In Figure 3, the measured total hemispherical backside reflectance spectra for the six glazing samples are represented. The obtained curves show a gradual decrease in reflectance with the transparency degree increase. The spectral dependence of the STPV glazing has a similar shape, which is different from the RG. High reflectance of the rear glass and the metallic back contact of the PV cells in the visible and NIR regions provide high total reflectance to the STPV elements. In this regard it is striking that the back side design of PV elements, traditionally deemed to be of secondary importance by PV manufacturers in conventional applications focused on maximizing electricity output, should play a key role in improving both the energy performance and the aesthetics quality of STPV solutions where the PV elements replace traditional construction components in the building envelope.

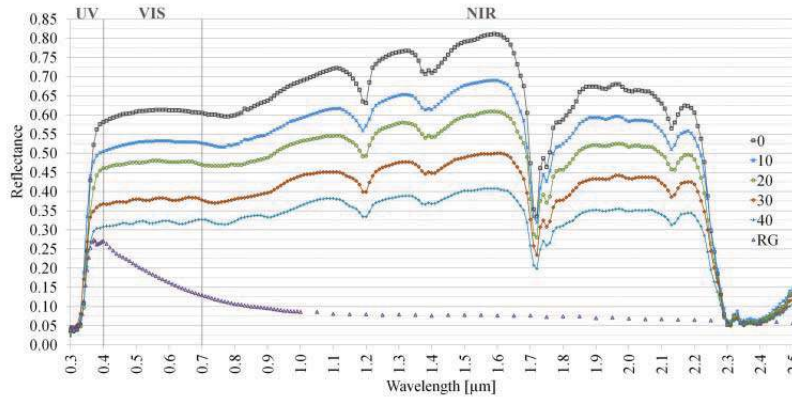


Figure 3. Total hemispherical back side spectral reflectance of the glazing elements analysed

In summary, it must therefore be concluded that the PV layer of the STPV elements, including the active material and the back contact, define the transmittance and the back reflectance, whereas the front glass anti-reflection treatment has a big influence on the frontal reflectance.

3 OVERALL PERFORMANCE SIMULATION METHODOLOGY

Due to the multifunctional role that STPV plays in the building envelope a set of simulation tools has been used to correctly characterize the behaviour of each element. This is due primarily to the fact that none of the existing simulation tools, if used in a stand-alone manner, is capable of properly taking into account all the effects (heating, cooling and lighting loads, visual comfort and power generation) of STPV integration on the building energy balance (IEA, 2012). To perform the simulation a model of a reference office space was considered because the façade integration of STPV elements is particularly interesting in commercial buildings, having greater energy saving potential than residential premises (high vertical surfaces available, occupied during daytime and characterised by elevated lighting and internal loads, that daylight utilization may contribute to reduce) [(Bodart and De Herde, 2002; Dubois and Blomsterberg, 2011).

3.1 Reference building

The reference building (van Dijk, 2001a, 2001b) is in a middle-size office building with office modules aligned on two façades, separated by a central corridor. The building is supposed to be located in Madrid, and has an unshaded, south-facing façade with a WWR of 44%. To properly assess the daylighting potential of the glazing materials, the space was simulated assuming the most sophisticated lighting control model: a continuous lighting control dims continuously the artificial light output as the daylight illuminance fluctuates and switch off completely when the minimum dimming point (the target work plane illuminance of 500 lx) is reached. In such way the daylighting energy saving potential is taken into account as a reduction of the artificial lighting load. The lighting power density in the office is 8 W/m² and the space is occupied on weekdays from 8 AM to 7 PM.

3.2 Thermal simulation

All thermal simulations were carried out using the EnergyPlus-based DesignBuilder software. For the simulation, it was assumed that the space is bordered on five sides by similar spaces, therefore interior walls, floors and ceilings were modelled adiabatically. The exterior wall has a U-value of 0.66 W/m²K, according to the limit established in the Spanish Technical Building Code for the corresponding climatic zone (CTE, 2013). The space is conditioned by means of a fan-coil unit coupled to a reversible heat pump system. To convert the thermal loads to electricity consumptions, the program default data of the coefficient of performance (1.67 both in heating and cooling mode) are used (Reinhart and Wienold, 2011). Heating and cooling setpoint and

setback temperatures are 20 °C/12 °C and 26 °C/28 °C respectively being typical values normally used in HVAC applications. The experimentally measured spectral properties of the elements presented in section 2 were included in the model to assess the expected performance of the façade-integrated systems. Climate EnergyPlus weather data for Madrid were used to perform the simulation.

3.3 Electrical simulation

To estimate the photovoltaic electricity generation, PVSyst software was used. A base-case grid-connected photovoltaic system was defined, consisting of 5 modules (4 m² available area, corresponding to a WWR=44%) and an appropriate commercial inverter. The electrical characteristics of the STPV elements and of the inverter were imported from the Photon International database [(Photon International, 2014a, 2014b)] and five systems were simulated. Then, in order to estimate the electricity output corresponding to different WWRs, the base case output corresponding to the five different transparency degrees considered (see Table 1) was adjusted by means of linear interpolation based on the available area in each case.

3.4 Integrated energy balance

To assess the overall energy performance of the glazing elements analysed (Table 1), the heating, cooling, lighting loads as well as the photovoltaic generation were calculated on an annual basis using hourly time step simulation. The parameter proposed to evaluate the annual energy performance of the glazing elements, named Energy Balance Index (*EBI*), represents the building energy balance in terms of electricity and is calculated as shown in equation (1):

$$EBI = CED + HED + LED + PEG \quad [\text{kWh/m}^2] \quad (1)$$

where *CED* is the annual cooling energy demand, *HED* is the annual heating energy demand, *LED* is the annual lighting energy demand and *PEG* is the annual photovoltaic energy generation. Notice that the values corresponding to energy demand, i.e. *CED*, *HED*, and *LED* are positive whereas the energy generation value *PEG* is negative. All the values are expressed in kWh and normalized to the net space floor area. To determinate the energy demand and generation values used to calculate the *EBI*, all the boundary conditions regarding the model characteristics (envelope properties, HVAC systems, internal gains, occupation schedules, etc.) are kept constant (assuming the values described in section 3.1-3.3) and only the WWR and the STPV elements are modified, precisely to highlight the effect of these parameters over the space energy balance. Thus the *EBI*, which is an indicator of the building energy performance, is used here as an indicator of the different façade STPV systems global performance, since the remaining building characteristics are invariant throughout the research. According to equation (1), the lower the value of the *EBI*, the more effective the glazing element is in an annual energy performance basis. In this sense, the parameter allows estimating how close the building performance to the net zero energy balance is.

4 RESULTS AND DISCUSSION

To evaluate the glazing material performance, the annual *EBI* has been calculated for the six glazing elements. As an example in Figure 4 the results corresponding to the base case with a WWR=44% are shown. Graphs (a) and (b) show the annual *EBI* as a function of glazing material, with the difference that in (a) all the components of the energy balance are reported, while (b) represents only the annual net *EBI* values. By looking at the (a) graph it can be noted that increasing the transparency degree of the glazing material: i) the cooling demand increases, ii) the lighting demand decreases and iii) the PV generation decreases (obviously when only STPV elements are analysed). Concerning the heating demand it can be noted that, in the specific case analysed (building located in Madrid, south-oriented and with the entire envelope modelled as

adiabatic with the exception of the *façade*), it can be considered negligible. By looking at graph (b), it may be observed that the element 20 outperforms the other solutions (lower *EBI* value) because it combines good annual values in daylighting supply, solar shading and electricity generation. Nevertheless it can be noted that for elements 10, 20 and 30 (visible transmittance ranging between 10% and 25%) the energy balance components vary appreciably (Fig. 4 (a)) but the overall energy performance is almost constant (Fig. 4 (b)). However, it is important to point out that all the STPV elements improve the building energy efficiency compared to the RG solution, providing a *EBI* reduction ranging between 22% (element 40) and 32% (element 20).

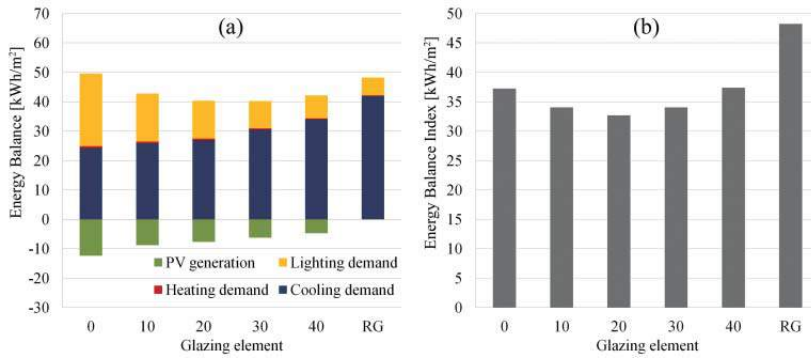


Figure 4. Annual energy balance as a function of the glazing material in the case of the original reference office (WWR=44%). Graph (a) represents all the components involved in the balance, reporting as positive the energy consumption and as negative the energy generation. Graph (b) reports the net Energy Balance Index (*EBI*) values.

To evaluate not only the glazing material performance but also the effect of the *façade* openings dimensions, the *EBI* has been calculated for a wide WWR range, moving from 11% to 88%, as shown in Figure 5. Furthermore the energy saving potential of the most efficient STPV solution respect the RG is computed and indicated as $\nabla(EBI)$. As shown, for $WWR \leq 22\%$, the energy behaviour of all the elements is quite similar, being the saving potential provided by the best performing STPV solution compared to the RG lower than 6% (Fig. 5 (b)). For $WWR \geq 33\%$, the energy saving potential increases significantly and ranges between 18.2% (WWR=33%, Fig. 5 (c)) and 59.1% (WWR=88%, Fig. 5 (h)). Regarding the original reference office (WWR=44%), approximately one third of the energy demand could be saved using the glazing element 20 instead of the RG (Fig. 5 (d)).

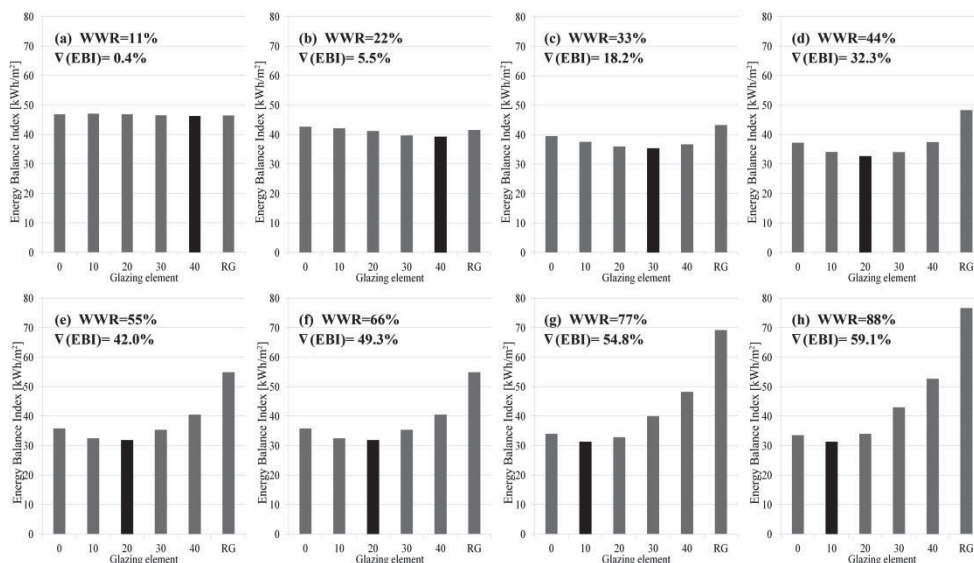


Figure 5. Energy Balance Index as a glazing element function for WWR ranging from 11% to 88%. The glazing element which minimizes the *EBI* for each WWR is black-marked and the *EBI* percentage difference between the best solution and the RG is included.

Another point to consider when examining the glazing elements performance is to compare the STPV optimum solution not only with the RG, but also with the other STPV elements, in order to investigate the relevance of choosing an appropriate degree of transparency over the building energy balance. As can be seen, for WWR up to 33% the energy behaviour of the five active elements is quite similar, with a maximum *EBI* difference between the most efficient (element 30) and the least efficient (element 0) of about 10.5%. For intermediate values of the WWR (44%-55%), element 20 outperforms other solutions and the STPV elements performance begins to differ significantly, being the maximum *EBI* difference between the most and the least efficient element (element 40) of about 21.3%. For $WWR \geq 66\%$, element 10 seems to be the best solution, providing the lowest *EBI* value. In this case, choosing a suitable degree of transparency is crucial, since the maximum energy balance difference between the best and worst solution (element 40) rises up to 40.5%.

5 CONCLUSIONS

In this study, an integral energy simulation methodology of STPV elements, covering thermal, lighting and electrical performance has been proposed. To carry out the simulations, the glazing solutions have been previously experimentally characterized, using a spectrophotometer system coupled with an integrating sphere. The measures have allowed identifying the spectral transmittance (front) and reflectance (front and back) of the samples, necessary input data to perform detailed and reliable simulations. To complete the simulations, a reference building has been considered and a package composed of a range of specific software tools has been used. To assess the overall energy performance of the glazing elements, a parameter called Energy Balance Index (*EBI*) that takes into account annual heating, cooling and lighting loads, as well as the electricity generation has been defined. This parameter is a useful indicator of the overall building energy performance and allows assessing the energy performance of STPV façade systems.

Five different commercial STPV elements representative of the current market (visible transmittance between 0% and 32%) have been analysed together with a reference glass complying with the local building regulations from Spain (location Madrid). Comparing the performance of the STPV elements it might be concluded that:

- For small façade openings ($WWR \leq 22\%$) the energy saving potential provided by the best performing STPV solution compared to the RG is lower than 5.5%, so probably in this case it would not be worth implementing the STPV solution;
- For intermediate and large façade openings ($WWR \geq 33\%$), the STPV solutions provide a promising energy saving potential, ranging between 18% ($WWR=33\%$) and 59% ($WWR=88\%$) compared to the RG.

Comparing the performance of the STPV elements between them, in order to point out the degree of transparency effect and the importance of an adequate selection of this parameter, we can conclude that:

- For relative small façade openings ($WWR \leq 33\%$) the energy performance of all STPV elements is reasonably similar, with a maximum *EBI* difference between elements of about 10%;
- For intermediate façade openings ($33\% < WWR < 66\%$) the second less transparent STPV element (visible transmittance of 16%) outperforms the other solutions being about 25% more efficient than the least efficient STPV element (visible transmittance of 32%);
- For large façade openings ($WWR \geq 66\%$), the less transparent STPV element (visible transmittance of 10%) provides the most efficient energy balance and in this case the performance of the different glazing material diverges drastically, rising up to 68% the

difference between the best and the worst STPV solution (most transparent element, visible transmittance of 32%).

In summary it has been shown that the use of active photovoltaic glazing systems can significantly contribute to reduce the building energy demand. Moreover, it has been shown that a rigorous analysis methodology based on the STPV optical characterization and on the utilization of complementary software tools:

- Is an adequate approach in order to properly and realistically quantify the STPV elements potentiality, as well as provide guidance on optimisation possibilities of these elements;
- Is hardly applicable in the real world due to the time consumption required.

On that score, a more integrated workflow would be required, both in terms of detailed optical data accessibility and simulation software interoperability, to encourage STPV elements use in the building sector.

REFERENCES

Asdrubali, F., Bonaut, M., Battisti, M., Venegas, M., 2008. Comparative study of energy regulations for buildings in Italy and Spain. *Energy Build.* 40, 1805–1815.

Bahaj, A.S., James, P.A.B., Jentsch, M.F., 2008. Potential of emerging glazing technologies for highly glazed buildings in hot arid climates. *Energy Build.* 40, 720–731.

Bodart, M., De Herde, A., 2002. Global energy savings in offices buildings by the use of daylighting. *Energy Build.* 34, 421–429.

CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization, 2012. Photovoltaics in buildings - DRAFT prEN 50583.

Cerón, I., Caamaño-Martín, E., Neila, F.J., 2013. “State-of-the-art” of building integrated photovoltaic products. *Renew. Energy* 58, 127–133.

Chow, T., Li, C., Lin, Z., 2010. Innovative solar windows for cooling-demand climate. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 94, 212–220.

Chow, T.-T., Qiu, Z., Li, C., 2009. Potential application of “see-through” solar cells in ventilated glazing in Hong Kong. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 93, 230–238.

Crawley, D.B., Lawrie, L.K., Winkelmann, F.C., Buhl, W.F., Huang, Y.J., Pedersen, C.O., Strand, R.K., Liesen, R.J., Fisher, D.E., Witte, M.J., Glazer, J., 2001. EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. *Energy Build.* 33, 319–331.

CTE, 2013. Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, BOE 12/09/13, Madrid, Spain; 2013.

Denton, J.C., Rakopoulos, C.D., Tsatsaronis, G., Frangopoulos, C.A., Stegou-Sagia, A., Antonopoulos, K., Angelopoulou, C., Kotsiovelos, G., 2007. The impact of glazing on energy consumption and comfort. *Energy Convers. Manag.* 48, 2844–2852.

Dubois, M.-C., Blomsterberg, Å., 2011. Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review. *Energy Build.* 43, 2572–2582.

EN 12898, 2001. Glass in building. Determination of the emissivity.

EN 410, 2011. Glass in building. Determination of luminous and solar characteristics of glazing.

European Commission, 2010. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.

- Gil-Lopez, T., Gimenez-Molina, C., 2013. Influence of double glazing with a circulating water chamber on the thermal energy savings in buildings. *Energy Build.* 56, 56–65.
- Hien, W.N., Liping, W., Chandra, A.N., Pandey, A.R., Xiaolin, W., 2005. Effects of double glazed facade on energy consumption, thermal comfort and condensation for a typical office building in Singapore. *Energy Build.* 37, 563–572.
- IEA, 2012. *Solar Energy and Architecture Methods and Tools for Solar Design Report T.41.B.3 Solar Design of Buildings for Architects: Review of Solar Design Tools.*
- Iqbal, I., Al-Homoud, M.S., 2007. Parametric analysis of alternative energy conservation measures in an office building in hot and humid climate. *Build. Environ.* 42, 2166–2177.
- Köppen, W., 1936. *Das geographische system der klimate.* Berlin.
- LBNL, 2014a. International Glazing Database - <http://windowoptics.lbl.gov/data/igdb>. Date accessed 14/05/2014.
- LBNL, 2014b. Complex Glazing Database - <http://windowoptics.lbl.gov/data/cgdb>. Date accessed 14/05/2014.
- Lyons, P., Wong, J., Bhandari, M., 2010. A comparison of window modelling methods in EnergyPlus 4.0. Fourth Int. Conf. IBPSA 177–184.
- Mathew, X., Petter Jelle, B., Breivik, C., Drolsum Røkenes, H., 2012. Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 100, 69–96.
- Miyazaki, T., Akisawa, a., Kashiwagi, T., 2005. Energy savings of office buildings by the use of semi-transparent solar cells for windows. *Renew. Energy* 30, 281–304.
- Ng, P.K., Mithraratne, N., Kua, H.W., 2013. Energy analysis of semi-transparent BIPV in Singapore buildings. *Energy Build.* 66, 274–281.
- Olivieri, L., Caamaño-Martin, E., Olivieri, F., Neila, J., 2014. Integral energy performance characterization of semi-transparent photovoltaic elements for building integration under real operation conditions. *Energy Build.* 68, 280–291.
- Pagliaro, M., Ciriminna, R., Palmisano, G., 2010. BIPV: merging the photovoltaic with the construction industry. *Prog. Photovoltaics Res. Appl.* 18, 61–72.
- Photon International, 2014a. Photon International solar modules database - http://www.photon.info/photon_site_db_solarmodule_en.photon. Date accessed 14/05/2014.
- Photon International, 2014b. Photon International solar inverters database - http://www.photon.info/photon_site_db_wechselrichter_en.photon. Date accessed 14/05/2014.
- Reinhart, C.F., Wienold, J., 2011. The daylighting dashboard – A simulation-based design analysis for daylit spaces. *Build. Environ.* 46, 386–396.
- Song, J.-H., An, Y.-S., Kim, S.-G., Lee, S.-J., Yoon, J.-H., Choung, Y.-K., 2008. Power output analysis of transparent thin-film module in building integrated photovoltaic system (BIPV). *Energy Build.* 40, 2067–2075.
- Van Dijk, H.A.L., 2001a. The European project REVIS, Daylighting products with redirecting visual properties. *Proc. NorthSun Conf.*
- Van Dijk, H.A.L., 2001b. Reference office for thermal, solar and lighting calculations. Performance of solar facade components. IEA-SHC Tak27, IEA SHC Task27. Delft, the Netherlands.
- Wong, P.W., Shimoda, Y., Nonaka, M., Inoue, M., Mizuno, M., 2008. Semi-transparent PV: Thermal performance, power generation, daylight modelling and energy saving potential in a residential application. *Renew. Energy* 33, 1024–1036.

Equipment and systems in energy-efficient homes for the Center-South of Chile (CASA+).

Flavio Celis D'Amico

Universidad de Alcalá de Henares, Departamento de Arquitectura, Alcalá de Henares, España
celis.flavio@uah.es

Ernesto Echeverria Valiente

Universidad de Alcalá de Henares, Departamento de Arquitectura, Alcalá de Henares, España
echevus@gmail.com

Rodrigo García Alvarado

Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile
rgarcia@ubiobio.cl

Maureen Trebilcock Kelly

Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile
mtrebilcock@ubiobio.cl

Olavo Escorcía

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia
oescorcio@unal.edu.co

ABSTRACT: This work exposes the application of integrated design theories to develop an innovative prefabricated housing system called "CASA+". This model is the answer for the growing environmental constraints to encourage new housing design strategies. The proposal achieves high density, flexible growth, environmental comfort and minimum fuel consumption. The proposal demonstrates too, the use of new analysis technologies and design concepts substantially to improve residential quality. The proposed model not only as a theoretical exercise but clearly intended to be placed on the market and to test the advantages of its design. On the other hand it makes no attempt to get a new version of "passive house" but something that is accessible to the general public and with a modern aesthetic.

Keywords: Integrated Design; High-performance Buildings; Prefabricated Construction; Housing; Energy Simulations.

RESUMEN: En este trabajo se expone la aplicación de las teorías de diseño integrado para desarrollar un innovador sistema de vivienda prefabricada llamada "CASA +". Este modelo es la respuesta para las crecientes presiones medioambientales para fomentar nuevas estrategias de diseño de la vivienda en Chile. La propuesta logra una alta densidad, un crecimiento flexible, confort ambiental y mínimo consumo de combustible. La propuesta demuestra también el uso de nuevas tecnologías de análisis y conceptos de diseño aplicados a la mejora de la calidad residencial. El modelo propuesto no es sólo como un ejercicio teórico, se propone como un prototipo para el mercado de la vivienda en Chile. Tampoco pretende desarrollar una nueva versión de "casa pasiva" altamente sofisticada, sino plantear una propuesta accesible público en general.

Palabras clave: Diseño Integrado; Edificios de gran rendimiento; Construcción prefabricada; Vivienda; Simulaciones de energía.

1 ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento

Con objeto de poner en práctica todas las conclusiones y conocimientos adquiridos del proyecto de investigación financiado por el CONYCIT, “Diseño Integrado para la Reconstrucción de Viviendas Energéticamente Eficientes” (Celis et al, 2012), cuya finalidad era la mejora de la calidad constructiva, la mejora de la eficiencia energética y la reducción de emisiones de CO₂ de las viviendas de nueva implantación en las tres regiones más afectadas por el maremoto (Maule, Bio-Bio y ARAUCANIA) en Chile del 27F de 2010, se ha planteado la definición de un sistema constructivo-arquitectónico de alta eficiencia energética denominado CASA+, que puede ser implementado en los sectores de mayor crecimiento inmobiliario. Aunque el planteamiento de CASA+ es un planteamiento arquitectónico global, en el presente artículo se hará más hincapié en la integración de los sistemas activos y pasivos de eficiencia energética.

1.2 Objeto

El objeto de esta investigación es el diseño de una vivienda, o de un sistema de viviendas con un coste de construcción accesible a un gran segmento de la población, con unas emisiones de CO₂ lo más reducidas posibles. El segmento de población estudiado al que se dirige esta investigación es aquel que accede a una vivienda libre con subsidio, de unos 60m², del entorno de los 200.000 pesos chilenos /m². Dicha vivienda es actualmente edificada y comercializada por el sector privado, no existiendo estudios de envergadura de análisis arquitectónico sobre dichas tipologías, en contra de lo que sucede con la vivienda social, mucho más estudiada (Bustamante, 2009) y que queda excluida de esta investigación.

El sistema propuesto usa las conclusiones de los estudios realizados durante la fase de documentación del proyecto de investigación citado (clima, implantación, tipologías, sistemas constructivos, datos de desempeño energético) y combina decisiones de carácter proyectual (optimización de la ubicación en el sitio, de la orientación, de la captación solar, del factor de forma, y propuesta de nuevas agrupaciones urbanas), con otras de carácter constructivo (introducción de mejoras en los sistemas utilizados hasta el momento en envolvente, como la estanqueidad o las infiltraciones de aire), tanto en los sistemas de producción (desarrollo de sistemas modulares replicables) como en los sistemas activos de climatización e instalaciones.

2 DESARROLLO METODOLOGICO

A partir del análisis de las conclusiones obtenidas analizando el estado actual del segmento de edificación estudiado (Celis et al, 2012), el proyecto se desarrolló aplicando tres estrategias para el desarrollo colaborativo de edificios de alto desempeño (García et al, 2012):

- definición previa y consensuada de metas y prestaciones del diseño;
- utilización de herramientas de evaluación para definir la volumetría y las características constructivas y urbanas del proyecto;
- reuniones multidisciplinarias regulares para desarrollar y revisar el proyecto.

El equipo de trabajo estuvo encabezado por uno de los investigadores extranjeros con experiencia proyectual, convocando profesionales de distintas especialidades y roles (asesor bioclimático, simulaciones ambientales, modelado BIM, calculo estructural, presupuestos, responsable ejecución). Se incluyeron representantes de una empresa constructora local, con interés en aplicar el sistema constructivo propuesto y con amplia experiencia en desarrollos residenciales del mismo rango económico. Se realizaron diversas sesiones compartiendo tareas y resultados y discutiendo diferentes condiciones que permitieron refinar sucesivamente el diseño (Fig.1), utilizando una metodología de diseño integrado (Zimmerman, 2004).

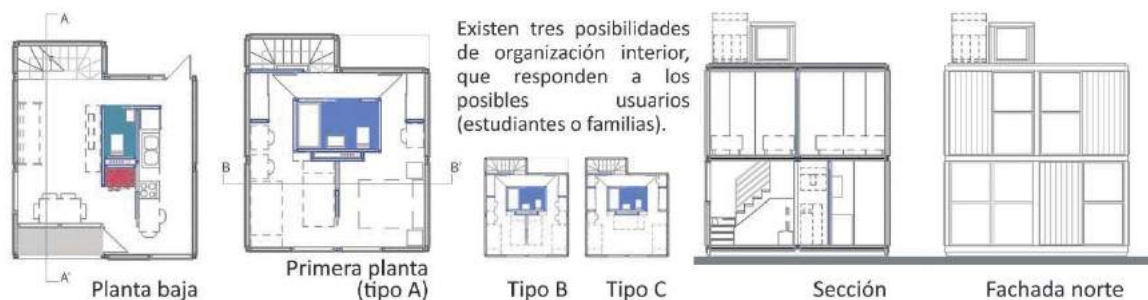


Fig.1: Planimetría de la vivienda CASA+

3 DISEÑO PASIVO PROPUESTO

El prototipo ha sido simulado mediante herramientas informáticas en varias localizaciones en la zona de estudio. En condiciones de vivienda aislada en la zona más poblada, la ciudad de Concepción, se obtienen unos ahorros energéticos del 75% (Fig.2). El dato toma como referencia los estudios puntuales realizados sobre vivienda construida (no hay mediciones sistemáticas, aunque sí algunos estudios experimentales) que sitúan dichas demandas en una horquilla de entre un mínimo de unos 110Kwh/m² en viviendas de dos plantas pareadas (Bustamante, 2009), hasta unos máximos medidos en la zona de estudio de unos 192Kwh/m² en vivienda unifamiliar aislada (IIT, 2009).

En los estudios realizados por simulación en el transcurso de la investigación aplicada, la media de demanda para una vivienda aislada tipo en el área de estudio se sitúa en torno a los 143kwh/m² (Celis et al, 2012), que se resuelve de modo mayoritario con calefacción de leña de baja calidad, lo que implica obtener un bajo confort térmico, con una media de 16C°, y una mala combustión que aporta altos niveles de emisiones de CO₂.



Fig.2: Imagen global de la propuesta, y comparación de demanda energética de una vivienda habitual y de la vivienda CASA+.

En función de la agrupación urbana usada (construcción aislada, adosada a una cara o a dos caras) y la orientación, las demandas energéticas diarias del prototipo fluctúan entre los 16kWh/m² y los 25kWh/m², lo que supone unos ahorros en torno al 80% respecto de la construcción habitual (Fig.3).

El sistema constructivo propuesto es modular, basado en un panel de cerramiento tipo sándwich SIP, con acabado exterior e interior en viruta de madera reciclada y orientada y aislamiento interior en EPS de alta densidad, de modulación 2,45m. x 1,225m., que puede ser colocado tanto en vertical como en horizontal, lo que produce unidades cúbicas de 2,45m. x 2,45m., que con el añadido de un entramado estructural, resuelve la unidad básica en módulos de 2,67m. x 2,67m.. La planta básica de la unidad modular de CASA+ es por tanto una unidad de planta cuadrada de 5,34m. de lado y 28,5m² de superficie construida. La vivienda básica, de dos plantas, se define

así con una superficie de 57m² construidos, a los que hay que añadir el elemento de escalera, que se conforma como una pieza adosada al cubo, de unos 3m² de superficie, en total una superficie de 60m² construidos y 53,5m² útiles (fig.4).

MUROS VENTANAS W/m ² °C W/m ² °C	% VENTANAS NORTE	% VENTANAS SUR	MASA INTERIOR 10cm	AGRUPACION VIVIENDA SEGÚN NORMA (1)																			
1,7	5,8	30	20	No		147	107	69	143	111	81	140	115	91									
0,8	3	30	20	No	VIVIENDA MEJORADA SIN MASA TÉRMICA (2)	91	39%	70	35%	50	28%	87	39%	71	36%	55	33%	75	46%	67	42%	60	34%
0,8	3	30	20	Yes	VIVIENDA MEJORADA CON MASA TÉRMICA (3)	76	49%	54	19%	33	51%	71	50%	55	51%	38	63%	65	54%	53	54%	40	56%
0,8	3	60	10	Yes	OPTIMIZACIÓN DE HUECOS A NORTE (4)	58	61%	34	39%	20	71%	54	83%	42	62%	29	72%	51	64%	41	65%	34	63%
0,8	3	60	10	Yes	% HUECOS A NORTE CON RESPECTO A LA SUPERFICIE DE LA VIVIENDA (4)	22%		21%		20%		19%		17%		17%		22%		21%		20%	

Fig.3: Comparativa de demandas energéticas y ahorros en función de cambios de diseño pasivo.

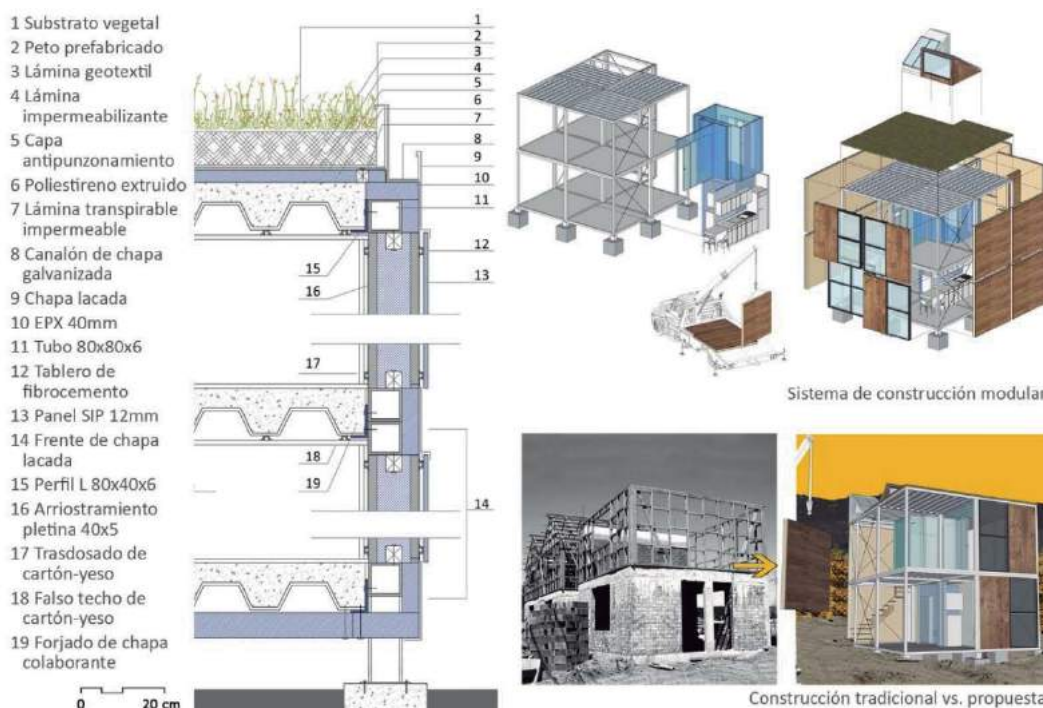


Fig.4: Detalles de diseño y construcción.

En todo caso, CASA+ puede también disponerse en un prototipo más elemental, eliminando dos módulos superiores y dejando una unidad de 45m² construidos, lo que se estima como un límite mínimo. Sin embargo, el segmento al que se dirige mayoritariamente CASA+ está conformado precisamente por el sector de viviendas con subsidio de clase media o media-baja, cuya superficie y número de dormitorios se asimila mayoritariamente al prototipo de 60m². Ampliaciones en módulos superiores, con un tercer piso o un bajo cubierta habitable, pueden elevar la superficie construida del prototipo hasta los 90m² con cuatro piezas habitables, aunque también es posible extender la modulación por los laterales, incrementando la superficie en un 50%, 75% , 100%, 125% o 150%, dado su carácter modular.

4 SISTEMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Además de los importantes ahorros energéticos obtenidos simplemente a través del diseño y la configuración de la vivienda (diseño pasivo), el proyecto se remata con la incorporación de sistemas eficientes de generación y consumo de energía (diseño activo). Los sistemas integrados responden al doble principio de reducir las emisiones de CO₂, aumentando la eficacia y el rendimiento de los mismos, con la necesaria contención de su coste de implantación y

mantenimiento, además de utilizar tecnologías probadas y compatibles con la industria local (Fig.5).

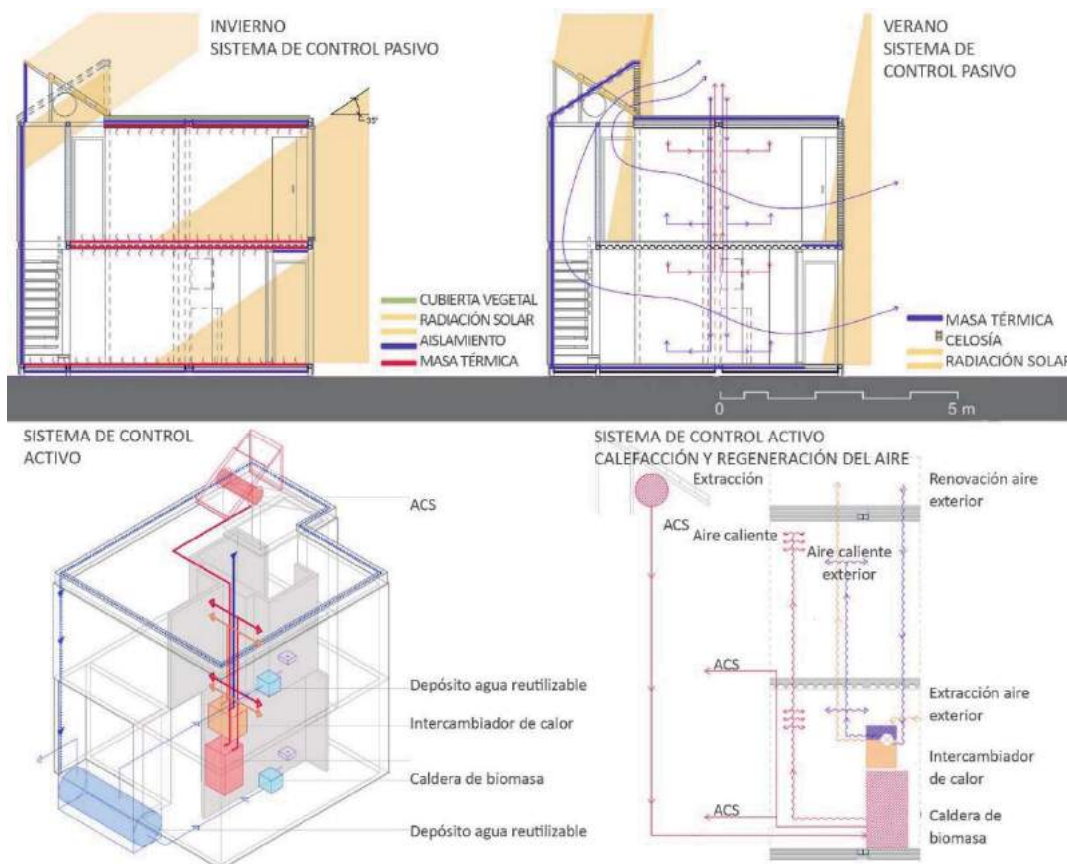


Fig.5: Esquemas de funcionamiento bioclimático.

4.1 Producción de energía para calentamiento

Dado que en todos los estudios se detecta una pequeña pero necesaria demanda de calefacción en los meses más fríos, después del estudio de distintas soluciones y combinaciones (sistemas de calderas de aire, de calderas de agua, de calderas mixtas), dependiendo del coste y de la eficacia de los resultados, mediante software específico de simulación energética (Programas Ecotec y Casanova), se ha optado por una caldera de biomasa de 6,5 Kw, con un apoyo de termo paneles de energía solar de 4m² para agua caliente sanitaria. La biomasa se considera energía “limpia, o CO₂=0”. Las reducidas dimensiones de la vivienda hacen posible que sea factible transmitir el calor directamente de la fuente de producción por conductos de aire de reducida sección.

4.2 Ventilación con recuperación de calor

El propio diseño de la vivienda permite que la ventilación cruzada mejore las condiciones de renovación de aire y facilita la disminución de la sensación térmica de calor en los meses de verano. En los meses invernales más extremos, se incorpora en el diseño un sistema de recuperación de calor para la renovación de aire (250m³/h) que minimiza las pérdidas por ventilación, y que en determinadas épocas del año es suficiente para alcanzar los rangos de confort necesarios. No es preciso usar un recuperador de doble flujo a contracorriente de altísima eficiencia de rendimientos en torno del 98% (como algunos modelos de Zehnder o S&P), pudiendose usar sistemas más económicos y accesibles de placas de flujo cruzado con rendimientos del 54% o 56%.

4.3 Ahorro de agua

En el prototipo se usan las dos estrategias posibles de reducción de consumo. La reutilización de aguas grises, y el almacenamiento de aguas de lluvia para usos no potables.

Con el reúso de aguas grises se obtiene un volumen de unos 1.500 litros semanales para una ocupación de 4 personas. El consumo estimado de agua no potable en una vivienda por persona es de unos 120 litros/persona/día, con lo que la demanda se estima en unos 3.400 litros semanales, por lo cual el prototipo incorpora también un sistema de gestión de agua de lluvia, mediante depósitos y bombas de recirculación.

Existe un total anual de precipitaciones de 1110.1 mm/m². Hay que tener en cuenta que las precipitaciones no son uniformes durante el año, por lo que en los meses de mayores precipitaciones (May, Jun, Jul) se obtienen unos 1.325 l/semanales y en los meses secos (Ene, Feb, Mar) 500 l/semana (Fig.6).

**PROMEDIO PRECIPITACIONES MENSUALES
CONCEPCION**

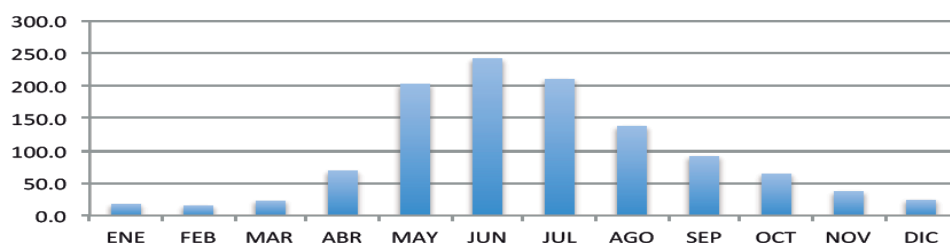


Fig. 6: Tabla de precipitaciones de la ciudad de Concepción.

Por tanto, ni siquiera en la época húmeda se cubre la 100% demanda, por lo que el almacenaje recomendado (en función del espacio disponible) es de unos 2.000 litros, una medida de depósito prefabricado asequible comercialmente y de fácil mantenimiento. Además, y aun no cubriendo el 100% de las necesidades, se obtienen unos ahorros de 100 m³ de agua al año, lo que supone casi el 40% del consumo total de agua de esta vivienda.

4.4 Paneles fotovoltaicos

INTEGRANDO PV EN UN 80% DE LA CUBIERTA		Sup. cubierta total	Sup. de cubierta a usar (80%)	Consumo total kwh/año	Consumo calefacción kwh/año	ACS kwh/año	Consumo electricidad kwh/año	Calidad solar	Potencial solar total kwh/año	Unidades de paneles fotovoltaicos	Energía generada kwh/año	% de aporte de energía solar	Energía solar enviada a la red kwh/año	% de energía solar enviada a la red
4 Módulos Vivienda base		22,45	17,96	6.062	4.516	691	849	bueno	32.328	15	1.946	229	1.097	129
		22,45	17,96	6.062	4.516	691	849	regular	30.532	15	1.616	190	768	90
		22,45	17,96	6.062	4.516	691	849	malo	28.736	15	1.512	178	663	78
5 módulos Vivienda base + ampliación 1		28,06	22,45	6.735	5.018	768	943	bueno	40.410	19	2.432	258	1.489	158
		28,06	22,45	6.734	5.017	768	943	regular	38.162	19	2.020	214	1.078	114
		28,06	22,45	6.734	5.017	768	943	malo	35.917	19	1.889	200	947	100
6 módulos Vivienda base + ampliación 2		33,68	26,94	7.577	5.645	864	1.061	bueno	48.492	22	2.919	275	1.858	175
		33,68	26,94	7.578	5.646	864	1.061	regular	45.805	22	2.425	229	1.364	129
		33,68	26,94	7.578	5.646	864	1.061	malo	43.110	22	2.268	214	1.207	114

INTEGRANDO PV EN UN 40% DE LA CUBIERTA		Sup. cubierta total	Sup. de cubierta a usar (40%)	Consumo total kwh/año	Consumo calefacción kwh/año	ACS kwh/año	Consumo electricidad kwh/año	Calidad solar	Potencial solar total kwh/año	Unidades de paneles fotovoltaicos	Energía generada kwh/año	% de aporte al sistema	Energía solar enviada a la red kwh/año	% de energía solar enviada a la red
4 Módulos Vivienda base		22,45	8,98	6.062	4.516	691	849	bueno	32.328	7	973	115	124	15
		22,45	8,98	6.062	4.516	691	849	regular	30.532	7	808	95	0	0
		22,45	8,98	6.062	4.516	691	849	malo	28.736	7	756	89	0	0
5 módulos Vivienda base + ampliación 1		28,06	11,23	6.735	5.018	768	943	bueno	40.410	9	1.216	129	273	29
		28,06	11,22	6.734	5.017	768	943	regular	38.162	9	1.010	107	67	7
		28,06	11,22	6.734	5.017	768	943	malo	35.917	9	945	100	0	0
6 módulos Vivienda base + ampliación 2		33,68	13,47	7.577	5.645	864	1.061	bueno	48.492	11	1.459	138	398	38
		33,68	13,47	7.578	5.646	864	1.061	regular	45.805	11	1.212	114	152	14
		33,68	13,47	7.578	5.646	864	1.061	malo	43.110	11	1.134	107	73	7

Fig.7: Comparativa de rendimientos con las diferentes opciones de energía fotovoltaica.

Se cuenta igualmente con el apoyo de paneles fotovoltaicos, que además de aportar energía a la casa, sirven para alimentar los sistemas eléctricos de control y monitorización. Se han hecho varios supuestos con un aprovechamiento de entre el 40% y el 80% de la cubierta, aprovechando distintas calidades de radiación diaria. Dado que el objetivo no es ser autosuficiente, la situación más adecuada a las necesidades de una vivienda tipo sería una superficie del 40% de la cubierta, con 7 paneles con unos 9m². Si la calidad de la radiación es buena, se puede cubrir al 100% las necesidades de la vivienda y se puede vender a la red la energía excedente (Fig.7).

5 COSTES

Otra de las cualidades de CASA+ es alcanzar los estándares propuestos con una inversión económica suficientemente ajustada en relación coste-beneficio. En los estudios de presupuesto realizados, el resultado final de construcción de CASA+, teniendo en cuenta la parcela, supone una repercusión de 12,96UF/m², lo que entra dentro de un coste medio que se sitúa en los 15UF/m².

Mayores ahorros podrían conseguirse mejorando los tiempos de ejecución de obra e incrementando la prefabricación, lo que podría traducirse en mejoras de los acabados, instalaciones o en aumentos de la superficie construida (Fig.8).

Tab. 1: Tabla de costes generales.

Costos Casa+ (En pesos chilenos)	
Costo Directo	8.800.581
Gastos generales	15% 1.320.087
Beneficios	14% 1.232.081
Subtotal neto	11.352.750
IVA	19% 2.157.022
Descuento IVA vivienda	65% -1.402.065
Total IVA	754.958
Total	12.107.707
Unitario m ²	201.795
En UF, 1UF= 22.500 Pesos, 37,33 Euros o 48,50 USD	
Total	538,12 UF
Unitario m ²	8,96 UF
Lote urbanizado	240 UF
Total	778,12 UF
Unitario m ²	12,96 UF

5 CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

Se puede concluir que la construcción de una casa eficiente no es un objetivo imposible, y puede ser competitiva con el resto de productos inmobiliarios existentes en el segmento de mercado al que está dirigida.

Se puede reducir la demanda energética hasta una horquilla entre los los 16kWh/m² y los 25kWh/m², lo que supone unos ahorros en torno al 80% con respecto a los valores obtenidos en la construcción habitual, con unos costes unitarios cercanos a los 13UF/m². Estos costes están dentro de los límites de los 15UF/m², en los que actualmente se mueve la construcción de viviendas de características similares (en m²), pero con desempeños energéticos muy inferiores, lo que implica una clara oportunidad para desarrollar viviendas económicas de alta eficiencia energética, cuyo impacto en el conjunto del país es además muy alto, por ser el segmento de construcción con mayor tasa de crecimiento (MINVU 2012).

El primer prototipo CASA+ se encuentra actualmente en fase de anteproyecto. El interés del mercado inmobiliario por la propuesta deja abierta la puerta a una nueva fase en la que, si se consiguen aunar las sinergias y atraer los fondos adecuados, sea posible la realización de un

proyecto constructivo y su desarrollo en una primera unidad a realizar en la UBB para evaluar la complejidad de la construcción, el aquilatamiento de costes y, sobre todo, la monitorización energética de la misma en un periodo de tiempo prolongado, de tal modo que pueda demostrarse la viabilidad de la propuesta y la replicabilidad del proyecto a gran escala.

Como continuación de estos estudios teóricos previos se está desarrollando por parte de los investigadores un nuevo proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Economía y competitividad de España. El proyecto “ENERBIUS-13”: Sistema Integrado para la optimización energética y reducción de la huella de CO₂ en edificios: Tecnologías BIM, indoor mapping, UAV y herramientas de simulación energética (ENE2013-48015-C3-2-R) pretende poder medir sobre los edificios acabados sus gastos y rendimientos energéticos reales para poder comparar con las previsiones proyectuales y aplicar soluciones de rehabilitación energética.

6 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile por la financiación de este proyecto, MEL 81100003, y al equipo de Master y Doctorado de la Universidad del Bio-Bio las ayudas prestadas para la realización de la investigación.

REFERENCIAS

AAVV. 2012. Casa prefabricadas. Ilus Books, Madrid

Bustamante, W. 2009. *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*. Chile. http://www.acee.cl/576/articles-61341_doc_pdf.pdf

Celis, F.; Garcia, R.; Trebilcock. M.; Escorcía, O.; Bruscatto U.; Diaz, M. 2012. Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile. *Arquitecturarevista (UNISINOS)*, v. 8: 62-75.

Escorcía O., García G., Trebilcock M., Celis F., Bruscatto M. 2012. Mejoramientos de envolvente para la eficiencia energética de viviendas en el centro-sur de Chile. *Informes de la Construcción, Vol.64, nº528*: 563-574. doi 10.3989/ic.11.143

García R. Underlea B., Trebilcock M., Celis F., Escorcía O. 2012. Connecting up capacities: integrated design for energy-efficient housing in Chile. *Open House International*, nº 370–3: 60-72

Instituto Nacional de Estadísticas (INE) Chile 2002. Síntesis Censal 2002. <http://www.ine.cl/cd2002/sintesisencensal.pdf>

Keeler M., Burke. 2009. *Fundamentals of Integrated Design for Sustainable Building*. Wiley, New York.

Lobos D. 2011. *BIM Supported Building, Envelops and Space*. Bauhaus-Universität, Weimar

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU): Estado de situación del sector, Chile, 2012. *Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico*.

Moe K. 2008. *Integrated Design in Contemporary Architecture*. Princeton Architectural Press. New York.

Rozas Y., Bardi C. 2010. *Eficiencia Energética en Vivienda*. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago.

Soffia A., Rudolph, G. 2012. Casa en panel SIP, Santo Domingo, Chile. *ARQ nº82*. doi 10.4067/S0717-69962012000300009

Trebilcock M., Schiappacasse F., Saelzer G., Bobadilla B, Opazo A., Guzmán F., Figueroa R.; 2012. *Performance Integrated Design of Low-cost Housing in Chile*, Conferencia-ponencia. PLEA 2012, Lima.

Zimmerman A. 2004. *Integrated Design Process Guide: Worldwatch Paper*, Washington.

Potencial Solar Activo en Techumbres de Viviendas Inmobiliarias.

Esteban Zalamea

Universidad del Bío Bío, Depto. de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Concepción, Región del Bío Bío, Chile.
estebanfzl@gmail.com

Rodrigo García

Universidad del Bío Bío, Depto. de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Concepción, Región del Bío Bío, Chile.
rgarcia@ubiobio.cl

Lorena Troncoso

Universidad del Bío Bío, Depto. de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Concepción, Región del Bío Bío, Chile.
lorena618@gmail.com

ABSTRACT: This paper exposes an analysis of roof's characteristics of recent built single-family dwellings in real-estate groups of Concepcion, Chile, looking forward to integrate solar collectors. A record of 2,139 dwellings built after 2006, corresponding to 68.28 % of the total is done, which show a variety of sloped roofs. The roofs have a media surface area of 84.7 m² fragmented between three and twelve wings, with a medium slope of 37.48 °, which generates at least a major or secondary useful wing with an average surface of 33.9 m² facing north, east or west. This area receives a total annual radiation between 954 kWha/m² to 1732.8 kWha/m² depending on azimuth or roof's slope. Photovoltaic panels integrated with regular performance can provide an average of 6317.2 kWh by year per house. Also extreme cases are analyzed, considering the most and worst suitable cases, and supposing Photovoltaic (PV) or hybrid thermal-photovoltaic with air heating (PVTa) collectors integration.

Keywords: Dwelling, Solar potential, Roofing, Thermal-photovoltaic Architectural Integration.

RESUMEN: Se analiza la geometría de techumbre de viviendas unifamiliares de conjuntos inmobiliarios recientes en Concepción, Chile y su potencial de captación solar. Se ejecuta un registro de 2.139 casas construidas posteriores al año 2006, correspondientes a 68,3% del total. Se caracterizan techumbres existentes detectando la superficie media de techumbre de 84,7 m², fragmentada entre tres y doce alas, con inclinación media de 37,48°, que generan al menos una ala mayor o secundaria con superficie promedio es 33,9 m² orientada al norte, este u oeste. Esta superficie recibe una radiación anual total entre 954 kWha/m² a 1.732,8 kWha/m² según azimut e inclinación, lo que con paneles fotovoltaicos integrados produce potencialmente una media de 6.317,2 kWha. Además se analizan casos extremos, demostrando que la producción alcanzaría a abastecer eléctricamente con la tecnología Fotovoltaica (PV) integrada. Finalmente se analiza potencial de tecnología híbrida Térmica-Fotovoltaica con fluido calotransportador aire (PVTa).

Palabras clave: Vivienda unifamiliar, Potencial solar, Integración Arquitectónica Térmica Fotovoltaica.

1 INTRODUCCIÓN.

Lund (2012) y la IEA (2009) exponen cómo en el futuro ciudades enteras deben incorporar masivamente energías renovables en orden de reducir el alto impacto ambiental que supone su funcionamiento. Entre ellas la captación solar activa juega un papel primordial, especialmente en zonas de latitudes medias. Para ello es necesario caracterizar entornos urbanos acorde a distribuciones y características, estableciendo potencialidades diversas frente a demanda

energéticas, con la finalidad de diseñar redes, almacenamiento y distribución adecuada. Un esquema urbanístico usual de ciudades en Chile al igual que en otros países es la existencia de centros urbanos densos, consolidados, con alta tasa de habitabilidad y usos variados: Servicios, comercio, administrativos y habitacionales. Mientras en suburbios existe una menor densidad, con tendencia al uso habitacional, con presencia de tipología casas unifamiliares. Esta configuración está presente en Concepción.

La IEA (2009) y Hachem (2012) describen condiciones de áreas urbanas que han adoptado recolección solar activa de forma masiva; Wall et al. (2012), Munari (2009) y la IEA (2012) analizan la situación actual y limitaciones para su implementación desde el ámbito arquitectónico; Hachem (2012) propone una metodología para estimar el potencial solar de techumbres y barrios durante proceso de diseño, no obstante no para dimensionar existentes; se han publicado alternativas para dimensionar potencial solar a través de mapeo GIR (Izquierdo, Rodrigues, & Fueyo, 2008) o por tomas aéreas con sobrevuelos LIDAR (Lukač & Žalik, 2013), los cuales no consideran solamente la faceta o ala de techumbre con mayor aptitud por dimensión, orientación e inclinación, en cubiertas inclinadas. La novedad del presente planteamiento es descifrar y dimensionar el ala o faldón con mayor capacidad y además su producción teórica promedio y en conjunto.

Concepción es una ciudad costera de la zona Centro-Sur de Chile, con población estimada de 230.730 habitantes (INE, 2014) está localizada en latitud media a 36,48 ° Sur, presenta clima estacional oscilaciones diarias e influencia marítima. Al revisar la oferta inmobiliaria nos sugiere que la masa edificada nueva tipo casa predomina en el cinturón urbano externo, comprobable fácilmente en comparación de fotos satelitales de distintos años recientes. Se levantan casas masivamente en forma repetitiva y seriada; se ven modelos alternados iguales o similares con techumbres inclinadas siempre. La alta oferta, demanda y construcción actual de esta tipología plantea su relevancia.

2 METODOLOGÍA.

Con fotos aéreas se delimitan zonas de la ciudad desarrolladas en años recientes. El presente estudio analiza el crecimiento entre 2006 y 2013 considerando disponibilidad de datos municipales (Observatorio Habitacional, 2015). Se seleccionan y dimensionan emprendimientos recientes que ocupan más de 4000 m².

Se modela y dimensiona cada techumbre, se obtienen relaciones de ocupación, superficie de techumbre, superficie construida (en horizontal e inclinada), orientación, número de aguas, alas de techo potencialmente útil, etc. Se precisa el Ala de cubierta de Mayor Dimensión (AMD) por modelo, aquella que posee mayor superficie con mayor potencial de captación; también la Segunda Ala de Mayor Dimensión (SAMD) como alternativa cuando la primera no esté bien orientada. Pendientes se miden por caso, aspecto fundamental considerando que para captación fotovoltaica la pendiente ideal es aquella coincidente con la latitud y para captación térmica se supone una inclinación superior a la latitud (CDT, 2013; Hachem C., 2012; CDT, 2007; Kalogirou, 2004). Topografía, inter-sombreado o bloqueo por vegetación se consideran de forma estadística acorde a (Pelland & Poissant, 2006)

3 RESULTADOS.

3.1 Dimensionamiento de Conjuntos habitacionales de viviendas unifamiliares.

Las viviendas unifamiliares ocupan una superficie horizontal considerable, seleccionable y trazable. Se detecta un crecimiento de ciudad de 906.783,4 m² con emprendimientos masivos. Se identifican modelos individuales a través de sistema de Catastro Municipal Electrónico de la Municipalidad y se obtienen datos de varios emprendimientos que ocupan 633.350,1 m², el 69,8% del total en 9 de 22 conjuntos detectados.

La casa promedio ocupa 289,47 m² de ciudad. El crecimiento entre 2006 y 2013 es proyectado en 3133 casas correspondiente a 90,6% de permisos emitidos acorde a Observatorio Urbano de Chile (3458 licencias) (Observatorio Habitacional, 2015); el 9,4% restante serían unidades fuera de conjuntos habitacionales o aprobados no edificados. Las 2.139 casas efectivamente analizadas frente a la totalidad de viviendas existentes (65.626 acorde a CASEN, 2009) representa el 3,3 %; respecto a la tipología casa (registradas legalizadas son 52630 unidades) son 4,1 %. No es una muestra representativa de la totalidad de tipología “Casa de Concepción” porque los modelos en emprendimientos unifamiliares presentan diferencias frente a otras tipologías anteriores, pero son representativas de la que se ejecutan ahora. Únicamente dentro de la tipología se espera un error de 1,1% y una confianza del 95%. Se encuentran superficies variables entre 57 m² hasta 170 m², con promedio de 93,32 m², dimensión superior a la estadística nacional (CCHC, 2011), pero cercano al observado para la ciudad (MINVU, 2013). Casi la totalidad poseen dos plantas (98,7%), solo 28 viviendas poseen tres. Presentan sistemas constructivos similares entre si, todas las plantas bajas son de albañilería y el segundo nivel mayoritariamente es de estructura liviana de madera o metal delgado galvanizado semejante a lo descrito por otros autores (Celis, Garcia, Trebilcock, Escorcia, & Diaz, 2012)

3.2 Caracterización de techumbres.

La proyección plana de techos ocupa 209.479,9 m² o 23,0% de superficie total en loteos; lo restante corresponde a jardines, vías, espacios públicos o terrazas. Al calcularse como superficie inclinada es obviamente superior a la horizontal en 129 %. Se cuantifican que poseen entre 3 y 12 faldones de cubierta por casa. La mayor recurrencia está entre 3 y 6 (Figura 1). A mayor tamaño de casa, la tendencia es tener techumbres más facetada. La media considerando todos los casos está entre 5 y 6 faldones .

Se encuentran dos pendientes moda de 40° y 26,71° utilizadas por 1000 casos (47%). El promedio global es 37,5°, cercana al óptimo para recolección fotovoltaica. El rango máximo y mínimo de inclinaciones es 19,7° hasta 49,7°. El 54,7% de casos posee inclinación superior a la latitud (entre 40° y 49°), condición adecuada para recolección de energía térmica útil (Gajbert, 2008; Munari, 2009).

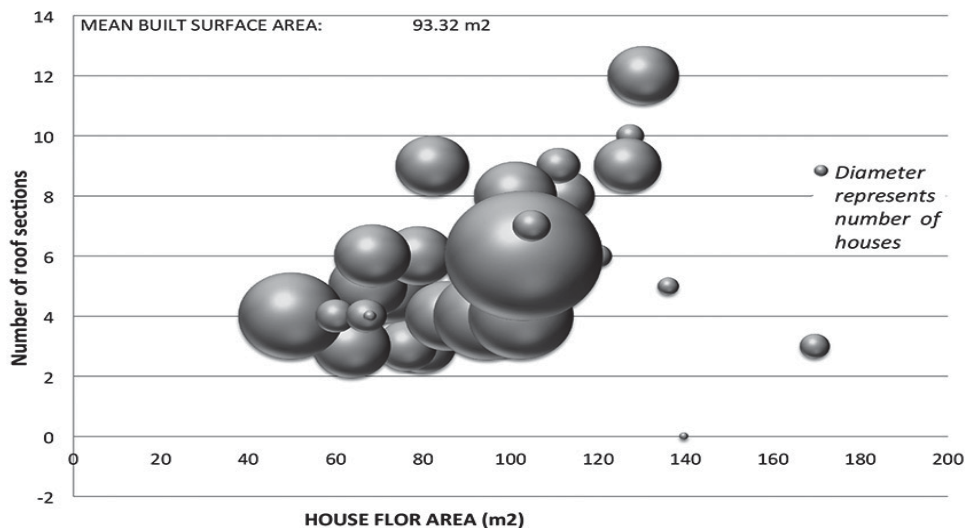


Figura 1: Recurrencia de número de alas de techumbre frente a superficie de vivienda y cantidad de viviendas por modelo.

3.3 Determinación de AMD, SAMD y Azimut.

El potencial energético solar está en relación directa y lineal con la superficie captadora disponible: A mayor superficie mayor producción. Emprendimientos con criterio de

aprovechamiento solar-activo presentan generalmente amplios paños y correcta orientación (Hachem, 2012; IEA, 2009). Diagramas tridimensionales permiten encontrar el AMD y SAMD por caso. Al relacionar superficie captadora/superficie construida se determina el potencial, la mayoría de casos está entre 0,25 y 0,45, casos extremos muestran 0,20 como mínimo hasta 0,62 el máximo. El promedio es 0,39 (Fig. 2). La relación entre AMD frente a superficie de ciudad es 0,13.

Análisis de loteos nos entregan que existe orientación anárquica de faldones de techumbre, de hecho AMD o SAMD pueden encarar hacia delante, detrás o a los costados; además los loteos y consecuente orientación no responden a criterios de orientación de faldones por los menos. En consecuencia se supone igual posibilidad de orientación para cualquiera de los puntos cardinales.

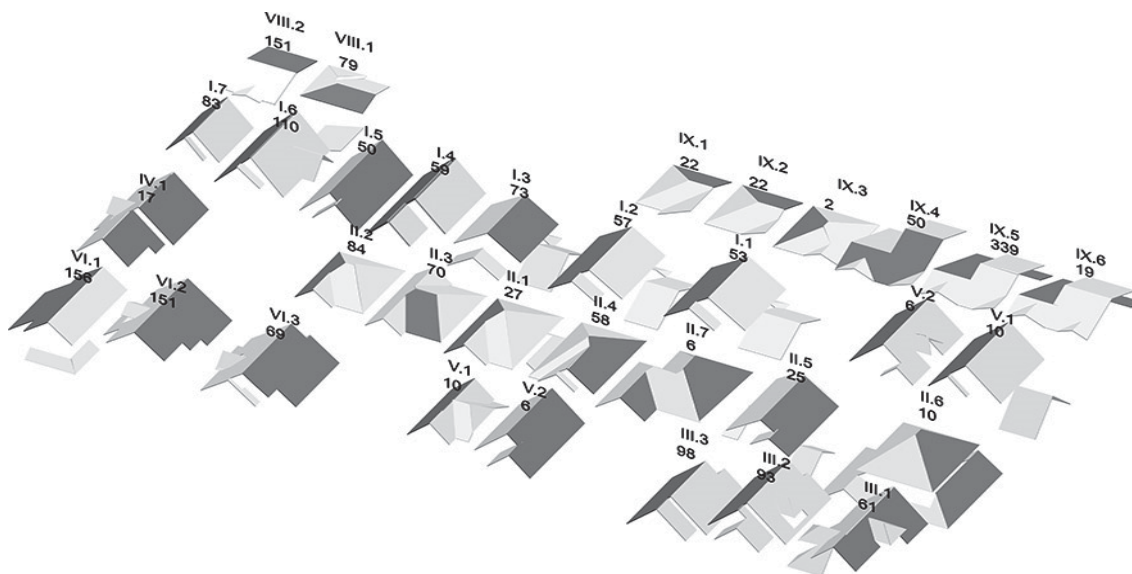


Figura 2: Tipologías de techumbres, determinación de AMD y cantidad por modelos. (Fuente: el autor)

4 ESTIMACIÓN DE IRRADIACIÓN SOLAR INCIDENTE EN TECHUMBRES INCLINADAS Y PRODUCCIÓN PV.

Para determinar el potencial solar se dimensiona la irradiación anual que recibe en faldón AMD o SAMD. Cuando AMD orienta desfavorablemente, SAMD está en dirección opuesta o perpendicular mejor dispuesta en consecuencia. Se calcula la condición promedio cuando SAMD es más favorable. Se estima irradiación acorde a inclinación y orientación frente a la relación promedio de 77,24 %, que corresponde al promedio de superficie SAMD respecto a AMD. Se analizan en dos inclinaciones representativas para cálculo, consecuencia de las dos pendientes moda (Fig. 6). El primer grupo corresponde a pendientes pronunciadas que engloban el 54,4% de casos y poseen inclinación promedio de 43,7° (1.163 casas); el segundo grupo contiene el 45,6% restante e inclinación promedio de 26,8° (976 casas). Con la irradiación horizontal global publicada en CDT (2007), aplicando fórmula [1] adoptada desde Ley Chilena 20365 (MINENERGIA, 2009), se obtiene irradiación obtenida bajo distintas condiciones por m² mensualmente:

$$R_{Gm_inc-i} = R_{Gm_i} \times F_{d-i} \times \left[1 - \left(\frac{3,5}{100000} \right) \times O_{PS} \right] \times \left[1 - \left(\frac{PS}{100} \right) \right] \quad (1)$$

En donde: R_{Gm_inc-i} = Radiación solar global media mensual sobre superficie inclinada del mes i en kWh/m²; R_{Gm} = Radiación solar global sobre superficie horizontal media mensual para el mes i en [kWh/m²]; F_{d-i} = Factor modificador de la radiación incidente a una superficie inclinada para el mes i . Este valor se obtiene del Anexo II de la Ley 20365, conforme a la inclinación y a la latitud

media de la comuna correspondiente; O_{PS} = Orientación del Plano Solar; PS = Pérdidas por Sombra [%].

No se considera en primera instancia las “Pérdidas por Sombras” (PS), esta variable sirve para analizar cada caso puntualmente, se estipulan pérdidas conjuntas estadísticamente posibles a partir de estudios previos (Pelland & Poissant, 2006). La estimación establece que cuando AMD está desviada $113,0^\circ$ respecto al norte verdadero, la irradiación captada es similar a la SAMD con rotación 90° respecto al norte (considerando condición promedio), por lo tanto se adopta como desviación estadística para utilizar SAMD. Se reparte el universo de casas distributivamente con AMD captando dentro del rango de 226° con dirección norte (113° desvío al este y oeste), grupo al que corresponde a 1967 casas; luego, para captación con SAMD encarando dentro de 134° Norte las 1166 restantes (Fig. 3)

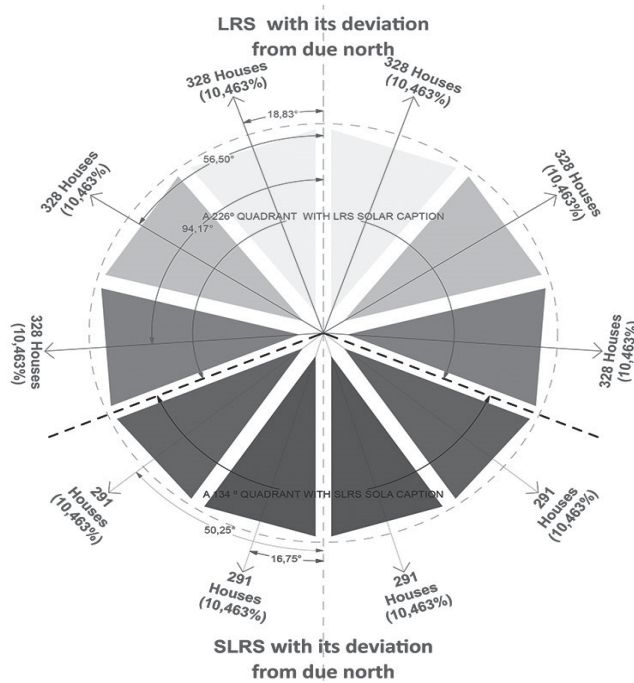


Figura 3: Distribución de número de casas de universo construido a partir del 2006 en emprendimientos inmobiliarios masivo, como representación de orientaciones probables de ala de techumbre captadora (AMD y SAMD). (Fuente: Los Autores).

En el gráfico, el cuadrante de 226° representado en zona superior de la distribución, muestra seis subcuadrantes correspondientes a seis grupos con desviaciones de AMD diversas; el cuadrante de SAMD en zona inferior de 134° se subdivide en cuatro; el resultado son cuadrantes AMD Y SAMD con similar cantidad de casas (328 para las AMD frente a 291 para los SAMD). Los seis subcuadrantes superiores AMD contienen un ángulo de $37,6^\circ$, los SAMD en ángulos de $33,5^\circ$. Para irradiación solar, la orientación este y oeste se suponen similares cuantificándose conjuntamente, así la fracción con captación AMD incluyen 655,5 casas con desviación de $18,83^\circ$, $56,5^\circ$ y $94,17^\circ$ respecto al norte, para el grupo SAMD (zona inferior de *Figura 9*) resulta en 583,0 casos con desviación de $16,75^\circ$ y $50,25^\circ$. Con Fórmula [1] se estima la irradiación recibidas de cada grupo en sus techumbres AMD y SAMD mensualmente y en total.

Tabla 1: Cálculo de irradiaciones en grupos de casas en indicadores AMD y SAMD en cálculo mensual y total anual

ANNUAL SOLAR RADIATION RECIBED (MGWh) THROUGH LRS OR SLRS OF REAL-ESTATES' DWELLINGS' ROOFS ACCORDING TO THEIR POTENTIAL																	
Azimuth(°)	Pitch (°)	# of houses	LRS (m2) or SLRS (m2)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average	TOTAL
18.83	26.8 (45.6% of 655 cases)	299,10	37,24	2264,8	1853,1	1842,0	1400,1	906,2	765,6	813,9	1135,3	1453,9	1871,2	1984,4	2136,4	1535,6	18427,0
	43.7 (54.4% of 656 cases)	356,41	37,24	2445,8	2123,2	2251,4	1805,3	1234,1	1071,9	1120,1	1503,2	1804,1	2167,3	2169,6	2259,9	1829,6	21955,7
56.5	26.8 (45.6% of 655 cases)	299,10	37,24	2036,2	1666,0	1656,0	1258,7	814,7	688,3	731,8	1020,7	1307,1	1682,3	1784,1	1920,7	1380,5	16566,5
	43.7 (54.4% of 656 cases)	356,41	37,24	2198,8	1908,8	2024,1	1623,0	1109,5	963,7	1007,0	1351,4	1621,9	1948,4	1950,6	2031,7	1644,9	19738,9
94.17	26.8 (45.6% of 655 cases)	299,10	37,24	2004,3	1640,0	1630,1	1239,1	802,0	677,5	720,3	1004,8	1286,7	1656,0	1756,2	1890,7	1359,0	16307,6
	43.7 (54.4% of 656 cases)	356,41	37,24	2164,4	1879,0	1992,4	1597,7	1092,1	948,6	991,2	1330,3	1596,6	1918,0	1920,1	1999,9	1619,2	19430,4
16.75 (SLRS caption)	26.8 (48.72% of 583 cases)	266,01	28,26	1532,4	1253,8	1246,3	947,3	613,1	518,0	550,7	768,2	983,8	1266,1	1342,7	1445,6	2103,4	12468,1
	43.7 (51.28% of 583 cases)	316,98	28,26	1654,8	1436,6	1523,3	1221,5	835,0	725,3	757,9	1017,1	1220,7	1466,4	1468,0	1529,1	1238,0	14855,7
50.25 (SLRS Caption)	26.8 (48.72% of 583 cases)	266,01	28,26	1410,9	1154,4	1147,4	872,2	564,5	476,9	507,0	707,2	905,7	1165,7	1236,2	1330,9	956,6	11479,0
	43.7 (51.28% of 583 cases)	316,98	28,26	1523,6	1322,6	1402,5	1124,6	768,8	667,7	697,7	936,4	1123,8	1350,1	1351,6	1407,8	1139,8	13677,1
TOTAL		3132,53		19236,0	16237,6	16715,5	13089,5	8739,9	7503,4	7897,6	10774,6	13304,4	16491,5	16963,5	17952,6	14806,6	164906,2
PV electricity potential (IEA/ PELLAND Y POISSANTE / HACHEM)(EN MWh annually)		12%		2308,3	1948,5	2005,9	1570,7	1048,8	900,4	947,7	1292,9	1596,5	1979,0	2035,6	2154,3	1776,8	19788,7

Tabla 1 muestra irradiación total conjunta, oscilaciones acorde a inclinación promedio y por número. El grupo con máxima producción con captación AMD es aquel con menor desviación lógicamente (18,83°) e inclinación de 43,7°, el cual recibe irradiación conjunta de 21955,7 MWh al año. El grupo con menor producción utiliza su SAMD con alta desviación (50,25°) e inclinación de 26,8° captando anualmente 11.479,9 MWh. El mes con máxima irradiación conjunta es enero con 19.236,0 MWh; junio posee la mínima con 7.503,4 MWh. El grupo de casas con captación AMD y desvío de 94,17° es superior a aquellas que utilizan la SAMD desviadas 16,24° (aunque 12,4 % más numerosa). Se observa poca diferencia de irradiación promedio anual por m² entre techos inclinados 43,7° y con inclinación de 26,8°, aunque distinta por mes.

Con la irradiación obtenida se puede prever generación eléctrica PV. La literatura presenta una eficiencia de $\eta=16\%$ como un válido promedio para fotovoltaicos instalados en centros urbanos conectados a red, no obstante este potencial debe castigarse por pérdidas estadísticamente determinadas por inversores, distribución, sombreados, factores de conexión, etc en un porcentaje del 25%(Pelland & Poissant, 2006). Se espera entonces una producción útil del 12% respecto a irradiación recibida. Esta estadística es obtenida con redes, instalaciones, tecnología y condiciones adecuadas en comunidades que han adoptado la recolección solar como política de estado (IEA, 2009), que podría esperarse en el caso chileno solamente si se adoptase similares impulsos, facilidades, conexiones y distribución de excedentes.

Tabla 1 también expresa al final una producción eléctrica estimada en las 3133 techumbres de 19.788,7 MWh anualmente, lo que supone 6.317,2 KWh por casa en promedio. Al expresarse por superficie construida y casa promedio de 93,32 m², entonces se puede esperar una producción de 67,41 KWh de electricidad anual por m² habitable. La superficie de techumbre productora total es 105.467,8 m², significa una producción anual de 187,62 KWh por m² de techumbre recolectora al año.

5 COMPARACIÓN ENTRE POSIBLE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA SOLAR FRENTE A DEMANDA ELÉCTRICA RESIDENCIAL Y ALTERNATIVA HÍBRIDA TÉRMICA-FOTOVOLTAICA.

La producción eléctrica estimada temporalmente es comparada con demanda estadísticamente determinada para Concepción (CDT, 2010) *Figura 4*. La principal limitación para abastecimiento total es una alta demanda invernal frente a baja producción por mínima irradiación existente. Complementariamente se observa posibilidades extremas acorde a tipología de casa, al analizar el caso con mayor proporción AMD por superficie habitable y orientado prácticamente al norte (18,83° de desviación), frente a caso con utilización SAMD encarando Noreste y Noroeste con alta desviación (50,25°). Resultados muestran que se supera el autoabastecimiento para

demanda eléctrica con amplio superávit en época estival; el caso extremo desfavorable no alcanzaría a suplir en mínimo margen durante época invernal. En todos los casos durante verano existe alto margen de energía exportable para abastecer otras demandas en la ciudad (Lund, 2012). Frente a la demanda residencial total se aprecia marcado desbalance en los meses fríos por calefacción; la literatura sugiere medidas para reducir demanda de energía térmica a través de medidas de eficiencia energética pasiva en primera instancia, luego la captación de energía térmica solar de forma activa es una opción que puede contribuir efectivamente en disminuir el desbalance (Charron & Athienitis, 2006; S. R. Hastings & Wall, 2007).

Considerando casos extremos, aquel con mayor proporción AMD/superficie construida frente a modelo con inferior potencial y orientación al relacionar producción–demanda mensual se obtiene la gráfica expresada en *Figura 4*. Como resumen se estipula un índice de producción máxima de 78,9 kWh al año frente a 55,3 kWh al año como mínimo expresado en indicadores por m² de vivienda habitable.

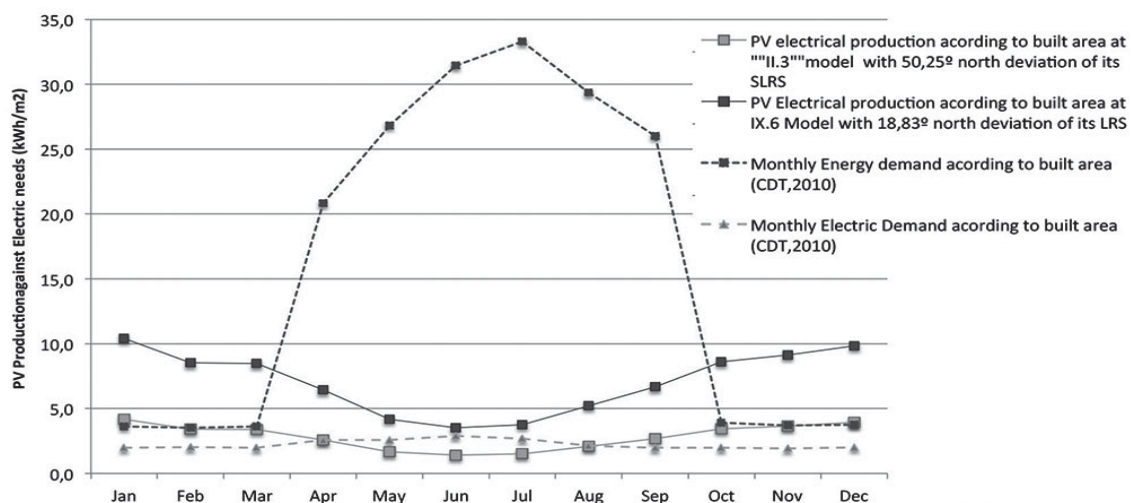


Figura 4: Curvas Promedio de demanda eléctrica y energética global frente a producción promedio por m² de superficie construida.

La alta demanda térmica impulsa a explorar una posible captación térmica con Colectores híbridos Fotovoltaicos/Térmicos con fluido aire (BIPVT/a). Es una alternativa con oportunidad ya que optimiza la superficie de captación al tiempo que evita riesgo por sobreproducción estival, mejorando a la vez la producción eléctrica, tecnología ya comercializada en Canadá (Chow, 2010; Kumar & Rosen, 2011; Solarwall, 2015). Del total de irradiación absorbida por los paneles, aproximadamente el 85% se disipa en forma de calor, temperatura adicional que provoca baja de producción eléctrica; se esperan pérdidas de 0,4% en eficiencia por °C de incremento de temperatura (Astea, Del Peroa, & Leonforte, 2012; Hachem, 2012). La tecnología híbrida con aire supone paneles fotovoltaicos sobrepuestos a cámara de circulación de aire para refrigerar las células, el calor recuperado puede utilizarse de ser requerido, conduciéndolo al interior. (Hachem, 2012) relaciona producción de electricidad y calor útil generados en techumbres PVTa con inclinación entre 30° y 60°, tomando como condición principal una inclinación de 45°. Siendo Q_e la energía eléctrica generada y Q_u el total de energía térmica, los autores muestran una relación $Q_u/Q_e = 3,0$ a $3,5$ con condiciones adecuadas de velocidad de aire; finalmente adoptan la condición $3Q_u=Q_e$. Es un modelo simplificado útil para sistemas híbridos con aire para estimación. Cada instalación bajo condiciones de producción y demanda precisas tiene que ser revisada. La energía térmica desechada es trasladada en aire precalentado al interior de vivienda cuando se requiere, lo cual resulta en disminución en demanda de calefacción; se considera para la época estival que el aire refrigerante es evacuado al ambiente o utilizado para el calentamiento de agua para uso sanitario a través de un intercambiador de calor aire-agua (*Figura 4*);.

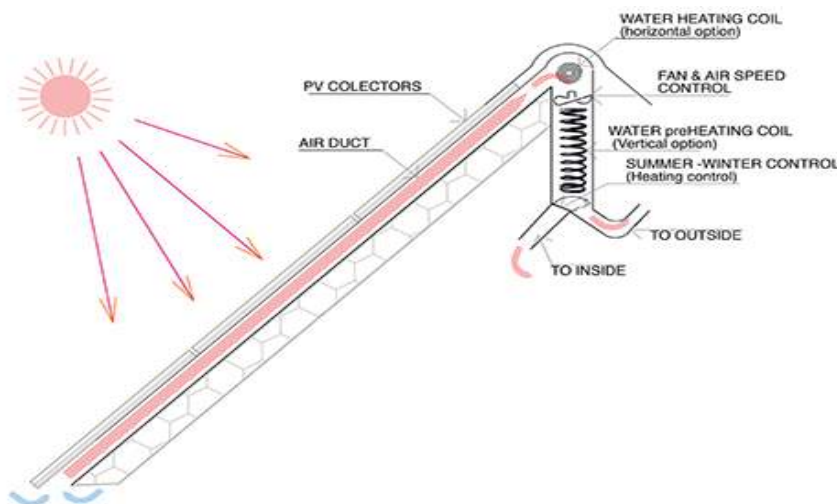


Figura 5: Esquema de detalle de funcionamiento de tecnología BIPVTα. (Fuente: Hachem, 2012; Solarwall, 2015)

Con los márgenes mencionados la tecnología híbrida puede aportar significativamente en los meses próximos al equinoccio, (Marzo-Mayo y Agosto-Octubre) y contribuir marginalmente en invierno. El índice de producción promedio es 142,6 kWh por m² de energía útil al año (incluyendo electricidad exportable). Respecto a demanda promedio de 189,9 kWh / m², el margen de autoabastecimiento es 75% en caso promedio de vivienda (93,3 m²), en superficie captadora entre 36,8 y 28,4 de AMD y SAMD.

En casos extremos el modelo con mayor relación AMD por Superficie construida y baja desviación (18,83°), frente a modelo con inferior potencial utilizando SAMD con alta desviación (50,25°), la producción del modelo superior abastecería alrededor del 92% de la demanda total, aunque el gráfico denota parte de la producción está sobre la curva de demandas en abril. Por lo tanto puede esperarse un margen entre 85 % a 90 %; el modelo con inferior condición abastece solamente el 43% de la demanda total. Para cubrir demanda eléctrica únicamente, se prevé para el modelo superior un autoabastecimiento de 317,1% anual frente a modelo inferior que se abastecería en 148,7% (Figura 5).

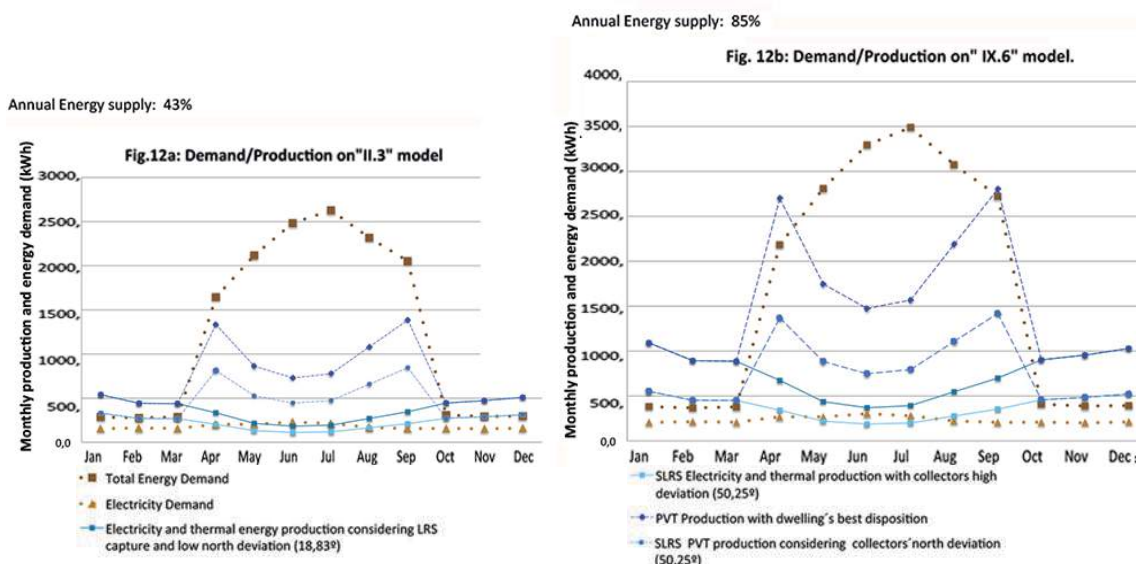


Figura 6: Margen de abastecimiento mensual en viviendas con SAMD y AMD extremos

6 CONCLUSIONES

Este trabajo entrega un método para pre dimensionar a escala urbana en viviendas de emprendimientos masivos producción eléctrica fotovoltaica y térmica a través de datos estadísticos e indicadores de conjuntos de casas tipológicamente seriadas. A través de la disposición y geometría de techumbres recurrentes, utilizando supuestos generales de producción fotovoltaica y térmica más fotovoltaica.

Con éste método se encuentra el potencial para generación eléctrica de un conjunto de viviendas unifamiliares, al cubrirse de fotocélulas su Ala de Mayor Dimensión (AMD) o Segunda Ala de Mayor Dimensión (SAMD), según corresponda por orientación. Se determina que puede generarse en total cerca de 19.788,7 MW al año, en una superficie urbana residencial de 906.783,38 m², a razón de 21,82 kW por m². Esto permite abastecer eléctricamente 2,5 veces el consumo total de las viviendas. En relación a la producción térmica más eléctrica con colectores híbridos, se calcula un posible abastecimiento del 75,1% de la total de energía doméstica, térmica y eléctrica conjunta con la actual configuración de techos.

En los casos extremos del conjunto analizado, al comparar demanda-abastecimiento, la vivienda con mayor potencial de captación AMD y desviación mínima (18,8° respecto al norte), comparado con el ejemplar con captación en SAMD y alta desviación (50,3°), se alcanza un abastecimiento eléctrico del 317,1% en el más favorable, y 148,7% el menos favorable. Es decir todo el rango de viviendas puede captar una cantidad mayor que el propio consumo, y utilizarla con distribución local. En cuanto a demanda energética total, se puede cubrir desde el 43% hasta el 91% (con almacenamiento) a través de recolección PVT híbrida y fluido de aire. No se toma en cuenta la posible utilización del exceso térmico estival, que podría ser aplicado en calentamiento de agua caliente sanitaria a través de intercambiador de calor, que podría incrementar el margen de abastecimiento térmico calculado.

Los datos entregados son generales y referenciales, a partir de demandas promedio esperadas. Las condiciones climáticas locales, más las características constructivas promedio, proporcionan estimados que sugieren un alto potencial, planteando la necesidad de una exploración más detallada. Se hace necesario un análisis exhaustivo a través de simulaciones precisas, con sistemas constructivos puntuales, demandas y tecnología de recolección solar específicas, además de la construcción de prototipos que los validen.

7 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte de programa de investigación Conicyt CONFIN AKA-ERNC 007, (Chile, Conicyt 912, 2013). Agradecemos a la *Dirección de Obras de la municipalidad de Concepción* y Paulina Liberona por facilitar información municipal; también a la Secretaria de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación del Ecuador, SENESCYT por su apoyo financiero.

REFERENCIAS

- Astea, N., Del Peroa, C., & Leonforte, F. (2012). Optimization of solar thermal fraction in PVT systems. *Energy Procedia*, 30, 8–18. doi:10.1016/j.egypro.2012.11.003
- Celis, F., Garcia, R., Trebilcock, M. T., Escorcía, O., & Diaz, M. (2012). Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile. *Arquiteturarevista*, 8, 62–75. doi:10.4013/arq.2012.81.07
- Charron, R., & Athienitis, A. (2006). Design and Optimization of Net Zero Energy Solar Homes (AE). *ASHRAE Transaction*, 112, 285–296.
- Chow, T. T. (2010). A review on photovoltaic / thermal hybrid solar technology. *Applied Energy*, 87(2), 365–379. doi:10.1016/j.apenergy.2009.06.037
- Gajbert, H. (2008). *Solar thermal energy systems for building integration*. Lund University.

Hachem, C. (2012). *Investigation of Design Parameters for Increased Solar Potential of Dwellings and Neighborhoods*. Concordia University.

Hastings, S. R., & Wall, M. (2007). *Sustainable Solar Housing: Volume 2 - Exemplary Buildings and Technologies*. (R. Hastings & M. Wall, Eds.). London & Sterling VA: Earthscan.

IEA. (2009). *Cities , Towns & Renewable Energy Cities , Towns*. Paris: IEA/OECD. Retrieved from <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Cities2009.pdf>

Izquierdo, S., Rodrigues, M., & Fueyo, N. (2008). A method for estimating the geographical distribution of the available roof surface area for large-scale photovoltaic energy-potential evaluations. *Solar Energy*, 82(10), 929–939. doi:10.1016/j.solener.2008.03.007

Kumar, R., & Rosen, M. a. (2011). A critical review of photovoltaic-thermal solar collectors for air heating. *Applied Energy*, 88(11), 3603–3614. doi:10.1016/j.apenergy.2011.04.044

Lukač, N., & Žalik, B. (2013). GPU-based roofs' solar potential estimation using LiDAR data. *Computers and Geosciences*, 52, 34–41. doi:10.1016/j.cageo.2012.10.010

Lund, P. (2012). Large-scale urban renewable electricity schemes - Integration and interfacing aspects. *Energy Conversion and Management*, 63, 162–172. doi:10.1016/j.enconman.2012.01.037

MINENERGIA. Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365 (2009). Retrieved from http://antiguo.minenergia.cl/minwww/export/sites/default/02_Noticias/descargas_noticias/Norma_Tecnica_Actualizada.pdf

Munari, C. (2009). *Architectural Integration and Design of Solar Thermal Systems*. ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE.

Observatorio Habitacional. (2015). *Viviendas unidades y superficie según mes y comuna 2002 -2013-3*. Santiago de Chile. Retrieved from http://www.observatoriahabitacional.cl/opensite_20080122171157.aspx

Pelland, S., & Poissant, Y. (2006). an Evaluation of the Potential of Building Integrated Photovoltaics in Canada. *Renewable Energy*, 8. Retrieved from http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/fichier.php/codectec/En/2006-047/2006-047_OP-J_411-SOLRES_BIPV_new.pdf

Solarwall. (2015). PV/Thermal; Hybrid Solar Heating + Electricity. Retrieved March 3, 2015, from <http://solarwall.com/en/products/pvthermal.php>

Wall, M., Munari Probst, M. C., Roecker, C., Dubois, M. C., Horvat, M., Jørgensen, O. B., & Kappel, K. (2012). Achieving solar energy in architecture - IEA SHC Task 41. *Energy Procedia*, 30, 1250–1260. doi:10.1016/j.egypro.2012.11.138

Energy savings technologies for a non-residential NZEB in Mediterranean climate

Annamaria Buonomano

University of Naples Federico II, Department of Industrial Engineering, Naples, Italy
annamaria.buonomano@unina.it

Umberto Montanaro

University of Naples Federico II, Department of Industrial Engineering, Naples, Italy
umberto.montanaro@unina.it

Adolfo Palombo

University of Naples Federico II, Department of Industrial Engineering, Naples, Italy
adolfo.palombo@unina.it

Maria Vicidomini

University of Naples Federico II, Department of Industrial Engineering, Naples, Italy
maria.vicidomini@unina.it

ABSTRACT: In this paper the feasibility of several new technologies for energy efficiency in buildings is investigated by means of a novel in-house developed Building Energy Performance Simulation (BEPS) code (DETECT) written in Matlab. In particular, two different Building Integrated Solar Thermal Systems (BISTSs) are analysed: high vacuum solar thermal collectors (for obtaining high temperature working fluids) and PV/T panels, also combined to Phase Change Materials (PCM). In order to assess the energy and economic performance of such BISTSs, a suitable case study was developed. It concerns a Net Zero Energy Buildings (NZEB) to be built up in Naples (South-Italy). Numerical results show that interesting energy and economic savings can be achieved. Results can be useful for stakeholders working on non-residential NZEBs in temperate climates.

Keywords: BIPV/T, BIST, NZEB.

1 INTRODUCTION

Buildings energy efficiency targets have led the research interest toward new energy saving strategies to be integrated into the design, construction, and operation of new and retrofitted existing buildings. Particularly for sizing and optimising purposes (especially for NZEBs), advanced energy analysis tools should be adopted to analyse the potential effects of crucial design and operating variables on the building energy performances (Todorović 2012). In this regard, commercial or in-house developed BEPS codes have been recently enhanced and developed, mainly for research purposes. Their aim is to produce NZEBs computer based analyses necessary to analyse: i) new or not yet commercialised materials and technologies; ii) novel operating strategies. In particular, several simulation models have been developed with the aim to study the effectiveness of innovative building integrated technologies and configurations, including the adoption of Phase Change Materials (PCMs) and building solar systems, e.g. PhotoVoltaic (PV) and PhotoVoltaic/Thermal (PV/T) plants (Athienitis et al. 2012, Soares et al. 2013, Tripanagnostopoulos 2014, Yang & Athienitis 2014). The available literature shows a lack of knowledge regarding the overall building energy performance achievable through the integration of such technologies (Ho et al. 2012). Recently, few tools for the energy performance simulation of buildings equipped with PV panels and PCMs wallboards were developed (Bigot et al. 2013, Guichard et al. 2014). Nevertheless, the development of reliable models and tools for the building integration design of PCMs in BIPV and solar thermal systems is highly encouraged (Ho

et al. 2012).

The presented paper is focused on the above described framework. In particular, aim of this work is also to follow the above mentioned literature recommendation to: i) properly simulate the integration of BIPV and BIPV/T modules into the building envelope; ii) develop models and tools for the PCMs-BIPV system design and energy performance analysis. For this aim, several new tools were added to a previously developed dynamic simulation code (called DETECT 2.2 (Buonomano et al. 2013, Buonomano & Palombo 2014)), validated by following the BESTEST procedure (Buonomano & Palombo 2014). The obtained reliable simulation tool allows to dynamically predict the buildings thermal behaviour and to assess the benefits of different and advanced building envelope techniques, solar gain controls and daylighting solutions in case of different weather locations, envelope materials, building shapes, orientations and geometries.

In particular, in order to take into account the mutual energy interaction between the PV system and indoor building spaces, a specific tool for the dynamic energy performance analysis of BIPV and BIPV/T systems was developed. This feature allows the calculation of the variation of the heating and cooling demand due to the building architectural integration of such systems. The tool also enables the simulation of BIPV systems coupled to PCM sub layers. In addition to the above mentioned features, in case of BIPV/T systems, the recovered or exhausted heat, obtained by air or water utilised for cooling the PV panels, and the electricity efficiency and power production are dynamically assessed. Note that in the developed model the capacitance of such devices is always taken into account in the heat transfer calculation. The simulation model allows the analysis of solar thermal systems integrated into the building roof and/or façades, as well as in parts of them. It is worth noting that often (e.g. in commercial tools), BIPV and BIPV/T systems cannot be simulated as integrated in only a portion of the simulated surface. Concerning the simulation of the thermal behaviour of PCMs, the tool enables the building integration of such materials in the opaque envelope (e.g walls and roofs, where PCM is embedded in matrixes of traditional building construction materials) and in the transparent one (e.g. in windows glazing systems, where PCM is encapsulated in the gap of double or triple glazing systems). Through such tool, it is possible to assess the optimal position of the adopted PCM layer among those of the investigated building elements (e.g. massive structure and thermal insulation layers).

The additional novelties of the developed BEPS tool, included in this work, regard the modelling of: i) multi-zone buildings; ii) attached sunspaces (for the exploitation of solar greenhouse effect); iii) smart daylighting (shading of windows and artificial lights can be modulated for optimizing the building heating and cooling demands, without missing the indoor visual comfort). It is also worth noting that, through the developed simulation tool, parametric, multi-criteria and/or multi-objective analyses can be carried out from energy, economic and environmental points of view. Such analyses are performed through a one-click simulation run and the automatic comparison of the simulations results (Buonomano & Palombo 2014). This is achieved through a built-in functionality which enables to quickly and easily generate multiple building models, avoiding the annoying and troublesome process of manually creating a building model (e.g. different shape and orientation, envelope features, occupant and operation profiles, etc.) for each investigated scenario or retrofit.

In order to show the potentiality of the presented tool, a suitable case study, referred to a new non-residential NZEB, was developed. The building, to be located in Naples (Southern Italy), is purposely conceived for Mediterranean temperate climates. In particular, a multi-zone NZEB, with different innovative building integrated energy saving techniques (PCM, sunspace, smart daylighting, etc.), is taken into account. Electricity is produced through a BIPV (or BIPV/T) system, while heat is obtained by suitable integrated solar collectors. A suitable parametric analysis is carried out to identify the optimal set of design and operating parameters that minimize the building heating and cooling energy consumptions. A comparison between BIPV and BIPV/T in

terms of heating saving and extra-cooling demands and electricity efficiency is performed. Details about the simulation results and the economic convenience of all the considered energy saving techniques are provided, with special attention to the adopted BISTS. According to the authors' knowledge this is the first design and energy analysis focused on a non-residential NZEB conceived for Mediterranean climates.

2 CASE STUDY

The developed case study is referred to a non-residential NZEB to be located in Naples (Southern Italy, 40°20'N - 14°15'E), which features a Mediterranean temperate climate with dry hot summers (CDD = 185 Kd) and mild winters (HDD = 1163 Kd). During winter, outdoor air temperatures are not excessively low (design and average outdoor temperature: 2 and 10°C, respectively), while quite high outdoor air temperatures and humidity occur in several summer days (design temperature and humidity: 32°C and 60%). The building project initiative stems from the action ED6 of the Sustainable Energy Action Plan (SEAP, Covenant of Majors of the European Community, August 3rd 2012) and from an explicit Resolution (n. 517 on April 21st 2011) of the Municipality of Naples. The building will be built up on three floors, two of them above the ground level. It will host offices (at the ground floor) and conference and exposition spaces (at the first floor). Some equipment rooms and stories will be located at the basement.

2.1. Building shape and envelope features

In order to obtain suitable criteria for passive heating and cooling techniques, the building, shown in Figure 1, is conceived with a rectangular shape (15.0 × 24.5 m, East-West oriented longitudinal axis) and it is subdivided in ten different thermal zones. The S/V ratio is 0.38. In the initial design (before the optimization procedure), the adopted U values for all the opaque building elements and windows were considered equal to the maximum ones allowed by the present Italian regulation concerning the energy efficiency in public buildings (Table 1). For minimizing the winter heat loss and the summer solar radiation loads, no windows are designed on the eastern, northern and western façades. The building window to wall surface area ratio is quite low (about 15%), while it becomes very high (about 70%) when referred to the southern façade only (because of the wide windows conceived also for maximizing the winter solar heat gain). The initial glass type (before the optimization procedure) for sunspace exterior windows was 1 while 3 for the other building windows, Table 2.

Table 1. Opaque building envelope (before the optimization procedure)

Building opaque element	Weight Ms [kg/m ²]	Transmittance U [W/m ² K]	Layers from outside to inside	Thickness d [mm]
Vertical walls	242	0.35	Exterior plasterboard	30
			Thermal insulation	50
			Semi-hollow bricks	300
			Interior plasterboard	20
Tilted roof	233	0.33	PV panels /solar collectors	45
			Thermal insulation	80
			Concrete slab	230
			Interior plasterboard	20

The first floor terrace windows are equipped by external horizontal variable tilt solar shadings, while horizontal overhangs are modelled on the top of the roof windows. At the southern side of the ground floor, a sunspace is designed to maximize the winter passive heating. During the summer season such space becomes (by completely opening the external sliding windows) a shaded open porch. Note that, due to such building metamorphosis, the simulated thermal zones become nine and the S/V ratio decreases to 0.36. The porch ceiling width and height are designed to avoid the indoor space superheating, enhancing the system energy efficiency.

Table 2. Windows glasses. Note that all the investigated windows are equipped by metallic frames with a suitable thermal cut

Glazing type	Gap	Thermal transm. U [W/m ² K]	Solar heat gain coeff. g [%]	Solar transm. τ_{sol} [%]	Visible transm. τ_{vis} [%]	Emissivity ϵ [-]
1 6/13/6	Air	2.7	0.70	0.61	0.78	0.84
2 6/13/6	Argon	2.5	0.70	0.60	0.78	0.84
3 6/13/6 (low- ϵ)	Argon	1.6	0.58	0.51	0.75	0.10
4 6/8/6 (low- ϵ)	Krypton	1.3	0.54	0.47	0.74	0.10
5 6/13/6/13/6	Air	1.7	0.61	0.48	0.71	0.84
6 6/8/6/8/6 (low- ϵ)	Krypton	0.9	0.46	0.29	0.63	0.10

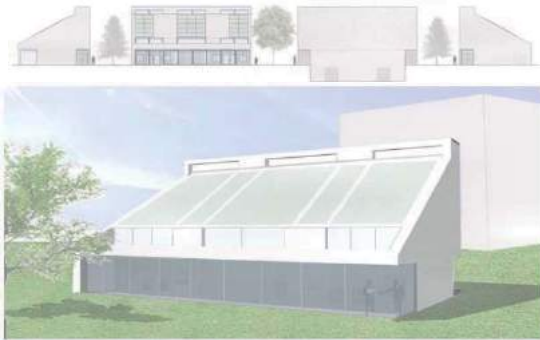


Figure 1. NZEB prototype in Naples (South-Italy)

2.2. Operating conditions

All the simulation assumptions are reported in Table 3. A 50% efficiency air-to-air sensible heat exchanger is taken into account for the energy recovery of the building exhausted air. The assumed air infiltration rate is equal to 0.4 vol/h (even during the night hours). Simulations are carried out by using the IWEC hourly weather data (air dry bulb temperature and humidity, solar radiation, etc.) of Naples. The simulation starts at January 1st and ends at December 31st. The HVAC system is activated (from 9:00 to 18:00) in winter from November 15th to March 31st and in summer from June 1st to September 30th (in August it is switched off). The modelled indoor air set-point temperature for the heating season is 20°C (sensible heating only). The summer set-points for temperature and humidity are 26°C and 60% (sensible cooling and dehumidification).

Table 3. Simulation assumptions

Building space	Hours	Days per week	People [p/m ²] ([W/p])	Lighting [W/m ²]		Mach. [W/m ²]	Outdoor air flow rate [l/s·p]
				winter	summer		
Office	9 ÷ 12	5 (Mon. to Fri.)	0.12 (130)	Modulated from 0 to 10 (at least 500 lux on office desk level)		9	11
	13 ÷ 14						
	15 ÷ 18						
Expo	9 ÷ 11	3 (Mon., Wed., Fri.)	0.28 (140)	Modulated from 0 to 8 (at least 400 lux at 1.5 m height from floor)		-	6
	12 ÷ 13						
	14 ÷ 15						
Conference	9 ÷ 12	1 (Fri.)	0.6 (100)	Modulated from 0 to 6 (at least 200 lux on office desk level)		5	5.5
	13 ÷ 14						
	15 ÷ 18						

2.3. BISTS technologies

Note that the building roof has a slope of 30° and is equipped by BISTs. In particular, 70% of this area (135 m²) is covered by BIPV or BIPV/T panels (each module is 1694 x 998 mm, mono-

crystalline cells 156×156 mm, nominal efficiency of 0.147, for a total peak power of 16.5 kW). The remaining 30% of the roof area (58 m^2) is equipped by innovative building integrated flat-plate evacuated solar thermal collectors (500 W/m^2 at 180°C and 650 W/m^2 at 130°C , total peak power of 37 kW). Each module is 1690×690 mm.

BIPV and BIPV/T systems

Both BIPV and BIPV/T technologies were analysed by dynamically assessing their passive effect on the thermal building behaviour. In particular, for the BIPV/T system, in summer the exhausted collected air flows in a rectangular channel underlying and integrated to the PV panels, Figure 2 (left). The system is utilised as a ventilated roof by an average outdoor air flow rate of 0.5 kg/s ; such air stream collects the heat produced by the solar radiation incident on the PV panel, decreasing the building cooling load. Therefore, during the cooling season the dampers at the top of the BIPV/T air channel are set to partially driven away the solar radiation load through the exhausted air (the exhausting of the indoor air could be also obtained). On the contrary, during winter the dampers of the air channel are suitably closed, resulting in an air gap between PV panels and the other roof layers, Figure 2 (right).

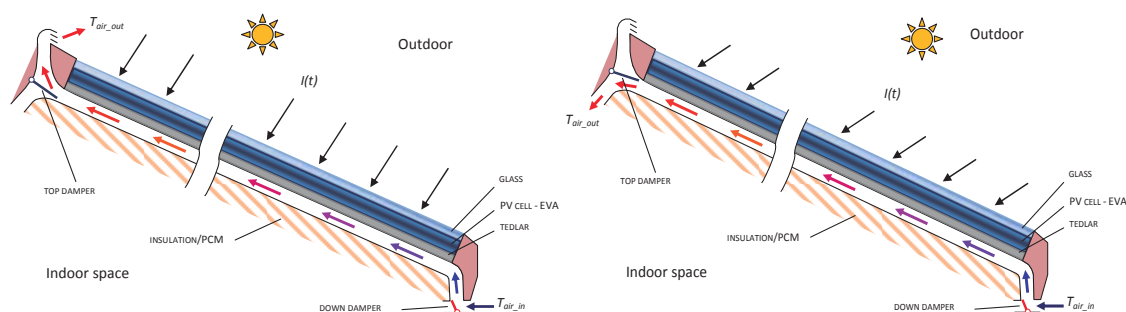


Figure 2. BIPV/T system: summer (left), middle seasons (right)

The BIPV/T active thermal behaviour can be also taken into account. In particular, during the middle seasons free heating of the indoor space can be obtained through the thermal energy released by the PV panels and recovered by indoor (recirculation) and/or outdoor collected air, Figure 2 (right). Here, the ventilation target is achieved by a hybrid system: natural convection (obtained by stack effect due to the tilted roof) and by mechanical ventilation system (if necessary as a function of the ventilation demand). Note that, during spring and autumn the heat obtained by such BIPV/T system could be enough for the occupants thermal comfort requirements. Note that by comparing the BIPV/T system to the BIPV one, an increase of the summer electricity efficiency of the PV panels is achieved through to the cells cooling effect due to the underlying air flow. Note that for enhancing the system energy performance such devices are suitably coupled to PCM panels too.

Building integrated solar thermal collector system

The building integrated solar thermal collectors were analysed by dynamically assessing their passive and active effects on the energy building behaviour. The active-mode regards the space solar heating and cooling obtained by the produced hot water. The system can be also considered as passive since it decreases the winter heating load (by the high efficient thermal insulation obtained by the deep vacuum (10^{-9} mbar) into the flat plate solar collector, Figure 3). Also for this BISTS, the effect on the analysed NZEB depends on the occurring season. In winter the thermal energy released by the thermal panels is suitably exploited for space heating (supporting the building HVAC system) and for domestic hot water production. In summer, the solar collector outlet hot fluid (up to 250°C) is suitably exploited for space cooling (supporting the building HVAC system through a double stage absorption chiller).

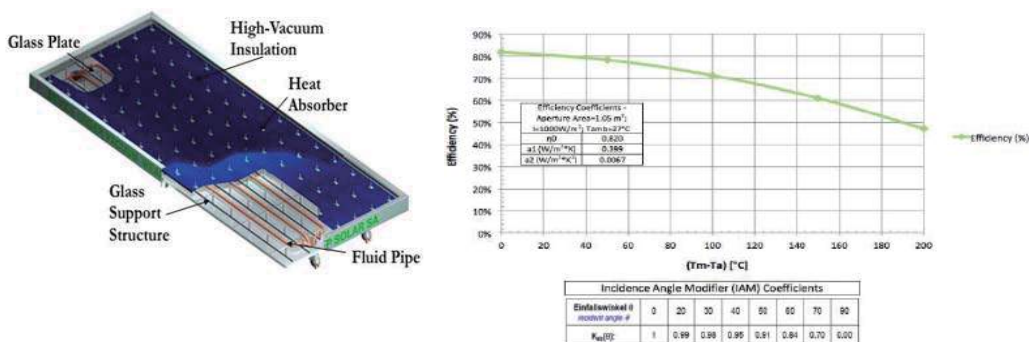


Figure 3. High vacuum, high temperature solar collectors (TVP Solar, HT-Power panels v. 4.0)

3 RESULTS AND DISCUSSION

The following NZEB design and operating parameters were optimized through a suitable parametric analysis for maximizing the Primary Energy Saving (PES) starting from an initial NZEB system configuration (CASE 0). The parametric analysis is obtained through the simulation code (DETECT 2.2) by means of the built-in functionality which allows the automatic comparison of different building choices or scenarios, by a single simulation run. For all the investigated parameters (e.g. related to the building shape, envelope and operating features), the selected ranges and steps, shown in Table 4, are set only once at the beginning of the simulation procedure. In Table 4 the results of such investigation are also reported.

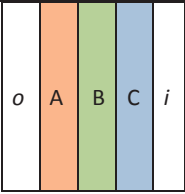
- **Parameters referred to the opaque building envelope:** i) thermal insulation thickness in the perimeter walls ($InsTh_{wall}$) and roof ($InsTh_{roof}$); ii) thermal insulation position in the perimeter walls ($InsPs_{wall}$) and roof ($InsPs_{roof}$); iii) weight of the perimeter walls (Wgh_{wall}) and roof (Wgh_{roof}); iv) PCM thickness in the perimeter walls ($PcmTh_{wall}$) and roof ($PcmTh_{roof}$); v) PCM position in the perimeter walls ($PcmPs_{wall}$) and roof ($PcmPs_{roof}$), as shown in Table 5. Note that PCM layer effect on both the heating and cooling demands depends on the material activation (as a function of the charging and discharging cycle). Such phenomenon is governed by the PCM melting temperature range and peak. In this analysis, the PCM features were selected for the cooling season requirements. This choice is due to the higher building cooling demands vs. the heating ones. Therefore, the selected melting temperature ranges between 19 and 28°C, while the peak melting temperature is 26°C. The effect of the adoption of 3 cm of a PCM layer produces: a significant reduction of the temperature across the wall; a very small fluctuation of the internal surface temperature that always approaches 26°C during the day. The convenience to suitably locate the PCM depends on the higher building thermal solicitation between the internal and the external one.
- **Parameters referred to the transparent building envelope:** i) glazing type of the sunspace exterior windows (Typ_{gl1}); ii) glazing type of the remaining NZEB windows (Typ_{gl2}); iii) window to wall surface area ratio ($W/W\%$).
- **Parameters referred to the sunspace:** i) sunspace width (Wd_{sg}); ii) solar absorption coefficients of the floor (FAb_{sg}) and wall separating the sunspace and the adjacent offices ($SWAb_{sg}$); thickness of the wall between the sunspace and the offices ($SWTh_{sg}$). Note that reducing Wd_{sg} a solar gain growth is obtained for the increased incident solar radiation on the wall separating the sunspace and the adjacent offices, while in summer, when the sunspace becomes an open porch, the lower the width the higher the cooling demand.
- **Night free cooling ventilation:** (NFC_{ac} , volume air changes per hour). Obviously, for higher NFC_{ac} the heavier the external walls, the higher the PES.

In the following, CASE OPT is referred to a NZEB configuration in which all the above mentioned parameters are taken into account as optimized (Table 4).

Table 4. Results of the parametric analysis

Variable	Range	Step	Starting value (CASE 0)	Optimal value (CASE OPT)
$InsTh_{wall}$ [mm]	40-90	10	50	90 (wall: $U_{OPT} = 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$)
$InsPs_{wall}$ [-]	Table 5	1	configuration 1	configurations 4 (offices) and 8 (elsewhere)
Wgh_{wall} [kg/m^3]	800-1300	250	800	1050
$PcmTh_{wall}$ [mm]	10-30	10	0	30
$PcmPs_{wall}$ [-]	Table 5	1	-	configurations 4 (offices) and 8 (elsewhere)
$InsTh_{roof}$ [mm]	60-110	10	80	110 (roof: $U_{OPT} = 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$)
$InsPs_{roof}$ [-]	Table 5	1	configuration 1	configuration 2
Wgh_{roof} [kg/m^3]	800-1300	250	1050	1300
$PcmTh_{roof}$ [mm]	10-30	10	0	30
$PcmPs_{roof}$ [-]	Table 5	1	-	configuration 2
$W/W\%$ [%]	30-70	20	70	70
Typ_{gl1} [-]	Table 2	1	glazing type 1	glazing type 3
Typ_{gl2} [-]	Table 2	1	glazing type 3	glazing type 3 (East office, conference room) glazing type 6 (elsewhere)
Wd_{sg} [m]	1-5	1	4	3
$SWAbs_{sg}$ [-]	0.3-0.6	0.15	0.6	0.6
$FAbs_{sg}$ [-]	0.3-0.6	0.15	0.6	0.45
$SWTh_{sg}$ [mm]	0.15-0.30	0.05	0.25	0.30
NFC_{ac} [vol/h]	1-3	0.5	0.5	3

 Table 5. Investigated combinations of the external walls and roof layers. Note that *o* corresponds to walls exterior plasterboards and roof covers, while *i* corresponds to walls and roof interior plasterboards

Building element		Config.	Layers
outdoor		1	A = Thermal insulation; B = Hollow brick / concrete slab
		2	A = PCM; B = Thermal insulation; C = Hollow brick / concrete slab
		3	A = Thermal insulation; B = PCM; C = Hollow brick / concrete slab
		4	A = Thermal insulation; B = Hollow brick / concrete slab; C = PCM
		5	A = Hollow brick / concrete slab; B = Thermal insulation
		6	A = PCM; B = Hollow brick / concrete slab; C = Thermal insulation
		7	A = Hollow brick / concrete slab; B = PCM; C = Thermal insulation
		8	A = Hollow brick / concrete slab; B = Thermal insulation; C = PCM

Special attention is paid to the discussion of the BISTS analysis. The yearly production of electricity through BIPV or BIPV/T systems, as well as of the heat obtained by the building integrated solar thermal collectors, is reported in Table 6. An increase of more than 8% of the electricity production is observed by shifting from the BIPV system to the BIPV/T one coupled to an underlying PCM layer. Note that the primary energy (E_p) is calculated by taking into account a reference system (electric heat pump / chiller), whose nominal COPs are 3 and 2.5 for heating and cooling season, respectively. The simulated performance enhancement of the BIPV collectors obtained by coupling them to PCM panels is reported for a spring sample day in Figure 4.

Table 6. Electricity and heat production

Case	BIPV		BIPV/T		Solar thermal	
	E_{el} [MWh/y]	E_p [kWh/m ³ y]	E_{el} [MWh/y]	E_p [kWh/m ³ y]	E_t [MWh/y]	E_p [kWh/m ³ y]
0	18.5	18.0	19.2	18.7	29.5	10.1
OPT	19.3	18.8	20.0	19.4		

Here, the hourly time histories of the PV cell temperature and electric efficiency with and without PCM are shown. In Figure 5 the analysis of BISTSs influence on the heating and cooling primary demands, E_p , is shown for several NZEB roof configurations:

- BIPV (135 m²) and BISTS (58 m²), CASE 0;

- BIPV/T (135 m²) and BISTS (58 m²), CASE OPT;
- BISTS (58 m²). The rest of the roof is covered by traditional tiles;
- All the roof is covered by traditional tiles.

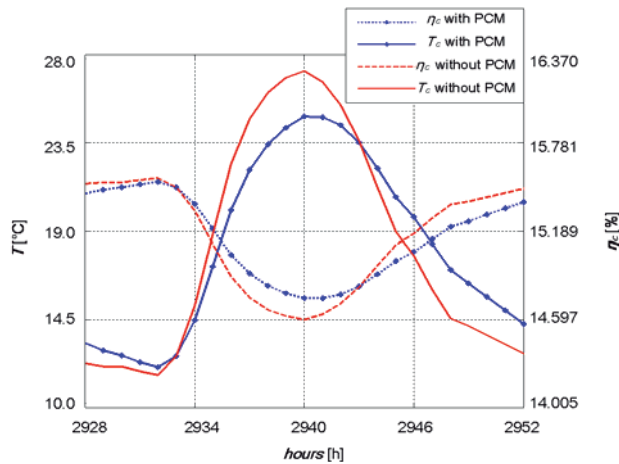


Figure 4. May 3rd: average temperature and efficiency of the PV cell with and without PCM

The adoption of both PV and solar thermal collectors implies a reduction of the heating demands with an increase of the cooling one. As an example, by comparing the CASE OPT referred to BIPV/T+BIST configuration vs. CASE OPT without solar technologies, a 18.6% reduction of the heating demand and a 8.4% increase of the cooling one are obtained. These different effects almost counterbalance each other. For the previous example, a negligible reduction of the overall E_p is detected (2.2%), Figure 5. The energy needs for the building lighting and equipment (included HVAC system ones) are reported in Table 7.

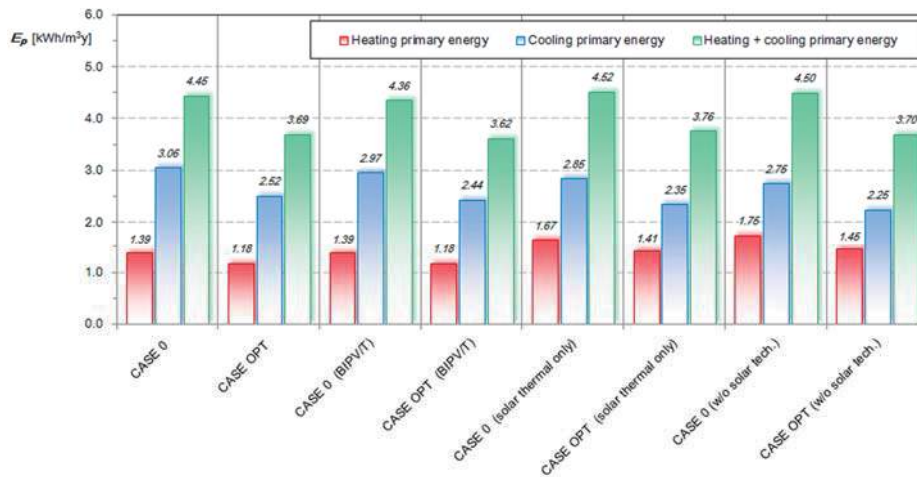


Figure 5. Primary energy demand as a function of the implemented solar technologies

Note that, for all the investigated cases the PES achieved by the electricity production of the PV collectors resulted much higher than the primary energy demand due to heating, cooling, lighting and equipment. The extra-production of electricity and thermal energy is considered to be sold to the national grid (at 0.08 €/kWh following the present Italian rule) and to be supplied to a close non-residential building, respectively. In particular, for CASE OPT (with BIPV/T and PCM) the extra-production of electricity is 13.8 MWh/y. Since the design of the initial NZEB configuration (CASE 0) follows all the requirements provided by the Italian rule for the buildings energy efficiency, the resulting economic analysis is referred to all the extra-costs of CASE OPT (including BIPV/T and BISTS plants).

Table 7. Electricity demand for lighting, equipment and ventilation

CASE	Lighting		Equipment		Ventilation	
	E_{el} [MWh/y]	E_p [kWh/m ³ y]	E_{el} [MWh/y]	E_p [kWh/m ³ y]	E_{el} [MWh/y]	E_p [kWh/m ³ y]
0	2.1	2.0	3.1	3.0	1.3	1.3
OPT	1.8	1.7				

The results of this analysis are reported in Figure 6. Here, the weight of each investigated measure on the building energy performance, varying as a function of the investigated parameters ranges, is also shown. In this figure it is clearly noticeable that the extra-costs of the considered energy saving solutions are very low. The only exception is the one referred to the PCM implementation, equal to 46.6 k€. The total extra-cost for all the accounted enhancements reaches 48.2 k€, but without PCM it decreases to 1.6 k€. In the same figure, the yearly economic savings obtained for each CASE OPT investigated parameter are also reported. Here, it is clearly shown that the high PCM extra-costs are not counterbalanced by correspondent economic savings (about 20 €/year). Notice that, an economic saving of about 64 €/year is obtained by adopting all the considered CASE OPT solutions except the PCM one (not shown in figure). By such results a Simple Bay Back (SPB) analysis can be easily carried out. For calculating the SPB, the variation of heating and cooling demands of the final CASE OPT (with BIPV/T and without PCM) vs. CASE 0 (in terms of electricity demand) is equal to 0.510 MWh/y while the one due to the lighting demand is about 0.580 MWh/y. For the SPB assessment, the net extra-production of electricity (PV electricity production minus overall electricity demand) obtained through BIPV/T vs. BIPV (without PCM) is 1.44 MWh/y. As a result, the SPB period obtained for the final CASE OPT vs. CASE 0 is of about 14 years without national funding for energy saving. Presently, such incentives are essential for the PCM adoption, otherwise the related SPB results unfeasible (a reduction of PCM costs for production and installation is expected in the next future).

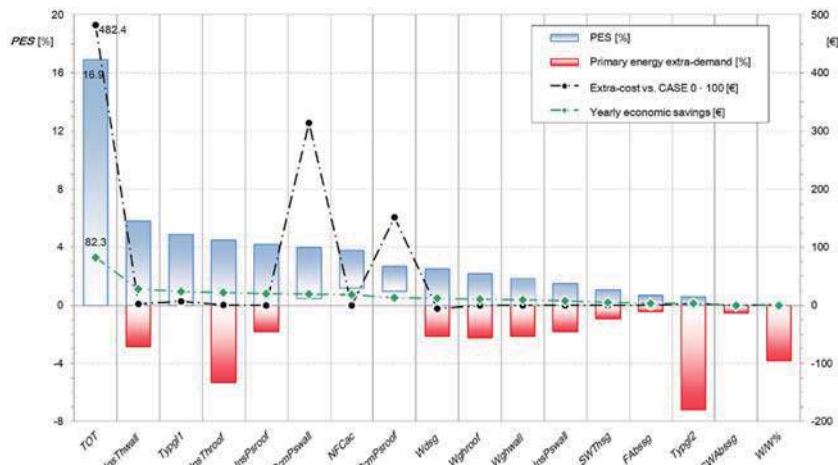


Figure 6. PES, extra costs and economic savings of the considered energy efficiency solutions

4 CONCLUSIONS

In this paper a new in house developed simulation model (DETECT 2.2) for the dynamic energy performance analysis of multi-zone buildings was utilised for assessing the behaviour of several innovative energy saving techniques for buildings including BIPV/T (also coupled to PCM) and BISTS. Such tool was adopted for the energy design and performance analysis of a non-residential NZEB to be built up in Mediterranean climates (Naples, South-Italy). To the author's knowledge this is the first attempt in such operating conditions. A sensitivity analysis related to the design and operating parameters with a heavy impact on the overall building energy performance was carried out. All the obtained results can be useful for stakeholders working on non-residential NZEBs in temperate climates. The following innovative findings can be highlighted.

The adoption of PCM wallboards in opaque elements reduces the building energy demand. In particular, the minimum energy requirement is obtained by applying PCM panels as interior layers in the perimeter walls (vs. massive and insulation ones) and as exterior layer into the roof. By coupling PCM to the roof BIPV (BIPV/T) panels, a 4.2% (8.1%) increase of PV electricity production is obtained. Currently, the initial cost of such materials, for both building walls and roof applications, is still excessively high for achieving acceptable payback periods. The results of the comparison analysis among the investigated building roof configurations recommend the adoption of a BIPV/T system instead of BIPV one. In addition to the higher electricity production, the better performance vs. a BIPV system is due to lower extra-cooling demands. In any case, the electricity production of such systems counterbalances the lower yearly HVAC energy demand obtained by traditional medium reflectance roofs. Very low energy demands are achieved for the optimal modelled NZEB configuration: 0.9 and 1.5 kWh/m³y for heating and cooling, respectively. In particular, by optimising all the considered parameters a primary energy saving of 16.9% (13.3% without PCM) is obtained.

5 ACKNOWLEDGMENTS

Authors wish to gratefully acknowledge Action TU1205 (Building Integration of Solar Thermal Systems, BISTS) of the European COST (Cooperation in Science and Technology), Transport and Urban Development (TUD), for the sponsorship and the precious scientific support.

REFERENCES

Athienitis et al. 2012. 3.11 - Modeling and Simulation of Passive and Active Solar Thermal Systems. In *Comprehensive Renewable Energy*, ed. A. Sayigh, 357-417. Oxford: Elsevier.

Bigot et al. (2013) Model optimization and validation with experimental data using the case study of a building equipped with photovoltaic panel on roof: Coupling of the building thermal simulation code ISOLAB with the generic optimization program GenOpt. *Energy and Buildings*, 58, 333-347.

Buonomano & Palombo. 2014. NZEBs design and simulation: a new tool for dynamic energy performance analyses. In *ECOS 2014, 27th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy systems*.

Buonomano et al. (2013) Solar heating and cooling systems by CPVT and ET solar collectors: A novel transient simulation model. *Applied Energy*, 103, 588-606.

Guichard et al. (2014) A thermal model for phase change materials in a building roof for a tropical and humid climate: Model description and elements of validation. *Energy and Buildings*, 70, 71-80.

Ho et al. (2012) Thermal and electrical performance of a BIPV integrated with a microencapsulated phase change material layer. *Energy and Buildings*, 50, 331-338.

Soares et al. (2013) Review of passive PCM latent heat thermal energy storage systems towards buildings' energy efficiency. *Energy and Buildings*, 59, 82-103.

Todorović (2012) BPS, energy efficiency and renewable energy sources for buildings greening and zero energy cities planning: Harmony and ethics of sustainability. *Energy and Buildings*, 48, 180-189.

Tripanagnostopoulos (2014) New Designs of Building Integrated Solar Energy Systems. *Energy Procedia*, 57, 2186-2194.

Yang & Athienitis (2014) A study of design options for a building integrated photovoltaic/thermal (BIPV/T) system with glazed air collector and multiple inlets. *Solar Energy*, 104, 82-92.

CHAPTER 4 | CAPÍTULO 4 | CAPÍTULO 4

Building Integrated Solar Thermal Systems

Sistemas Solares Térmicos Integrados em Edifícios

Sistema solares térmicos integrados en los Edificios



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Building Integrated Solar Thermal Systems

Soteris A. Kalogirou

Cyprus University of Technology, Department of Mechanical Engineering and Materials Science and Engineering
soteris.kalogirou@cut.ac.cy

ABSTRACT: With buildings accounting for 40% of primary energy requirements in EU and the implementation of the Energy Performance of Buildings Directive, developing effective energy alternatives for buildings is imperative. The increasing role for renewables implies that solar thermal systems (STS) will have a main role as they contribute directly to the heating and cooling of buildings and domestic hot water. Meeting building thermal loads will be primarily achieved through an extensive use of renewables, following standard building energy saving measures. These systems are typically mounted on building roofs with no attempt to incorporate them into the building envelope creating aesthetic challenges, space availability issues and envelope integrity problems. This paper aims to give a survey of possible solutions of STS integration on the building roofs and façades, applied so far. Through the presentation of the various examples, the advantages of integration are revealed.

Keywords: Solar energy, solar collectors, buildings, integration into facades.

1 INTRODUCTION

The Renewable Energy Framework Directive sets a 20% target for renewables by 2020. Buildings account for 40% of the total primary energy requirements in the EU (European Commission, 2005). Therefore, developing effective energy alternatives for buildings, used primarily for heating, cooling and the provision of hot water, is imperative. One way to reduce fossil fuel dependence is the use of renewable energy systems (RES) which are generally environmentally benign. In some countries, like Cyprus, RES and in particular solar water heating are used extensively. The benefits of such systems are well known but one area of concern has been their integration. Most solar components are mounted on building roofs and they are frequently seen as a foreign element on the building structure. Due to this fact alone and irrespective of the potential benefits, some architects object to this use of solar energy systems. It is therefore necessary to find ways to better integrate solar systems within the building envelope, which should be done in a way that blends into the aesthetic appearance and form of the building architecture in the most cost-effective way.

The Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) requires that RES are actively promoted in offsetting conventional fossil fuel use in buildings. A better appreciation of solar thermal systems (STS) integration will directly support this objective, leading to an increased uptake in the application of renewables in buildings, which is expected to rise dramatically in the coming years. This is further augmented by the recast of EPBD, which specifies that by the year 2020 the buildings in EU should be of nearly zero energy consumption. Meeting building thermal loads will be primarily achieved through an extensive use of renewables, following standard building energy saving measures, such as good thermal insulation, advanced glazing systems, etc. STS are expected to take a leading role in providing the thermal energy needs, as they can contribute directly to the building heating, cooling and domestic hot water requirements.

2 BUILDING INTEGRATION OF SOLAR THERMAL SYSTEMS

Among the renewable energy resources, solar energy is the most essential and prerequisite resource of sustainable energy because of its ubiquity, abundance, and sustainability. Solar thermal systems can supply thermal energy for space heating, cooling and the provision of hot

water for the needs of a house/building. The advantages of building integration of STS are that more space is available on the building for the installation of the required area of the STS systems and that the traditional building component is replaced by the STS one, which increases the economic viability of the systems.

In the case that this concept is employed, coupled with aesthetic and architectural challenges of building integration, many practical issues need to be resolved; such as rainwater sealing and protection from overheating (avoiding increased cooling loads during summer). The extra thermal energy can also be used for the heating of the building in winter. As STS are latitude dependant, with respect to façade application and solar incidence angle effects, these needs to be considered as countries near the equator have high incidence angles (the sun is higher on the sky) but more energy is available compared to higher latitude countries.

The adoption of building integration of STS can fundamentally change the accepted solar installation methodologies that affect residential and commercial buildings throughout the world. Maybe the single most important benefit originating from this idea is the increased adoption of STS in buildings.

A solar energy system is considered to be building integrated, if for a building component this is a prerequisite for the integrity of the building's functionality. If the building integrated STS is dismantled, dismantling includes or affects the adjacent building component, which will have to be replaced partly or totally by a conventional/appropriate building element. This applies mostly to the case of structurally bonded modules but applies as well to other cases, like in the case of replacing with building integrated solar thermal system (BISTS) a wall-leaf in a double wall façade. Therefore, building integration must provide a combination of the following:

- Mechanical rigidity and structural integrity;
- Weather impact protection from rain, snow, wind and hail;
- Energy economy, such as useful thermal energy, but also shading and thermal insulation;
- Fire protection.
- Noise protection.

The building integration of solar thermal systems can pose a number of problems that will need to be considered such as:

- Amount of thermal energy collected and at what temperature range;
- Resistance to wind-driven rain penetration;
- If the underlying base layer is transparent, calculation of light and solar energy characteristics;
- Calculation of thermal resistance and thermal transmittance characteristics of the construction (overall heat transfer coefficient);
- Fire protection classification and fire protection from hot components in contact with flammable materials;
- Noise attenuation.

3 COLLECTOR SYSTEMS THAT CAN BE INTEGRATED

The solar collecting methodologies that can be applied in buildings are the simple thermo-siphonic units, forced circulation systems employing flat plate collectors, integrated collector storage units, evacuated tube collector systems and various low concentration compound parabolic units (Kalogirou, 2013). In some countries, such as Cyprus, renewable energy systems and in particular solar water heating are used extensively, with 93% of all domestic dwellings currently equipped with such a system (Maxoulis & Kalogirou, 2008).

The benefits of solar water heating systems are well known but one area of concern has been their integration. Most solar collecting components are mounted on building roofs with no attempt to incorporate them into the building envelope. In many instances, they are actually seen as a foreign element on the building roof. Many architects, irrespective of the potential benefits, object to this use of renewable energy systems due to this fact alone. The problem will be even more serious, when solar space heating and cooling systems are used, as they require much more solar collectors. It is therefore necessary to find ways to better integrate solar collectors within the building envelope and/or structures, which should be done in a way that blends into the aesthetic appearance and form of the building architecture in the most cost effective way.

As was seen above, various solar heating systems can be installed in buildings and each one of them has to be considered by itself when building integration is considered. Evacuated tube collectors can lead to serious rain penetration problems when integrated in buildings unless a special construction is done behind the collector to keep the rain out of the building structure.

Two solutions of building integrated flat-plate collectors are shown in Figure 1 as examples of this application. The collector consists of the usual parts found in stand-alone systems without the casing and the whole construction is set up in front of the brick of the normal brick-wall. The collector can be installed directly on the wall, as shown in Figure 1(a), or by leaving an air gap between the insulation and the brick, as shown in Figure 1(b), according to the prevailing conditions that exist in the area of installation and the necessity to avoid migration of moisture into the building. In both cases, good insulation is used to avoid transferring unwanted heat into the building, especially during the summer months. The same construction can be used for sloping roof applications in which case the brick is replaced by concrete slab.

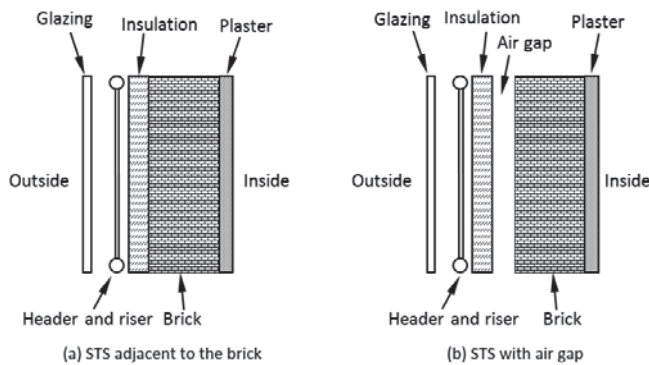


Figure 1. Two solutions of façade building integrated flat plate collectors.

In view of the EPBD, which requires also the extensive use of thermal insulation, the above solutions can be viewed, especially for retrofitting applications, as external insulation applied to the external wall surface, protected with glazing. So the only extra element required is the header and riser assembly, storage tank and piping (not shown) and glazing in order to convert the system into a thermal energy collection system. Of course, the ideas and systems to be used are not limited to the ones shown in Figure 1, but are extended to various other ones as shown subsequently. Additionally, many readymade products already appear on the market, like roof singles, façade coverings etc., all of which are also solar thermal collectors. Some typical examples are shown in Figure 2.

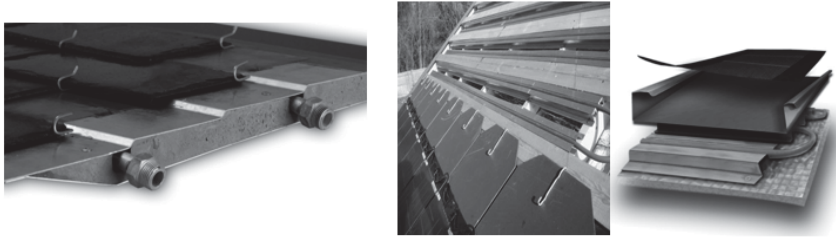


Figure 2. Commercial BISTS components

4 BISTS CLASSIFICATIONS/SYSTEMS

Building Integrated Solar Thermal Systems (BISTS) have been classified across a range of operating characteristics, system features and mounting configurations. The main classification criteria of all STS are based on the method of transferring collected solar energy to the application (active or passive), the energy carrier (air, water, water-glycol, oil, etc.) and the final application for the energy collected (hot water and/or space heating, cooling, process heat or mixed applications).

Additionally for BISTS the architectural integration quality based on structural, functional and aesthetical variations have to be classified. The collector as a central element in the integration has to fulfill in some cases many more specifications than the ordinary “add-on” collectors.

The majority of BISTS can be classified as being either passive or active, e.g. in the first case using thermal buoyancy for fluid transport (natural convection or circulation) or no transport at all, and in the second case utilizing pumps or fans to circulate the thermal transfer fluid to a point of demand or storage (forced convection or circulation). A number of systems are however hybrids, operating in part through a combination of natural and forced transport methods. Many façade solar air heaters use thermal buoyancy to induce an air flow through the vertical cavities that can be further augmented with in-line fans (and heating) if necessary. The BISTS delivers thermal energy to the building but additionally other forms of energy may contribute to the buildings energy balance. For instance daylight comes through a transparent window or façade collector, or PV/T systems will also deliver electrical power which may be used directly by any auxiliary electrical services. Heated air or water can be stored or delivered directly to the point of use. Although the range of applications for thermal energy is extensive, all of the evaluated studies demonstrate that the energy is used to provide one or a combination of the following cases.

4.1 Space heating

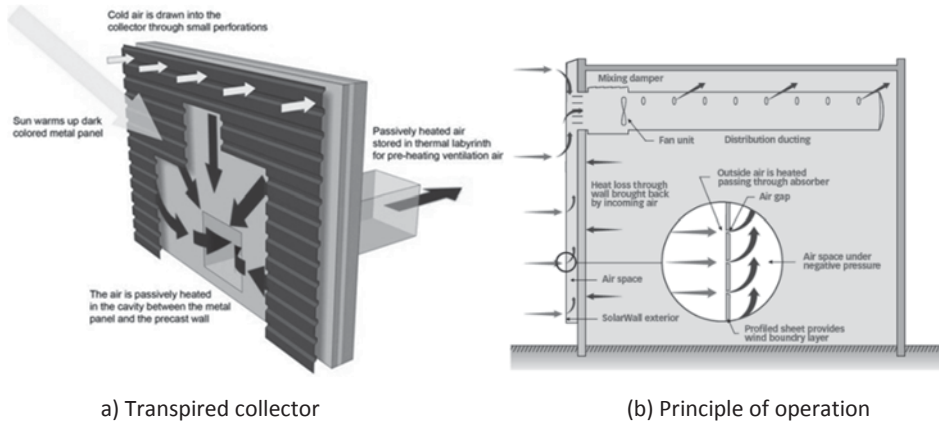
Thermal energy produced by a BISTS may reduce the space heating load of a building by adding solar gains directly (e.g. by a passive window) or indirectly (e.g. by transferring heat from the collector via a storage to a heating element) into the building as shown in Figure 3.



Figure 3. An indirect solar-comb construction BISTS.

4.2 Air heating & ventilation

Thermal heat may be used also to preheat fresh air needed in the building. Air is heated directly or indirectly (in a secondary circuit) and using forced flow or thermosiphonic action is used to provide space air heating and/or ventilation to the building as shown in Figure 4. In some instances, an auxiliary heating system is used to augment the heat input because of comfort reasons. This type of collector is called transpired air collector, shown in Figure 4(a). In this thousands of small holes are drilled on the building cladding, which is of dark colour. Air is drawn through these holes and by doing so it is heated and used directly in the space, as shown in Figure 4(b).



a) Transpired collector
Figure 4. Transpired air collector.

(b) Principle of operation

This is one of the mostly used systems and is applied in a large number of buildings mainly in Canada and USA. Notably the first application, which is also the largest solar air heating system in the world, is the Canadair Facility in Bombardier, Montreal, renovated in 1991. The solar installation was integrated on the extensive renovations that were needed to improve the indoor air quality and the appearance of the aged buildings of the complex. This is shown in Figure 5 together with other buildings where this system is installed.



(a) Canadair facility
(b) Avon theatre, Canada
(c) Toronto airport, Canada
Figure 5. Applications of transpired air collector in various buildings.

A variation of this collector is the Kingspan façade solar air heater shown in Figure 6, where instead of small wholes air passage is used as shown in the figure. Here the air enters on one side of the passage, as shown, and is withdrawn on the other side.

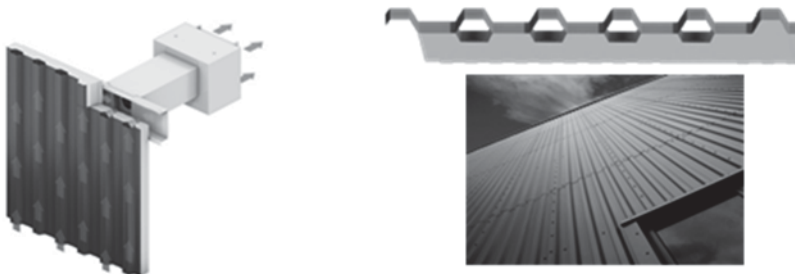
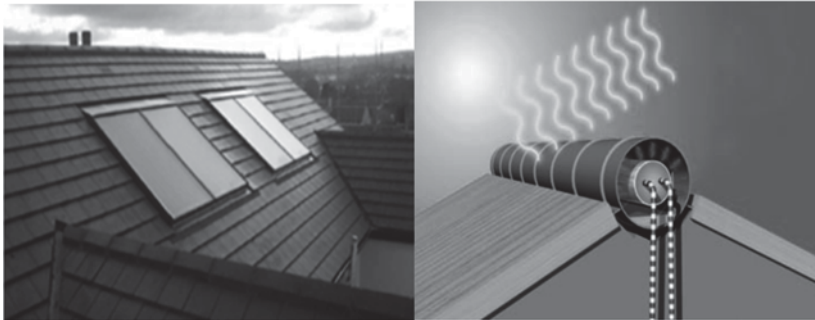


Figure 6. Solar air heating façade BISTS with auxiliary heating system.

4.3 Water heating

Covering hot water demand in the building is the most popular application. In the majority of water heating BISTS, a customized heat exchanger or integrated proprietary solar water heater is used to transfer collected heat to a (forced) heat transfer fluid circuit and on to an intermediate thermal store and/or directly to a DHW application. In most instances, an auxiliary heating system is used to augment the heat input. Two examples are shown in Figure 7.



(a) Roof integrated flat plate collectors (b) Roof integrated integrated collector storage (ICS) unit
Figure 7. Roof integrated BISTS for Solar Water Heating.

4.4 Cooling & ventilation

In cooling dominated climates, buildings most of the time have an excess of thermal energy, and there BISTS can also be a technology to extract heat from a building. There are a number of methods providing a cooling (and/or ventilation) effect to a building; shading vital building elements, desiccant linings and supplying heat directly to ‘sorption’ equipment. An interesting idea is using induced ventilation through a stack effect and reverse operation of solar collecting elements for night-time radiation cooling as illustrated in Figure 8 (OM, 2014).

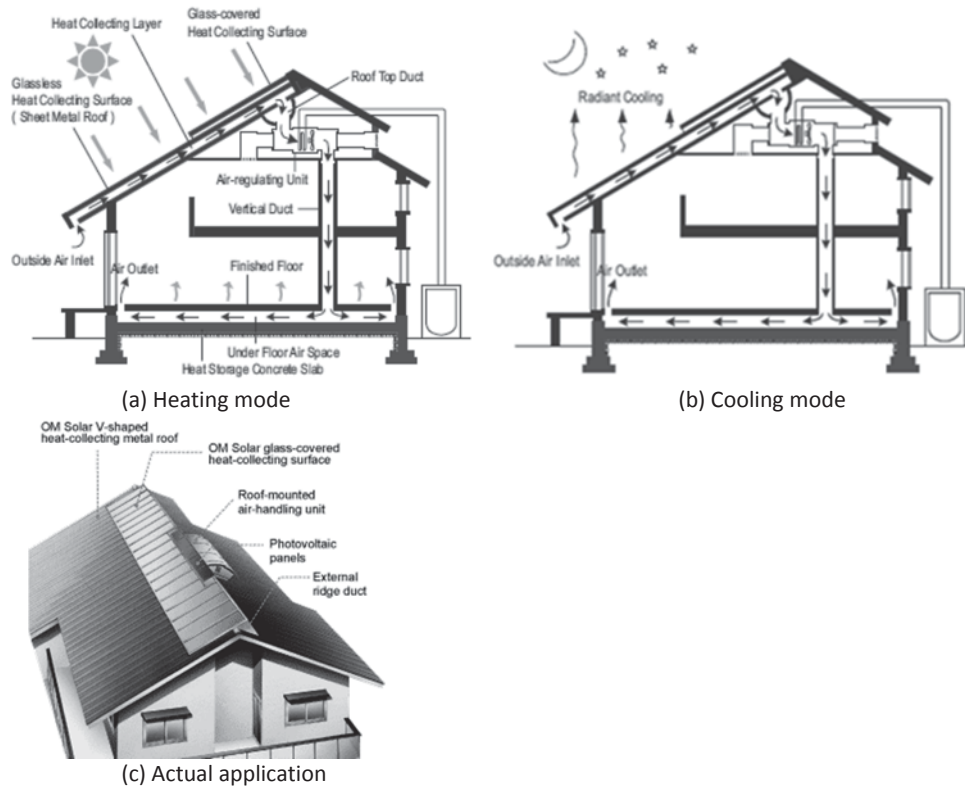


Figure 8. Radiant cooling via a reversed BISTS (OM, 2014).

During the solar heating mode, shown in Figure 8(a), fresh outdoor air enters a channel under the roof and flows upward. The air is heated on contact with the metal roof sheet, passing

through an upper glazed section (to improve collection) whereupon the heated air enters roof top duct and is mechanically forced through the air-regulating unit. The temperature controlled air is directed down into the space to be heated via underfloor channels between the floor and the concrete slab before finally being diffused into the room through the floor diffusers. In summer cooling mode, shown in Figure 8(b), outdoor air is directed through the roof channels at night-time, thus sub-cooled using radiant cooling, and as with the heating mode, directed into the space to be cooled via the underfloor channels (OM, 2014). An actual domestic example of this system is shown in Figure 8(c).

4.5 Other

The majority of BISTS documented are mounted on the façade or roofing structures, but a significant number can be classified as being ‘other’. This embraces a multitude of mounting options, from shading devices to balcony balustrades such as the ones shown in Figure 9.



Figure. 9. BISTS balustrade/railing feature.

An additional classification can relate to the mode of installation; new build, refurbishment or retrofit which is often related to the form of the design or components utilized be proprietary/pre-fabricated or customized. Further sub-section classification can be related to features such as optical enhancements or indirect benefits associated with the BISTS, such as weather-proofing, acoustic attenuation or thermal insulation.

The work presented in this paper gives a brief summary of the activities carried out during the first year of the COST Action TU1250. The subsequent activities of the Action include the development of new products/systems, some of which will be demonstrated with actual pilot units, the creation of new models to help in the design of such systems, and the suggestion of new testing techniques to evaluate the performance of such systems. These include the following five systems:

- Integrated PV/T/storage – modular façade unit.
- Concentrating transpired collector.
- Glazing integrated day-lighting/thermal collector.
- Vacuum tube collectors on vertical facades.
- Total construction integration of solar thermal.

The last one is the system described in section 3 but the purpose is to find solutions on fixing the absorber plate in front of the insulation, solutions on fixing large glass covers in front and ways to integrated hot water storage on the building structure, if possible.

5 CONCLUSIONS

The Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) requires that RES are actively promoted in offsetting conventional fossil fuel use in buildings. A better appreciation of PV and STS integration will directly support this objective, leading to an increased uptake in the application of renewables in buildings. This uptake in RES in buildings is expected to rise dramatically in the next few years. This is further augmented by a recast of the Directive, which specifies that the

buildings in EU should be of nearly zero energy consumption (residential and commercial buildings by the year 2020 and public buildings by 2018). Meeting building thermal loads will be primarily achieved through an extensive use of renewables, following standard building energy saving measures, such as good insulation or advanced glazing systems. STS are expected to take a leading role in providing the electrical and thermal energy needs, as they can contribute directly to the building heating, cooling and domestic hot water requirements.

As can be seen from the solutions presented in this paper a number of ideas have been tried and others are just at the concept stage and generally more R&D effort is needed. It is believed that in the coming years more and more of these solutions/ideas will find their way in the market in view of the implementation of the directives imposed by the EU.

6 ACKNOWLEDGMENTS

The author is grateful to the EU COST Action TU1205: “Building integration of solar thermal systems (BISTS)” for its sponsorship.

REFERENCES

- European Commission. 2005. Doing more with less, Green Paper on energy efficiency, 22.06.2005 COM.
- Kalogirou, S.A. 2013. Solar Energy Engineering: Processes and Systems, Elsevier, New York, Academic Press.
- Maxoulis, C.N. & Kalogirou, S.A. 2008. Cyprus energy policy: the road to the 2006 World Renewable Energy Congress Trophy, Renewable Energy 33: 355–365.
- OM. 2014. OM Solar Association. <http://www.omsolar.net/en/omsolar2/roof.html> (accessed 28/7/2014).

Evaluation of the environmental profile of a building-integrated solar thermal collector, based on multiple life-cycle impact assessment methodologies

Chrysovalantou Lamnatou

University of Lleida, Applied Physics section of the Environmental Science department, Lleida, Spain
lamnatou@macs.udl.cat

Gilles Notton

University of Corsica, Research Centre Georges Peri, Corsica, France
notton@univ-corse.fr

Daniel Chemisana

University of Lleida, Applied Physics section of the Environmental Science department, Lleida, Spain
daniel.chemisana@macs.udl.cat

Christian Cristofari

University of Corsica, Research Centre Georges Peri, Corsica, France
cristofari@univ-corse.fr

ABSTRACT: The present article is based on the collaboration between the University of Lleida (Spain) and the University of Corsica (France). In the frame of this collaboration, the environmental profile of a patented building-integrated solar thermal collector is evaluated. The studied collector was developed and experimentally tested at the University of Corsica, within the concept "integration into gutters with no visual impact". For the environmental impact assessment, three configurations (the reference system and two alternative systems) are examined. Multiple life-cycle impact assessment methodologies (single-score/eco-point methodologies, embodied energy/embodied carbon) as well as multiple scenarios are adopted. Several environmental indicators are calculated and compared with data from the literature. By taking into account the full life-cycle of the systems, the results reveal that the configuration with collectors in parallel connection can considerably improve the energy performance and thus, the environmental profile of the reference system (collectors in series connection).

Keywords: Building-integrated solar thermal collector; Life-cycle analysis; Life-cycle impact assessment methodologies; Single-score/eco-point methodologies; Embodied energy and embodied carbon

1 INTRODUCTION

Building-Integrated (BI) solar systems offer several advantages compared to Building-Added (BA) configurations. In the literature, there is a small number of experimental and/or numerical investigations about BI solar thermal systems (Notton et al, 2013; Motte et al., 2013a, b; Notton et al., 2014) since these configurations are a new tendency (even if some types of BI solar thermal systems exist several years ago).

Concerning studies which examine the environmental profile of the systems by means of Life Cycle Analysis (LCA), most of them are about BA solar thermal collectors for domestic hot water. Examples of LCA about BA active flat-plate collectors are: 1) Kalogirou (2004): solar water heating and solar space/water heating systems (Nicosia, Cyprus); the energy for manufacture/installation was recouped in about 1.2 years while the payback time for the emissions ranged from few months to 9.5 years; 2) Carlsson et al. (2014): flat-plate, evacuated-tube and polymeric collectors; the polymeric collector showed the best environmental

performance. There are also LCA studies about BA passive flat-plate collectors (Ardente et al. 2005; Kalogirou, 2009), integrated collector/storage solar water heaters (Battisti & Corrado, 2005) and passive solar walls (Bojić et al., 2014). Nevertheless, there are very few LCA studies about BI active solar thermal systems (Lenz et al., 2012; Lamnatou et al., 2014). In the critical review of Lamnatou et al. (2015) the gaps in the literature regarding LCA of BI solar systems (with emphasis on BI solar thermal) are identified.

The literature review shows that most of the LCA studies about solar thermal systems for buildings are about embodied energy/CO₂ emissions of BA configurations. Therefore, more LCA studies about real BI solar thermal systems, especially with "eco-point/single-score" Life-Cycle Impact Assessment (LCIA) methodologies, are needed. The scope of the present investigation is to fill the above mentioned gaps by evaluating the environmental profile of a patented BI solar thermal collector by utilising multiple LCIA methodologies: Eco-indicator 99 (EI99), IMPACT 2002+, Embodied Energy (EE) and Embodied Carbon (EC). In this way, the present article, along with authors' previous study (Lamnatou et al., 2014) offers a comprehensive environmental performance of the proposed BI active solar thermal system, based on multiple approaches and LCIA methodologies.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Phases, functional unit, system boundaries

Based on ISO 14040 (2006) and ISO 14044 (2006), the phases of: 1) goal and scope definition, 2) life-cycle inventory, 3) life-cycle impact assessment and 4) interpretation are adopted. The whole system (14 solar collectors; additional components: storage tank, pump, external tubes with their insulation, glycol) is the functional unit. The boundaries include the whole system in terms of: material manufacture (collectors and system additional components), manufacture of the collectors, system installation, use/maintenance, transportation and disposal.

2.2 Definition of the solar system

The BI solar thermal system which is evaluated (Fig. 1) was developed and tested at the University of Corsica, in France. It is based on a patented solar collector for water heating (Cristofari, 2006), integrated into building gutters (Fig. 1a). One installation contains several connected modules (one module is around 1 x 0.1 m²). The components of one unit are presented in Figure 1b. In Tables 1 and 2, details about the studied Systems (1-3) are given. Systems 1 and 2 have been studied experimentally as well as numerically (Motte et al., 2013a, b; Notton et al., 2013, 2014) while System 3 has been studied only numerically (Motte, 2012) since absorbers of this size with tubes at the same level are not commercially available.



Figure 1. a) Solar gutter, b) Solar thermal module.

Table 1. Basic characteristics of the studied BI solar thermal systems (Systems 1-3)*.

System	Basic technical characteristics	Thermal energy production (kWh/year)	Electricity for pumping (kWh/year)	Electricity for auxiliary heating (kWh/year)
1 (Reference)	Collectors of series connection; Tubes at different levels	549.16	63.03	972.10
2	Collectors of parallel connection; Tubes at different levels	811.21	61.54	815.93
3	Collectors of series connection; Tubes at the same level	884.75	63.21	770.42

2.3 Assumptions

- The calculations refer to Systems 1-3 (Tables 1 and 2): 14 solar collectors (around 2 m² total solar absorber surface), one 100 l tank (for two persons).
- The impact due to the processes for collector manufacture is considered as 27% of the impact for the manufacture of collector materials (Kalogirou, 2009).
- The impact of system installation is assumed to be 3% of the total impact for the manufacture of collector/additional components (Kalogirou, 2009).
- Glycol is used as anti-freeze protection fluid (20% glycol in the glycol-water mixture).
- Use phase includes: electricity for pumping/auxiliary heating; one replacement for glasses and storage tank; five replacements for glycol; general maintenance (= 10% of the impact for material manufacturing (for collectors): Nawaz & Tiwari, 2006).
- Transportation: truck (from factory gate to building; from building to disposal site); 50 km.
- Disposal: landfill for most of the materials; it includes: materials/components of all the collectors, system additional components, components which are replaced over system lifetime; chemical landfill for the plastics; municipal waste incineration for glycol. For the EE and EC study, landfill is considered for all the materials (Lamnatou et al., 2014).
- Scenario "Recycling" concerns glass, aluminium, copper (for: collectors, system additional components, parts of the system that are replaced over system lifetime).
- 30-years system lifetime" is assumed (Source: Energy efficiency 2005-06).
- For the energy metrics, the output of the solar thermal system is converted into primary energy by adopting 1.085 kWh_{primary energy}/kWh_{delivered energy} (conventional boiler (gas or oil); close to the value considered by Ardenete et al., 2005).

2.4 Life Cycle Inventory

Life Cycle Inventory (LCI) (Table 2) is based on: 1) ecoinvent database for EI99 and IMPACT 2002+, 2) ICE (Hammond and Jones, 2011) and ALCORN (Alcorn, 2003) databases for EE and EC. LCI includes the gutter in order to have a more complete picture of the materials, even if gutter could not be considered as part of the collector itself.

Table 2. Life Cycle Inventory (LCI) (the same for Systems 1-3).

Materials/components	Mass (kg)
For one collector:	
Black absorber (aluminium)	0.196
Cover (glass)	1.417
Tube 1 for cold water (copper)	0.253
Tube 2 for hot water (copper)	0.253

* Details about the studied systems can be found in: Cristofari, 2006; Motte, 2012; Motte et al., 2013a, 2013b; Notton et al., 2013, 2014.

Table 2. Life Cycle Inventory (LCI) (the same for Systems 1-3) (cont.).

Materials/components	Mass (kg)
Thermal insulation (rockwool)	0.231
External casing (aluminium)	0.615
Two blades (polycarbonate (PC))	0.048
Polyester 1 (at the casing)	0.007
Gutter (aluminium)	0.728
Polyester 2 (at the gutter)	0.010
Additional for the system:	
Storage tank (stainless steel)	12.479
Storage tank (rockwool insulation)	4.081
Tubes (copper)	5.637
Tubes (polyurethane insulation)	1.804
Propylene glycol	1.400
Pump (stainless steel)	3.000

2.5 Life-cycle impact assessment methodologies

EI99 is an endpoint methodology and it includes three damage categories: human health, ecosystem quality and resources (PRé-Consultants, 2000). For the present LCA study, the hierarchic perspective (balance between short and long term time perspective: PRé-Consultants, 2000) is utilized. IMPACT 2002+ has a combined midpoint/damage approach and it includes four damage categories: human health, ecosystem quality, climate change, resources (Jolliet et al., 2003). The results based on EI99 and IMPACT 2002+ are presented in points (Pts). EE is the amount of energy necessary to process (and supply to the construction site) a material. In the same way, the emission of energy-related pollutants such as CO₂ may be viewed over the life-cycle (e.g. of a product); thus, EC arises (Hammond & Jones, 2008).

For the EPBT, Eq. (1) (Lamnatou et al., 2014) is adopted:

$$EPBT = \frac{E_{in}}{E_{out.a} - E_{O\&M.a}} = \frac{E_{mat} + E_{inst} + E_{disp} + E_{transp}}{E_{out.a} - E_{O\&M.a}} \quad (1)$$

where, E_{in} = total input for system material/component manufacture, system installation, material disposal and transportation; $E_{out.a}$ = annual output of the solar system (converted into primary energy); $E_{O\&M.a}$ = annual energy needs during the use phase of the system^{**}; E_{mat} = total EE for material manufacture (materials of collectors/system additional components) and for collector manufacture; E_{inst} = energy needed for the installation of the system; E_{disp} = EE for material/component disposal at the end of their life; E_{transp} = EE regarding transportation of the materials/components from the factory gate to the building and from the building to the disposal site.

All the above mentioned E quantities refer to primary energy.

The equation of Greenhouse-gas Payback Time (GPBT) (Eq. 2) is based on the carbon payback period of Marimuthu & Kirubakaran (2014):

$$GPBT = \frac{\text{life-cycle } CO_{2,eq} \text{ emissions}}{\text{annual avoided } CO_{2,eq} \text{ emissions}} \quad (2)$$

^{**} For the energy-metric calculations, the energy inputs include electricity for pumping/auxiliary heating

For the GPBT, the phases of material/collector manufacture, manufacture of the materials for the additional components, installation, transportation and disposal are considered as “life cycle CO_{2,eq} emissions” for Systems 1-3. Annual avoided CO_{2,eq} emissions are calculated based on the annual output of each system and having as reference gas oil emissions (0.279 kg CO₂/kWh_{th}: DEFRA, 2012). The GPBT is also calculated with an alternative way (GPBT’): for that case only material manufacturing (for collectors) is considered as “life-cycle CO_{2,eq} emissions”.

2.6 Sensitivity analysis, limitations

Multiple scenarios are adopted: 1) “No Recycling” vs. “Recycling”; 2) France’s vs. Spain’s electricity mix. For the case of EE and EC, an additional scenario regarding databases, is also adopted: ICE vs. ALCORN database. The relatively high consumption of electricity during use phase (Table 1) is a limitation of the proposed systems. For some cases building integration, apart from the considerable advantages that offers, is related with a reduction in system efficiency. For the present BI solar thermal system, the relatively small area of the gutter (Fig. 1) limits collector surface and thus, collector output decreases. Further research is currently being conducted at the University of Corsica in order to further develop the proposed systems. In the frame of this goal, alternative materials with low environmental impact could play an important role.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 EI99

In Figure 2, the full life-cycle^{***} EI99 Pts (for all the impact categories) per kWh of produced thermal energy are presented and compared with conventional sources of heat. System 2 is selected since it has considerably better performance than System 1 (Table 1) and it can exist commercially. For the comparison the results from the study of Adamczyk (2009) are used: small-scale boilers; conventional heat sources (Poland); generation of a defined thermal energy unit (excluding the impact of the boilers (manufacture, recycling)); functional unit: 1 kWh of thermal energy. From Figure 2 it can be observed that there is a considerable difference in the impact between solar System 2 and the conventional systems. More analytically, this difference ranges from around 0.005 to 0.038 Pts/kWh and it is higher for the comparison solar System 2 vs. electrical heating.

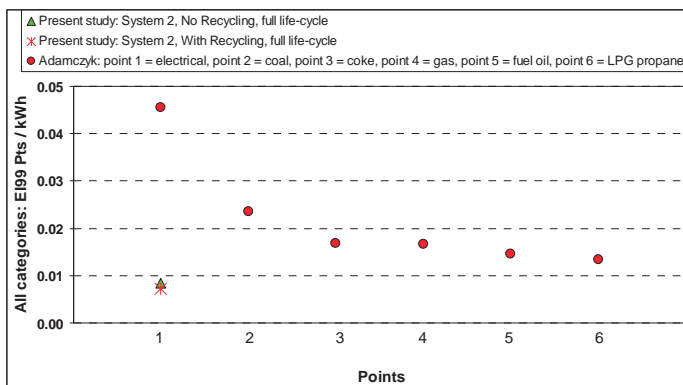


Figure 2. Full life-cycle impact (all the impact categories) EI99 Pts/kWh: System 2 vs. the boilers of Adamczyk (2009).

In Figure 3, the full life-cycle impact (EI99 Pts/kWh) regarding only “fossil fuels” impact category is illustrated. Figure 3 refers to the comparison of solar System 2 with conventional boilers (Adamczyk, 2009). For that case the difference between solar System 2 and the conventional

^{***} Material/collector manufacture; manufacture of the materials of the additional components; installation; use phase (pumping and auxiliary heating (based on France’s electricity mix), component replacement, general maintenance); transportation; disposal

systems ranges from around 0.007 to 0.02 Pts/kWh and it is higher for the comparison of solar System 2 with electrical heating. Adamczyk (2009) noted that the high impact of electrical heating is related with the use of hard coal in the electrical power plant.

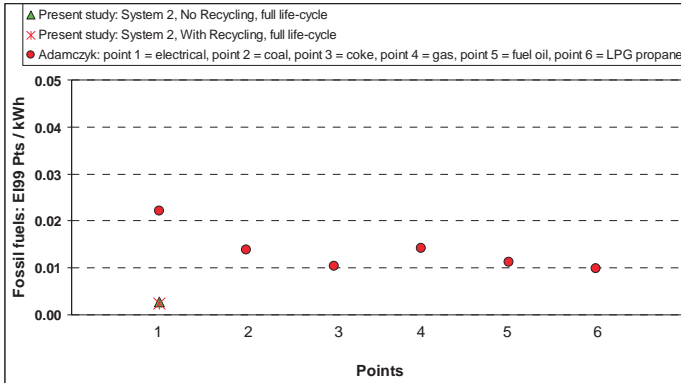


Figure 3. Full life-cycle impact (only for "fossil fuels") EI99 Pts/kWh: System 2 vs. the boilers of Adamczyk (2009).

3.2 IMPACT 2002+

The full life-cycle impact of System 2, based on IMPACT 2002+, is 0.000118 and 0.000111 Pts/kWh for scenario "No Recycling" and "Recycling", respectively.

The annual impact related with auxiliary heating is calculated based on two scenarios: France's vs. Spain's electricity mix. The results for France show an annual footprint of 0.095, 0.08 and 0.075 IMPACT 2002+ Pts for Systems 1, 2 and 3, respectively. For Spain these values are 0.186, 0.156 and 0.147 IMPACT 2002+ Pts for Systems 1, 2 and 3, respectively. Thus, there is a reduction of around 49% in the impact by using France's instead of Spain's electricity mix. At this point it should be noted that although France's electricity has lower impact based on LCIA methodology IMPACT 2002+, the high penetration of nuclear energy in France's electricity mix is associated with high Cumulative Energy Demand (CED) (total CED \approx 12.04 MJ_{eq}/kWh), higher than Spain's electricity mix (total CED \approx 10.93 MJ_{eq}/kWh) (Dones et al., 2007). It should be also mentioned that Corsica's electricity mix is different from France's electricity mix. In Corsica there is no nuclear energy while the greatest part of island basic needs for electricity is covered by Diesel power plants and light-fuel combustion turbines (Source: EDF). In the present investigation, France's electricity is used because of the lack of detailed information about the environmental impact of Corsica's electricity.

3.3 Embodied energy

From Figure 4 and Figure 5 it can be observed that: 1) regarding the present findings, there is a good agreement between the results based on ICE and those based on ALCORN database; 2) concerning the comparison of the present results with those of Carlsson et al. (2014), in general, there is a good accordance; 3) System 1 for "No Recycling" has a high value of EPBT (as it was expected since this system has considerable lower performance in comparison with Systems 2 and 3: Table 1); 4) by adopting recycling there is a remarkable reduction in EPBT around 1-4 years and 0.4-0.8 years, for the present study and for Carlsson et al. (2014), respectively; 5) the utilization of polymer as alternative material leads to an EPBT reduction 0.1-0.7 years (Carlsson et al., 2014).

It should be noted that Carlsson et al. (2014): 1) for the EPBT considered a solar heating system producing 17.6 GJ heat per year (Stockholm) while the surfaces of the studied BA solar thermal collectors were 15, 12.8 and 8.2 m² for the polymeric, flat-plate and evacuated-tube configuration, respectively; 2) for the scenario "Recycling", assumed metal recycling.

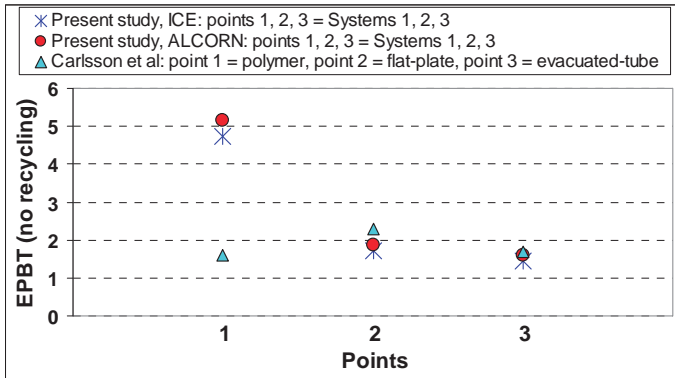


Figure 4. EPBT (years): Systems 1-3 (No Recycling; ICE vs. ALCORN) vs. the collectors of Carlsson et al. (2014).

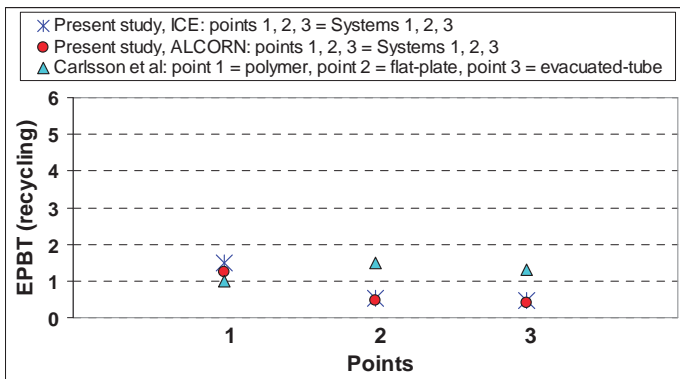


Figure 5. EPBT (years): Systems 1-3 (Recycling; ICE vs. ALCORN) vs. the collectors of Carlsson et al. (2014).

3.4 Embodied carbon

By giving emphasis on the impact for the manufacture of collector materials, GPBT^{''} is calculated based on the scenarios "No Recycling" vs. "Recycling" and ICE vs. ALCORN database. From Figure 6 it can be seen that GPBT^{''} ranges from 1.22 to 2.03 years and from 0.17 to 0.41 years for the case "No Recycling" and "Recycling", respectively. Moreover, in Figure 6, a good agreement between the results based on ICE and those based on ALCORN can be observed.

Regarding Figure 7, it should be noted that the references included in this figure concern: flat-plate collector of capacity 100 l per day (Marimuthu & Kirubakaran, 2014), flat-plate collector with 180 l water tank (Ardente et al., 2005), flat-plate collector (Ozturk et al., 2012), integrated collector/storage system with 1.68 m² collector surface (Battisti & Corrado, 2005). All the above mentioned studies are about small-scale installations for domestic hot water and thereby, their impact can be compared with the impact of the proposed Systems 1-3.

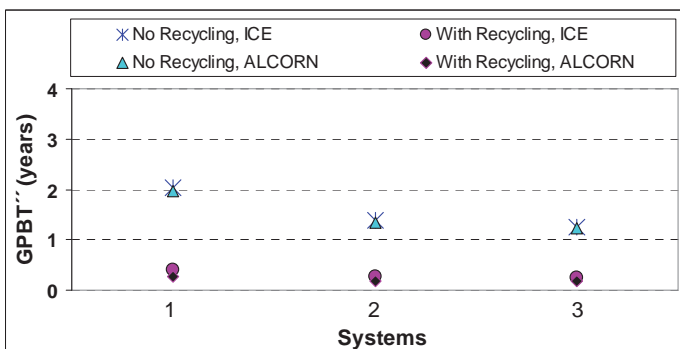


Figure 6. GPBT^{''} (years): Systems 1-3. Scenarios: "Recycling" vs. "No Recycling"; ICE vs. ALCORN.

From Figure 7, based on the findings of the present work, it can be observed that recycling leads to a GPBT reduction of 1.4-2.5 years while the results based on ICE are in accordance with those based on ALCORN database. Regarding the comparison of the present findings with the literature, the best agreement is between the GPBT of System 2 and System 3 (scenario "Recycling") and the GPBT of Battisti & Corrado (2005) (collector with electric boiler).

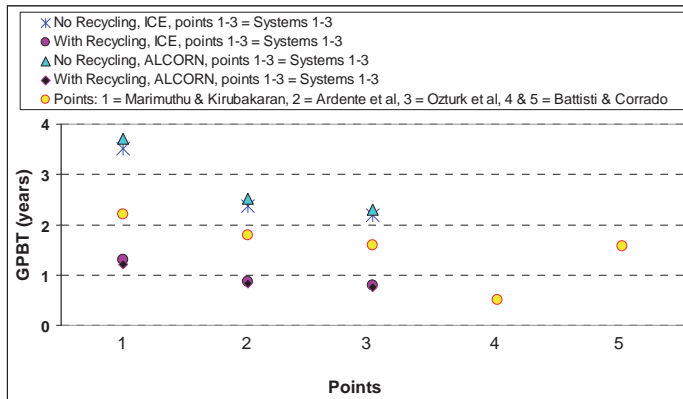


Figure 7. GPBT (years): Systems 1-3 ("Recycling" vs. "No Recycling"; ICE vs. ALCORN) vs. the collectors of Marimuthu & Kirubakaran (2014), Ardente et al. (2005), Ozturk et al. (2012), Battisti & Corrado (2005) (points 4 and 5 = configurations with electric and natural gas boiler, respectively).

4 CONCLUSIONS

LCA of a BI active solar thermal system (three configurations) is performed. The LCIA methodologies EI99, IMPACT 2002+ along with embodied energy and embodied carbon, based on multiple scenarios and databases are adopted.

In terms of EI99, System 2 (collectors in parallel) for full life-cycle (all the impact categories) shows 0.0085 and 0.0072 Pts/kWh (for "No Recycling" and "Recycling", respectively): lower than the impact of conventional small-scale boilers from the literature.

Regarding IMPACT 2002+, the annual footprint for auxiliary heating has a reduction of around 49% if France's electricity is used, instead of Spain's electricity. Although France's electricity has lower footprint based on IMPACT 2002+, the high penetration of nuclear energy leads to high CED (higher than Spain's electricity) (Dones et al., 2007).

Concerning EPBT: 1) for the present study, there is accordance between the results based on ICE and those based on ALCORN database; 2) in general, the present results show good agreement with those of Carlsson et al. (2014) (BA solar thermal collectors); 3) by recycling there is a remarkable EPBT reduction ranging from around 1 to 4 years (for the present study).

With respect to GPBT and based on the present investigation, recycling leads to a GPBT reduction of 1.4-2.5 years while the results based on ICE are in accordance with those based on ALCORN database. By examining the present findings vs. those of the literature, the best agreement is between the GPBT of System 2 and System 3 (scenario "Recycling") and the GPBT of an integrated collector/storage configuration with electric boiler.

In general, the present results, based on all the LCIA methodologies used, demonstrate that the reference system (System 1) with small modifications such as parallel connection of the collectors (System 2) has significantly improved efficiency and thus, considerably improved environmental performance. A further reduction of the impact can be achieved by recycling.

Conclusively, the present article along with authors' previous study (Lamnatou et al., 2014) provide a comprehensive investigation about the environmental profile of the proposed BI active solar thermal system, based on multiple approaches and LCIA methodologies.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge networking support by the COST Action TU1205 Building Integration of Solar Thermal Systems.

REFERENCES

Adamczyk, J. 2009. LCA analysis of conventional heat sources as a tool in environmental management in the building sector. *Archives of Waste Management* 11(2): 1-8.

Alcorn, A. 2003. Embodied Energy and CO₂ Coefficients for NZ Building Materials, Research and publication by the Centre for Building Performance Research, Victoria University of Wellington, Prepared with support from Building Research Association of New Zealand Wellington.

Ardente, F., Beccali, G., Cellura, M., & Lo Brano, V. 2005. Life cycle assessment of a solar thermal collector: sensitivity analysis, energy and environmental balances. *Renewable Energy* 30: 109–130.

Battisti, R., & Corrado, A. 2005. Environmental assessment of solar thermal collectors with integrated water storage. *Journal of Cleaner Production* 13: 1295-1300.

Bojčić, M., Johannes, K., & Kuznik, F. 2014. Optimizing energy and environmental performance of passive Trombe wall. *Energy and Buildings* 70: 279–286.

Carlsson, B., Persson, H., Meir, M., & Rekstad, J. 2014. A total cost perspective on use of polymeric materials in solar collectors – Importance of environmental performance on suitability. *Applied Energy* 125:10-20.

Cristofari, C. 2006. Device for collecting rainwater and solar energy originating from light radiation. Patent n° WO 2006/100395 A1: 28/09/2006.

DEFRA. 2012. Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors, July 2012, PB 13792, Published by the Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK.

Dones, R., Bauer, C., Bolliger, R., & Burger, B., Faist Emmenegger, M., Frischknecht R., Heck T., Jungbluth N., Röder A., Tuchschnid, M. 2007. Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and other UCTE Countries.ecoinvent report No 5, Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Center for Life Cycle Inventories, CH

Électricité de France (EDF), corse.edf.com/edf-en-corse/nos-energies/nos-energies-48454.html

Energy Efficiency (2005-06), 2nd Report of Session 2005-06, Great Britain: Parliament: House of Lords: Science and Technology Committee, Volume II: evidence.

Hammond, G.P. & Jones, C.I. 2008. Embodied energy and carbon in construction materials, Proceeding of the Institution of Civil Engineers - Energy 161(2): 87-98.

Hammond, G. & Jones, C. 2011. Inventory of Carbon and Energy (ICE), Department of Mechanical Engineering, University of Bath, UK.

ISO 14040:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. Geneva: ISO.

ISO 14044:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. Geneva: ISO.

Jolliet, O., Margni, M., Charles, R., Humbert, S., Payet, J., Rebitzer, G., & Rosenbaum, R. 2003. IMPACT 2002+: a new life cycle impact assessment methodology. *International Journal of Life Cycle Assessment* 8(6): 324-330.

Kalogirou, S.A. 2004. Environmental benefits of domestic solar energy systems. *Energy Conversion and Management* 45: 3075–3092.

Kalogirou, S. 2009. Thermal performance, economic and environmental life cycle analysis of thermosiphon solar water heaters. *Solar Energy* 83: 39–48.

Lamnatou, Chr., Notton, G., Chemisana, D., & Cristofari, C. 2014. Life cycle analysis of a building-integrated solar thermal collector, based on embodied energy and embodied carbon methodologies. *Energy and Buildings* 84: 378-387.

Lamnatou, Chr., Chemisana, D., Mateus, R., Almeida, M.G., & Silva, S.M. 2015. Review and perspectives on Life Cycle Analysis of solar technologies with emphasis on building-integrated solar thermal systems. *Renewable Energy* 75: 833-846.

Lenz, K., Wittstock, B., Jäger, M., Schneider, S., & Sedlbauer, K. 2012. LCA of energy generating components for facade integration in existing high-rise buildings, *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development* 3(3), 168-176.

Marimuthu, C. & Kirubakaran, V. 2014. Carbon Payback Period and Energy Payback Period for Solar Water Heater. *International Research Journal of Environment Sciences* 3(2): 93-98.

Motte, F. 2012. Etude d'un capteur à haute intégration bâti: la corniche solaire H2OSS. Modélisation et optimisation d'un dispositif à double captation fluïdique et calorifique, PhD thesis, University of Corsica – Pascal Paoli, France.

Motte, F., Notton, G., Cristofari, C., & Canaletti, J.L. 2013a. A building integrated solar collector: Performances characterization and first stage of numerical calculation. *Renewable Energy* 49: 1-5.

Motte, F., Notton, G., Cristofari, C., & Canaletti, J.L. 2013b. Design and modelling of a new patented thermal solar collector with high building integration. *Applied Energy* 102: 631–639.

Nawaz, I., & Tiwari, G.N. 2006. Embodied energy analysis of photovoltaic (PV) system based on macro- and micro-level. *Energy Policy* 34: 3144–3152.

Notton, G., Motte, F., Cristofari, C., & Canaletti, J.L. 2013. New patented solar thermal concept for high building integration: Test and modeling. *Energy Procedia* 42: 43–52.

Notton, G., Motte, F., Cristofari, C. & Canaletti, J.L. 2014. Performances and numerical optimization of a novel thermal solar collector for residential building. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 33: 60–73.

Ozturk, M., Ozek, N., Batur, H. & Koc M. 2012. Thermodynamic and life cycle assessment of flat-plate collector, photovoltaic system and photovoltaic thermal collector, *International Journal of Exergy* 11(2): 229-251.

PRé-Consultants. 2000. Eco-indicator 99. Manual for designers, A damage oriented method for life cycle impact assessment. PRé Consultants, The Netherlands.

The ecoinvent center, www.ecoinvent.ch

Consideration of Certain Health Issues Related to Solar Hot Water Systems

Nikola Z. Furundzic

Dental practice "Furundzic ordinacija", Belgrade, Serbia
stomordinacija227@gmail.com

Dijana P. Furundzic

Dental practice "Furundzic ordinacija", Belgrade, Serbia
stomordinacija227@gmail.com

Aleksandra Krstic-Furundzic

University of Belgrade, Faculty of Architecture, Department of Architectural Technologies, Belgrade, Serbia
akrstic@arh.bg.ac.rs

ABSTRACT: In the process of design and development of building integrated solar hot water systems (SHWS), in addition to functional, technical and aesthetic, aspects of health have to be taken into consideration. The subject of this paper is the impact that makes water on the surface of metal pipes and heater-heat exchanger and effects on potable water quality and human health. Corroded areas are places where metal ions pass into the water, resulting in a continuous increase in the amount of metal ions in water which can compromise human health. Changes can occur in all human organs including the oral cavity. In order to remain healthy consumers, it is necessary to examine the causes and consequences of increased amount of metal ions in potable water. The methodological approach includes consideration of the problem of corrosion of heater-heat exchanger, discussion of the impact of metal ions on human health and observation of the prevention measures. The aim is to point out the existing problems and ways to overcome them through the process of designing and constructing the SHWS.

Keywords: SHWS, heat exchanger, human health, drinking water quality, metal ions.

1 INTRODUCTION

The building sector, which accounts for ca. 40% of total final energy consumption in Europe, provides good opportunities for energy savings (Bloem & Atanasiu, 2006). Energy consumption in buildings is mainly for heating, cooling and for the provision of hot water. Appropriate building design, implementation of renewable energy sources and rational use of energy in buildings, can reduce energy use in buildings, consumption of pollutant energy sources and thereby reduce CO₂ emissions (Krstic-Furundzic & Kosoric, 2009). Solar thermal collectors (STC) have a significant role in reducing energy consumption in buildings and thus reducing environmental pollution. It is well known that the hot water consumption in buildings is significant. For this reason, there is an increasing number of integration of solar hot water collectors (SHWC) in the building envelope and scientific publications indicate that depending on the design variants of integration (orientation, inclination, type and color of SHWC) savings can vary from 30% to 50 or 60% (Golic et al., 2011, Krstic-Furundzic et al., 2012). Development of the SHWS is on the rise, but besides technical and functional improvements, it is important to improve the system in terms of safety, including the prevention of ill-effects on human health.

Solar systems for water heating in addition to its energy efficiency must be harmless to human health. This paper is referred to the materials used for production of heaters-heat exchangers that are immersed in lumen of the boiler. Since these heaters are made of materials that are used for water pipes construction, the review of the scientific papers that discuss the behavior

of the tube for drinking water distribution is conducted, especially as these experiences are based on decades of testing the impact of water on the surface of the pipe. Drinking water quality affects human health. In addition to the natural characteristics of water, which are related to the location and source, the composition of the water is significantly affected by pipes material, the degree of corrosion of the internal surface of the metal pipe and the flow rate of water through the pipe.

In the paper the methodological approach includes:

- consideration of the problem of corrosion of heater-heat exchanger;
- discussion of the impact of metal ions on human health;
- observation of the prevention measures.

2 CONSIDERATION OF BEHAVIOR OF METAL TUBES OF HEATERS-HEAT EXCHANGERS IN CONTACT WITH TAP WATER

This chapter is devoted to the problem of corrosion of heater-heat exchanger.

Metal tubes of heater, i.e. heat exchanger in case of solar hot water systems (SHWS) are immersed in water and make chemical reactions. Because of these reactions, metal ions transfer from surface of the tube into the water. The surface of the tube has protective film. The protective film on the surface of the tube is made of metal oxides. There are conditions when the film is weakened. Weakened place is called pitting corrosion and it is a common type of corrosion that occurs in situations where tubes have direct contact with tap water (Figs 1, 2). The first stage of pitting corrosion is the moment when metal oxides are demolished and free metal ions run into the water, causing problems like blue water and metal taste. Also, there are limited values of metal ions in tap water which are strictly defined by the relevant standards.

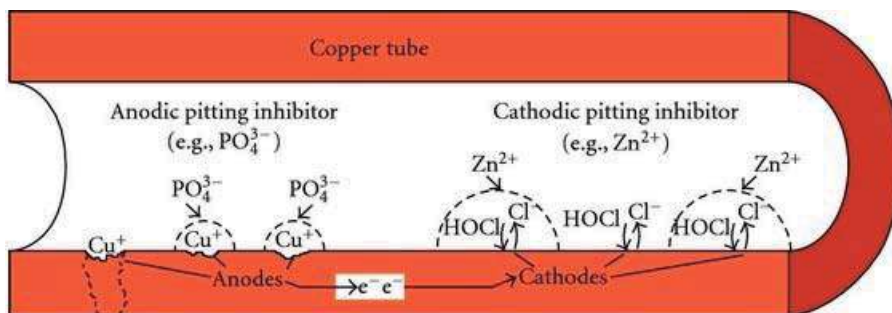


Figure 1. The mechanism of pitting corrosion of copper. (Hindawi)

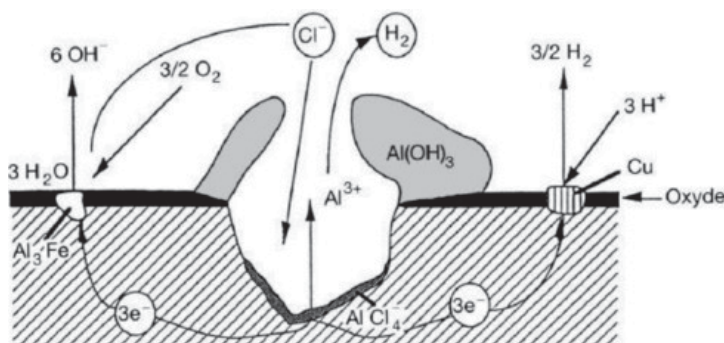


Figure 2. The mechanism of pitting corrosion of aluminium (Vargel, 2004)

Characteristics of water quality (pH, electric conductivity, elements in water), movements of the water and procedures of making alloys for tubes are circumstances that are affecting the appearance of pitting corrosion on tubes. The resistance to corrosion is better in running water than in stagnant water, so the rate of pitting corrosion is higher in stagnant water. The reason is

that the running water removes corrosion products and local excess of hydrogen and hydroxide ions (Vargel, 2004, Szklarska-Smialowska, 1998, Ambat, 2006).

Most common metals used for heaters-heat exchangers are copper and aluminum, so in tap water can be expected ions of these metals. According to some standards there are limited concentrations of these ions.

A revised Public Health Goal (PHG) of 300 parts per billion (ppb) has been developed for copper in drinking water, based on a re-review of the scientific literature since the original PHG, developed in 1997 (PHG 2008). Results from a number of studies from Europe, Canada and the USA indicate that copper levels in drinking-water can range from ≤ 0.005 to >30 mg/litre, with the primary source most often being the corrosion of interior copper plumbing (US EPA 1991, Health Canada 1992, IPCS 1998, US NRC 2000). Copper piping used for water distribution can add 0.1mg/day to intakes in hard water areas but 10x this amount in acid and soft water conditions (Ralph & Arthur, 2000). The current EU standard is 2 mg/l for the maximum concentration of copper in drinking water (EU Directive 98/83). Concentrations that are greater than these values may cause toxic effects on the body, i.e. acute and chronic poisoning or illness.

One possible application for aluminium in tap water is aluminium in water pipes. In this application the aluminium content in the water is a critical parameter due to regulations; the limit is set for practical reasons, not for health considerations (Gustafsson, 2011).

A health-based value derived from the JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) and PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake) would be 0.9 mg/l (rounded value), based on an allocation of 20% of the PTWI to drinking-water and assuming a 60 kg adult drinking 2 litres of water per day; however, practicable levels based on optimization of the coagulation process in drinking-water plants using aluminium-based coagulants are 0.1 mg/l or less in large water treatment facilities and 0.2 mg/l or less in small facilities; in view of the importance of optimizing coagulation to prevent microbial contamination and the need to minimize deposition of aluminium floc in distribution systems, it is important to ensure that average residuals do not exceed these values (WHO, 2004b).

3 DISCUSSION OF THE IMPACT OF METAL IONS ON HUMAN HEALTH

Domestic hot water can be obtained from the boiler with electrical or gas heaters or from a SHWS. Based on the previous considerations it can be concluded that the above-mentioned metals, which are commonly used for creation of heaters-heat exchangers, are subject to corrosion. Water is constantly stored in the boiler, and during the heating of the water usually no or minimal water flow is present. After a certain time, corrosion appears on the surface of the metal heater-heat exchanger immersed in the lumen of the boiler. This occurs in both cases, when the water is heated by electric heaters, as well as when the water is indirectly heated via a heat exchanger in case of SHWS. Corrosion as a chemical process that occurs on metal surfaces, leads to a reduction in the thickness of the metal surface, which results in leakage in a certain time. Corroded areas are also the places where metal ions pass into the water, resulting in a continuous increase in the amount of metal ions in water. Flow rate of water affects the speed at which metal ions pass into the water. Therefore, the water may contain a significant concentration of metal ions and metal salts, which is higher than the allowed maximum value defined in the respective standards. The increase of amounts of metal ions and metal salts in potable water can compromise human health. The longer the period of time of entry of increased amounts of metal ions and metal salts into the body, the greater damages of organs are caused.

3.1 Impact of high concentration of copper ions in tap water on human health

Increased levels of copper in the water can lead to violations of human health. Changes can affect different organs with plenty of specific and nonspecific symptoms (Fig. 3). Copper ions are normally present in the human body and participate in the normal functioning of the body. Higher concentrations of copper than allowed lead to an imbalance in the body.

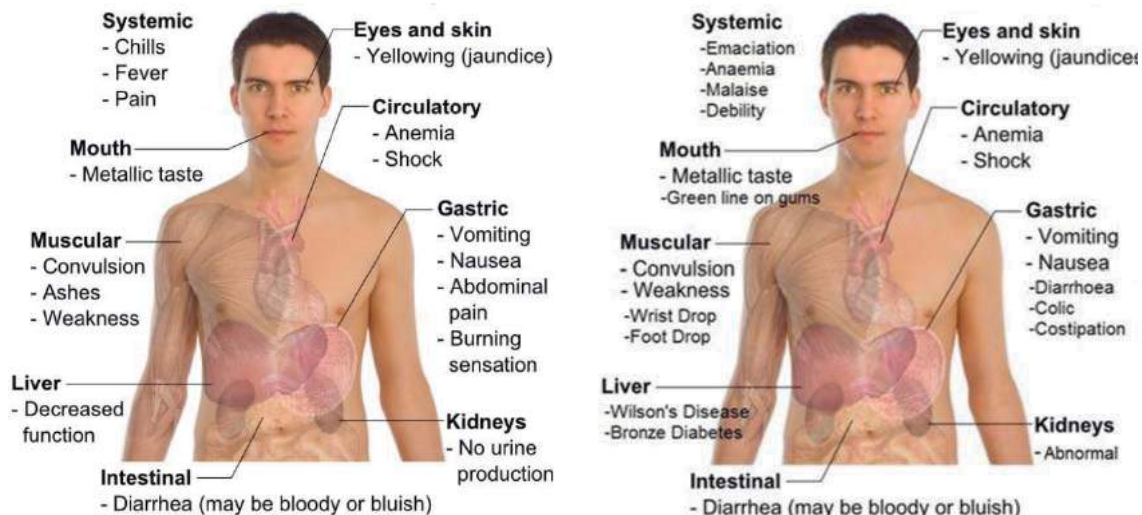


Figure 3. Main symptoms of acute (left) and chronic (right) copper poisoning (Ashish et al., 2013)

Acute exposure of higher concentration of copper ions can cause symptoms typical of food poisoning like headache, nausea, vomiting, diarrhoea (WHO, 2004a). Among outbreaks with quantitative data, the lowest copper concentrations associated with effects were about 4mg/litre or higher (WHO, 2004a).

Also, European Commission gives reports on the acute toxicity of the human body caused by copper (EC 2003): acute symptoms include salivation, epigastric pain, nausea, vomiting and diarrhoea (Olivares & Uauy, 1996). Copper ions have an irritant effect on mucosal membranes and daily intakes ranging from 2 to 32mg in drinking water have been reported to cause symptoms of general gastric irritation (US EPA 1987).

In the oral cavity can be also seen changes that are caused by long term exposure to increased concentrations of copper in drinking water like oral submucous fibrosis. Oral submucous fibrosis is chronic disease affecting the oral cavity; numerous scientific studies show that there are changes in the oral cavity due to the increased concentration of copper in the body (Gupta et al., 1987).

It is not realistic that large amounts of copper can be entered via the drinking water, since the change of water color and the taste (metal taste) are easily noticeable and indicate that the water should not be used.

3.2 Impact of high concentration of aluminium ions in tap water on human health

There is little indication that aluminium is acutely toxic by oral exposure despite its widespread occurrence in foods, drinking water and many antacid preparations (WHO 1997).

Certain studies have shown that short-term exposure to high concentrations of aluminum in drinking water can cause a variety of health problems-acute toxicity. Report, made by Clayton, explains that in 1988 a population of about 20,000 individuals in Camelford, England, was exposed for at least 5 days to unknown but increased levels of aluminium accidentally distributed to the population from a water supply facility using aluminium sulfate for water treatment; symptoms including nausea, vomiting, diarrhoea, mouth ulcers, skin ulcers, skin

rashes and arthritic pain were noted. It was concluded that the symptoms were mostly mild and short-lived; no lasting effects on health could be attributed to the known exposures from aluminium in the drinking water (Clayton, 1989).

A number of studies were carried out to determine if aluminium could cause dementia as a consequence of environmental exposure over long periods (long-term exposure). Aluminium was identified, along with other elements, in the amyloid plaques that are one of the diagnostic lesions in the brain for Alzheimer disease, a common form of senile and pre-senile dementia (WHO 2010). A study by Rondeau found that high aluminum levels in drinking water ($\geq 0.1\text{mg/l}$) were associated with an elevated risk of dementia and Alzheimer's disease (Rondeau et al. 2000). Numerous epidemiological studies have been carried out to try to determine the validity of this hypothesis. These have been reviewed in detail by several authorities, including JECFA (FAO/WHO 2007, WHO 2007), the United Kingdom Committee on Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment (COT 2005), the United States Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR 2008) and Environment Canada & Health Canada 2010.

The conclusion of the recent JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) evaluation (FAO/WHO 2007) was that "some of the epidemiology studies suggest the possibility of an association of Alzheimer disease with aluminium in water, but other studies do not confirm this association.... All studies lack information on ingestion of aluminium from food and how concentrations of aluminium in food affect the association between aluminium in water and Alzheimer disease." There are suggestions that some genetic variants may absorb more aluminium than others, but there is a need for more analytical research to determine whether aluminium from various sources has a significant causal association with Alzheimer disease and other neurodegenerative diseases (WHO 2010).

4 CONCLUSIONS

Nowadays solar hot water system is desirable component of building. Water heaters are subject to corrosion. In order to remain healthy consumers, it is necessary to examine the causes and consequences of increased amount of metal ions in potable water. In this sense, this problem should be taken into consideration when designing systems for water heating, including SHWS, in fact when choosing materials and technical solutions in order negative effects to be avoided.

The resistance to corrosion is better in running water than in stagnant water, so the rate of pitting corrosion is higher in stagnant water. In the boiler water stagnates, which reduces resistance to corrosion.

This paper point out the existing problems and in order to overcome them through the process of designing and constructing the SHWS following conclusions can be listed:

- it is important to use the heaters manufactured in a factory with a certificate for the function of heating drinking water; production at the factory gives controlled quality of materials and products;
- it is necessary that the heater is made of a continuous piece of tubing in order to avoid connecting tubes inside the boiler because the joints quickly corrode;
- connection between the heater and water pipes should be outside the boiler;
- heater does not need to have a strong angulation of tubes; places of extreme angulations are poorly resistant to corrosive processes.

Heat exchanger and heater are tubes through which the fluid flows. This fluid can be water, but recently fluid with antifreeze agents is used. The reason for the transition from water to fluid with antifreeze agents are large fluctuations in temperature during the day and night in winter period. These oscillations can be observed during the winter months, especially in northern countries. If pots appear in the tube of heater-heat exchanger, as a result of corrosion, leakage

occurs and in drinking water can be found antifreeze compounds that can significantly impair the health of users. So, in spite of high concentrations of metal ions and metal salts, the presence of other compounds that exceed the lumen of the heater into the lumen of the boiler can be expected in some cases, which can have an impact on human health.

Periodically water sampling and its analysis in certified laboratories is a way for early detection of contaminated water. Results can be used for monitoring the state of the heater as the component of solar hot water system.

5 ACKNOWLEDGMENTS

The research is done within the COST Action 1205 "Building integration of Solar Thermal Systems (BISTS)" supported by European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research.

REFERENCES

Ambat, R., Davenport, A. J., Scamans, G. M. & Afseth, A. 2006. Effect of iron-containing intermetallic particles on the corrosion behaviour of aluminium. *Corrosion science* 48: 3455-3471.

Ashish, B., Neeti, K. & Himanshu, K. 2013. Copper Toxicity: A Comprehensive Study. *Research Journal of Recent Sciences*, Vol. 2: 58-67.

ATSDR 2008. Toxicological profile for aluminum. Atlanta, GA, United States Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp22.pdf>).

Bloem, H. & Atanasiu, B. 2006. Reducing electricity consumption for water heating in the domestic sector. In *Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting (EEDAL'06), Proc. Intern. Conf. London, 21-23 June 2006*. European Commission-DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.

Clayton, D.B. 1989. Water pollution at Lowermoor, North Cornwall: report of the Lowermoor incident health advisory committee. Truro, Cornwall District Health Authority: 22.

COT 2005. Appendix 16: Review paper on aluminium prepared for the Lowermoor Subgroup by the Department of Health Toxicology Unit, Imperial College, London. In: Subgroup report on the Lowermoor water pollution incident. United Kingdom Food Standards Agency, Committee on Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment (http://www.dh.gov.uk/prod_consum_dh/groups/dh_digitalassets/@dh/@en/documents/digitalasset/dh_4102168.pdf).

Environment Canada, Health Canada 2010. Canadian Environmental Protection Act, 1999. Priority substances list assessment report. Follow-up to the state of science report 2000. Aluminium chloride, aluminium nitrate, aluminium sulphate. Ottawa, Ontario, Environment Canada and Health Canada (http://www.ec.gc.ca/CEPARRegistry/documents/subs_list/Aluminum_Salts/final/Al_salts_toc.cfm).

European Commission 2003. Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Copper, Health&Consumer Protection Directorate-General, Scientific Committee on Food: 7.

European Commission (1998). Council Directive 1998/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities, 05.12.1998, L 330/32.

FAO/WHO 2007. In: Aluminium (from all sources, including food additives). In: Evaluation of certain food additives and contaminants. Sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization: 33-44 (WHO Technical Report Series, No. 940 (http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_940_eng.pdf)).

Golic, K., Kosoric, V. & Krstic-Furundzic, A. 2011. General model of solar water heating system integration in residential building refurbishment-Potential energy savings and environmental impact. *Renewable&Sustainable Energy Reviews International Journal*, Elsevier, Volume 15, Issue 3: 1533-1544.

Gupta R.P., Rai K., Hemani, D.D. & Gupta, A.K. 1987. Study of trace elements (copper & zinc) in oral submucous fibrosis. *Indian Journal of Otolaryngology*, Volume 39, Issue 3: 104-106.

Gustafsson S. 2011. Corrosion properties of aluminium alloys and surface treated alloys in tap water, Uppsala Universitet: 8 (41).

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:436113/FULLTEXT01.pdf>

Health Canada 1992. Copper. In: Guidelines for Canadian drinking water quality. Supporting documentation. Ottawa, Ontario.

Hindawi Publishing Corporation, Journals. <http://www.hindawi.com/journals/ijc/2012/857823/fig1/>

IPCS 1998. Copper. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 200).

Krstic-Furundzic, A., Kosoric, V. & Golic, K. 2012. Potential for reduction of CO₂ emissions by integration of solar water heating systems on student dormitories through building refurbishment. *Sustainable Cities and Society International Journal*, Elsevier, Volume 2, Issue 1: 50-62.

Krstic-Furundzic, A. & Kosoric, V. 2009. Improvement of energy performances of existing buildings by application of solar thermal systems, *Spatium, International Review*, IAUS, No 20: 19-22.

Olivares, M. & Uauy, R. 1996. Limits of metabolic tolerance to copper and biological basis for present recommendations. *Am J Clin Nutr* 63: 846s-852s

PHG 2008. Public health goals for chemicals in drinking water - Copper.

Ralph, A. & Arthur, J. 2000. Copper. In J.S. Garrow, W.P.T. James & A. Ralph (eds.), *Human Nutrition and Dietetics*: 198.

Rondeau, V., Commenges, D., Jacqmin-Gadda, H. & Dartigues, J.F. 2000. Relation between aluminium concentrations in drinking water and Alzheimer's disease: An 8-year follow-up study. *Am. J. Epidemiol*: 152, 59-66.

Szklarska-Smialowska, Z. 1998. Pitting corrosion of aluminium. In *Corrosion science* 41: 1743-1767.

US EPA 1991. Maximum contaminant level goals and national primary drinking water regulations for lead and copper; final rule. US Environmental Protection Agency. Federal Register, 56(110): 26460–26564.

US NRC 2000. Copper in drinking water. Washington, DC, National Research Council, National Academy Press.

Vargel, C. 2004. Corrosion of Aluminium, Elsevier.

WHO 1997. Aluminium. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 194).

WHO 2004a. Guidelines for Drinking-water Quality, Copper in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization: 3, 13.

WHO 2004b. Guidelines for Drinking-water Quality, Aluminium in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization: 11, 12.

WHO 2007. Guidelines for Drinking-water Quality, 2nd ed.; WHO: Geneva, Switzerland.

WHO 2007. Aluminium from all sources, including food additives. In: Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva, World Health Organization, pp. 110–208 (WHO Food Additives Series, No. 58; http://whqlibdoc.who.int/publications/2007/9789241660587_eng.pdf).

WHO 2010. Guidelines for Drinking-water Quality, Aluminium in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization: 9, 10.

The energy requirements by the ventilation system in housing. A review of the Polish legislation and standards

Hanna Jędrzejuk

Institute of Heat Engineering, Faculty of Power and Aeronautical Engineering, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland

Hanna.Jedrzejuk@itc.pw.edu.pl

Artur Rusowicz

Institute of Heat Engineering, Faculty of Power and Aeronautical Engineering. Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland

Artur.Rusowicz@itc.pw.edu.pl

Dorota Chwieduk

Institute of Heat Engineering, Faculty of Power and Aeronautical Engineering. Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland

Dorota.Chwieduk@itc.pw.edu.pl

Andrzej Grzebielec

Institute of Heat Engineering, Faculty of Power and Aeronautical Engineering, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland

Andrzej.Grzebielec@itc.pw.edu.pl

Maciej Jaworski

Institute of Heat Engineering, Faculty of Power and Aeronautical Engineering, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland

Maciej.Jaworski@itc.pw.edu.pl

ABSTRACT: The main purpose of this paper is to present the state of the Polish legislation concerning ventilation systems in housing, and to compare the result of the last amendment of the methodology for determining the energy performance of the building.

In a well-insulated building the main part of the energy used is generated by the ventilation system heat demand, and because of that it should be properly established. This is very important especially in the naturally ventilated buildings, which are still popular in Poland. Unfortunately most of these houses have no measurements of the number of air changes per hour, so the energy demand is referenced to the design conditions. In order to show evolution of the law regulation some examples of the calculations for different buildings are described. Finally, the consequences of the changes in legislation will be summarised.

Keywords: natural ventilation systems, regulations, energy conservation, energy efficiency

1 INTRODUCTION

Outdoor air is supplied to rooms in residential buildings to provide adequate amount of oxygen. At the same time, contaminants (not only gases, such as water vapour and carbon dioxide, but also odours and excess heat) are removed from the residential space.

A ventilation system that is most common in multi-family buildings in Poland is the natural ventilation system. Its operation depends mainly on the difference between the indoor and outdoor air temperatures, the air tightness of a building, effects of wind, and the way in which the building is used. In many cases limiting the flow of outdoor air leads to exposing rooms to excess moisture. As a result of reducing operating costs and 'energy conservation', mould develops even in recently erected residential buildings.

Considering Poland's climatic conditions, to provide indoor thermal comfort for a large part of the year (about 8 months) the supply air temperature has to be increased. However, as building constructions or rooms (e.g. attics) of low thermal capacity are used, cooling rooms in summer season is increasingly essential.

The paper presents some aspects of energy assessment regarding residential buildings with the natural ventilation system.

2 LEGAL AND DESIGN REQUIREMENTS

2.1 Legal Requirements

The main legal instrument regarding the building industry in Poland is the Building Code (Poland, 1994). It is the Building Code that provides for the obligation of the proper energy performance of a building and rationalizing energy use, among basic requirements which building structures should meet.

Detailed technical requirements are included in repeatedly amended Regulation of the Minister of Infrastructure dated 12 April 2002 on technical specifications for buildings and their location (Poland, 2002). Another important legal instrument is the Regulation on the methodology of calculating energy performance of a building and a dwelling or part of a building being a self-contained technical unit, and on preparing templates of their energy performance certificates; the Regulation was adopted for the first time in 2008 (Poland, 2008), and was largely amended in 2013 (Poland, 2008b).

Due to clearly improved thermal insulation of an envelope (Tab.1), the heating power and the heat required to warm up the ventilation air have become considerable quantities in energy calculations. As it is shown later in the paper, this contribution can amount to about 50%. Thus, in order to perform a reliable energy performance assessment it is crucial to determine a representative ventilation air flow rate and meteorological data relevant to a given location.

Table 1. Changes in the required thermal insulation of selected external partitions (Poland, 1994).

Type of external partition	Maximum allowable overall heat-transfer coefficient - W				
	m ² K ⁻¹				
	PN-82/ B-02020*	PN-91/ B-02020	OJ 2002 no 75 item 690**	OJ 2013 item 926 (until 31 Dec. 2017)	OJ 2013 item 926 (after 1 Feb. 2021)
External partition	0.75	0.55	0.3 or 0.5***	0.25	0.20
Deck roof	0.45	0.30	0.3****	0.20	0.15
Ceiling over an unheated cellar	1.00	0.60	0.6****	0.25	0.25
Ceiling under an unheated attic	0.40	0.30	0.3****	0.20	0.15
Windows	2.60	2.60	2.6 or 2.0*****	1.3	0.9
External door	2.50	3.00	2.6****	1.7	1.3

Notes: * In the standard PN-82/B-02020 additional requirements regarding the average coefficient k_B for a building were introduced. ** In the Regulation, maximum values of overall heat-transfer coefficients are provided according to the type of building, divided by production, public utility, single-family, multi-family and collective dwelling buildings. In the case of the latter, the value of E is crucial, indicating the design demand for final energy (heat) for heating the building during the heating season, expressed by the amount of energy per 1 m³ of the heated part of the building per year. *** For a single-family building. **** For multi-family and collective dwelling buildings. ***** For multi-family and collective dwelling buildings, depending on the climatic zone.

2.2 Design power of heating equipment

To calculate the heating power demand for the purpose of selecting heating equipment, the design temperature difference and the required ventilation air flow rate must be determined. The design indoor air temperature depends on the building's purpose. Its value can be taken from the Regulation (Poland, 2002), standard PN-EN 12831:2006 (Poland, 2006), standard PN-B-03421:1978 (Poland, 1978), or separate regulations. The value of 20°C is assumed for rooms, kitchens, and anterooms, and 24°C for bathrooms. The design outdoor air temperature is set out for five climatic zones, into which Poland was divided (Tab. 2).

Table 2. Design outdoor air temperature (Poland, 2006)

Climatic zone	I	II	III	IV	V
Design temperature °C	-16	-18	-20	-22	-24
Sample cities	Gdańsk, Koszalin, Szczecin	Kalisz, Poznań, Wrocław	Kraków, Łódź, Warszawa	Olsztyn, Białystok	Suwałki, Zakopane

In residential buildings with a natural ventilation system the air flow rate as required for hygienic reasons is usually taken from the standard PN-B-03430:1983/Az3:2000 (Tab. 3) (Poland, 1982), although the recommendations in the Technical Report PKN-CEN/TR 14788:2012 (Poland, 2012) allow to perform calculations considering building-specific conditions.

Table 3. Design ventilation air flow rate (Poland, 1982).

Room type and equipment	Design ventilation air flow rate (m ³ h ⁻¹)
Kitchen with a window and gas cooker	70
Kitchen with a window and electric oven	30
in a flat for not more than 3 persons	
Kitchen with a window and electric oven	50
in a flat for more than 3 persons	
Bathroom with or without lavatory	50
Separate lavatory	30
Auxiliary room without windows (e.g., dressing room)	15
Residential room on the floor higher than the ground floor in a single-family building or in a two-storey apartment.	30

2.3 Energy performance assessment of residential buildings

The calculations of heat demand for heating and ventilation purposes are performed according to the Regulation (Poland, 2008a) by applying the method of monthly balances, and in principle as per PN-EN ISO 13790:2009 (Poland, 2009). A simplified hourly method 5R1C is also allowed (Poland, 2009). In the previous revision of the Regulation (Poland, 2008b) simulation-based methods were not allowed.

Meteorological data required to assess the energy performance are provided on websites of a relevant ministry, currently being the Ministry of Infrastructure and Development (Poland, 2014).

Indoor air temperature in each assessed zone is determined as weighted mean as per the usable area.

The ventilation air flow rate (V_{ve}) in buildings with a natural ventilation system depends on the flow rate of the air needed for hygienic reasons (V_o) and on the uncontrollable flow rate of infiltration air (V_{inf}); thus, the ventilation transfer coefficient, which describes the effect of the ventilation system on heating needs, is:

$$H_{ve} = 1200 \cdot (V_0 + V_{inf}), \text{ W K}^{-1} \quad (1)$$

The basic ventilation air flow rate (V_0) is now determined by considering the usable area, type of room, type of installation, heating mode, and ventilation system. Air flow rates with respect to the usable area are listed in Table 4 (Poland, 2008a).

Table 4. Specific basic air flow rate (Poland, 2008a)

Description	Specific basic air flow rate ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$)
Residential rooms in multi-family buildings	0.32×10^{-3}
Staircases in multi-family buildings built before 1990 without vestibule	0.43×10^{-3}
Staircases in multi-family buildings built before 1990 with vestibule	0.22×10^{-3}
Staircases in other multi-family buildings without a vestibule	0.22×10^{-3}
Staircases in other multi-family buildings with a vestibule	0.07×10^{-3}
Single-family buildings	0.31×10^{-3}

The infiltration air flow rate if no building air tightness test was performed equals:

$$V_{inf} = n \cdot V / 3600, \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad (2)$$

where: n – number of air changes due to air infiltration through leaks in an envelope under operating conditions: $n = 0.2$ – buildings erected after 1995 and those with upgraded windows and balcony doors, h^{-1} ; $n = 0.3$ – other buildings, h^{-1} , V – volume of the heated space, m^3 .

In the previously applicable 2008 Regulation (Poland, 2008a), the basic air flow rate was determined according to PN-B-03430:1983/Az3:2000 (Poland, 2000), and the infiltration air flow rate was 20% of the heated cubic capacity per one hour.

The air change rate (Tab. 5) should be determined based on building air tightness tests (so-called n_{50}), and under this condition it is justified to assume specific values. For most buildings, however, the value of n_{50} is not known. According to Laskowsk (2008) the true air change rate in residential buildings can be in the range of 0.1 h^{-1} to 40.0 h^{-1} .

Table 5. Suggested air change rate in residential rooms (Poland, 2008a)

Type of building	Air change rate (h^{-1})
Passive residential buildings	0.6
Buildings with low energy demand for heating	1.5 (1.0)
Buildings with a gravitational system (new)	4.0
Buildings with a gravitational system	from 7.0

2.4 Energy effectiveness requirements

The Regulation (Poland, 2013) set out limits to the non-renewable primary energy demand for heating, ventilation and domestic hot water (DHW) supply (Tab. 6).

Table 6. Maximum demand for non-renewable primary energy in residential buildings (Poland, 2013).

Type of building	EP _{max} , kWh m ⁻² year ⁻¹		
	After 1 Jan. 2014	After 1 Jan. 2017	After 1 Jan. 2021
Single-family building	120	95	70
Multi-family building	105	85	65
Collective dwelling building	95	85	75

3 THE EFFECT OF VENTILATION ON THE ENERGY PERFORMANCE ASSESSMENT

A series of calculations was performed to evaluate how ventilation affects the energy

performance assessment. The selected location was Warsaw, the capital of Poland. Single-family buildings without air cooling systems were analysed. Components of thermal balance and energy performance were determined by applying the method of monthly balances. The calculations were performed for variants, i.e. by assuming variable thermal insulation of the envelope according to the 1991, 2002, and 2014 requirements. Dynamic properties of buildings were considered as an internal heat capacity (Poland, 2009). The main source of heat was assumed to be a combination gas boiler.

The energy performance assessments were compared as per the 2008 (Poland, 2008b) and the 2014 (Poland, 2008a) Regulations. Buildings inhabited by four or five persons were considered. Temperature-controlled spaces of 100 m² (1 floor) and 200 m² (two storeys) were selected. Variants of the calculations are shown in Table 7, and their results in Tables 8 and 9.

Table 7. Considered variants of calculations

Item	Thermal protection standard	Internal heat capacity	Number of storeys	Surface area of the heated space (m ²)
1	1991	very light	1	100
2	1991	very light	2	200
3	1991	light	1	100
4	1991	light	2	200
5	1991	average	1	100
6	1991	average	2	200
7	1991	heavy	1	100
8	1991	heavy	2	200
9	1991	very heavy	1	100
10	1991	very heavy	2	200
11	2002	very light	1	100
12	2002	very light	2	200
13	2002	light	1	100
14	2002	light	2	200
15	2002	average	1	100
16	2002	average	2	200
17	2002	heavy	1	100
18	2002	heavy	2	200
19	2002	very heavy	1	100
20	2002	very heavy	2	200
21	2014	very light	1	100
22	2014	very light	2	200
23	2014	light	1	100
24	2014	light	2	200
25	2014	average	1	100
26	2014	average	2	200
27	2014	heavy	1	100
28	2014	heavy	2	200
29	2014	very heavy	1	100
30	2014	very heavy	2	200
31	2021	very light	1	100
32	2021	very light	2	200
33	2021	light	1	100
34	2021	light	2	200
35	2021	average	1	100
36	2021	average	2	200
37	2021	heavy	1	100
38	2021	heavy	2	200
39	2021	very heavy	1	100
40	2021	very heavy	2	200

Table 8. Energy performance meeting the requirements introduced in 2008 (Poland, 2008b).

Item	EU (2008)	EK	EP	Contribution of ventilation to heat losses
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	%
1	261.6	397	445.1	25.0
2	182.6	265.2	300	21.7
3	260.8	395.9	443.8	25.0
4	181.9	264.3	299	21.7
5	259.7	394.4	442.1	25.0
6	181.1	263.3	297.8	21.7
7	258.6	393	440.5	25.0
8	180.4	262.4	296.7	21.7
9	257.9	392.1	439.5	25.0
10	180.0	261.9	296.2	21.7
11	218.9	341.8	384.3	29.3
12	143.8	215.2	244.8	26.7
13	218.1	340.8	383.1	29.3
14	143.2	214.4	243.9	26.7
15	217.1	339.5	381.6	29.3
16	142.5	213.6	242.9	26.7
17	216.2	338.4	380.3	29.3
18	142.0	212.9	242.1	26.7
19	215.7	337.7	379.5	29.3
20	141.7	212.6	241.7	26.7
21	140.2	240.5	272.3	42.7
22	91.2	147.5	170	38.6
23	139.5	239.5	271.3	42.7
24	90.7	146.8	169.2	38.6
25	138.7	238.5	270.1	42.7
26	90.2	146.1	168.3	38.6
27	138.1	237.7	269.2	42.7
28	89.8	145.6	167.7	38.6
29	137.7	237.3	268.7	42.7
30	89.7	145.4	167.5	38.6
31	122.1	217.1	246.6	47.8
32	76.8	128.8	149.3	44.1
33	121.4	216.2	245.6	47.8
34	76.2	128.1	148.5	44.1
35	120.6	215.2	244.4	47.8
36	75.8	127.5	147.7	44.1
37	120.0	214.5	243.5	47.8
38	75.4	127.1	147.1	44.1
39	119.8	214.1	243	47.8
40	75.3	127	146.9	44.1

Notes: EK – final energy, EP – primary energy.

Table 9. Energy performance meeting the requirements introduced in 2014 (Poland, 2008b)

Item	EU (2014)	EK	EP	Contribution of ventilation to heat losses
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	%
1	227.6	407.7	451.7	22.6
2	176.82	333.1	369.7	28.1
3	226.15	405.6	449.4	22.6
4	175.44	331.1	367.5	28.1
5	224.31	402.9	446.4	22.6

Item	EU (2014)	EK	EP	Contribution of ventilation to heat losses
6	173.8	328.7	364.8	28.1
7	222.54	400.3	443.5	22.6
8	172.34	326.6	362.5	28.1
9	221.52	398.8	441.9	22.6
10	171.56	325.4	361.2	28.1
11	177.35	333.9	370.5	23.8
12	130.65	265.3	295.1	30.7
13	175.86	331.7	368.1	23.8
14	129.19	263.2	292.8	30.7
15	174.03	329	365.2	23.8
16	127.55	260.8	290.1	30.7
17	172.35	326.6	362.5	23.8
18	126.18	258.8	287.9	30.7
19	171.47	325.3	361.1	23.8
20	125.54	257.8	286.9	30.7
21	101.5	222.5	248.1	35.9
22	79.65	190.5	212.8	43.3
23	99.72	219.9	245.2	35.9
24	78.06	188.1	210.2	43.3
25	97.75	217	242	35.9
26	76.24	185.5	207.3	43.3
27	96.02	214.5	239.2	35.9
28	74.86	183.4	205	43.3
29	95.13	213.2	237.8	35.9
30	74.22	182.5	204	43.3
31	83.82	196.6	219.5	40.8
32	65.46	169.6	189.9	49.0
33	81.99	193.9	216.5	40.8
34	63.85	167.3	187.2	49.0
35	80.03	191	213.4	40.8
36	62.2	164.8	184.6	49.0
37	78.5	188.8	210.9	40.8
38	61	163.1	182.6	49.0
39	77.77	187.7	209.7	40.8
40	60.46	162.3	181.8	49.0

Notes: EK – final energy, EP – primary energy.

4 SUMMARY AND CONCLUSIONS

According to the recent Regulation on energy performance (Poland, 2008b) the ventilation air flow rate in buildings depends only on the surface area (the basic air flow rate) and cubic capacity (the infiltration air flow rate) of the temperature-controlled space. Hence, designing buildings with more rooms that require removing air (kitchens, bathrooms, lavatories, auxiliary rooms) has no effect on the energy performance.

Improving the envelope's thermal insulation increases the contribution of the energy demand for heating the ventilation air to the total thermal balance.

As for buildings with very good insulation of external partitions, the effect of the heat needed to warm up the ventilation air can significantly contribute to heat losses (according to the calculations up to about 50%).

A considerable improvement of the primary energy demand for heating, ventilation and DHW supply (EP) can be achieved by replacing a conventional fuel (e.g., gas) with biofuel. The improvement is significant, even with lower efficiency of the biofuel-based heat source; it stems

from the fact that the coefficient of non-renewal primary energy supply for producing and transferring energy media is 1.10 for gas, 0.50 for biogas, and 0.20 for biomass.

The 2014 revision of the Regulation on the methodology of determining the energy performance (Poland, 2008b) considerably changed the way in which it is determined, which is why energy performance according to the 2008 Regulation (Poland, 2008a) cannot be directly compared with those obtained according to the 2014 Regulation (Poland, 2008b).

Final energy demand (EK) according to (Poland, 2008b) are higher because the energy demand for supplying auxiliary equipment is included. According to the 2008 Regulation (Poland, 2008a), the energy for supplying auxiliary equipment was included only in the primary energy demand for heating, ventilation and DHW supply.

In the case of buildings with smaller temperature-controlled space (100 m²), the energy performance of each of the single-family buildings with a gravitational ventilation system under consideration according to the 2014 Regulation is clearly more favourable in terms of the primary energy demand for heating, ventilation and DHW supply than that assessed as per the 2008 Regulation. On the other hand, however, in the case of buildings with larger area but with smaller number of users, the more favourable assessment will be that obtained using the algorithm provided for in the earlier revision of the Regulation (Poland, 2008a).

A building with very good thermal insulation of external partitions but with a standard heating and DHW system does not meet the currently applicable legal requirements (Poland, 2013).

5 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the support provided by COST Action TU1205 “Building Integration of Solar Thermal Systems (BISTS)”

REFERENCES

- Laskowski, L. 2008 Thermal protection and energy performance of the building. Warszawa: OWPF
- Poland. 1978. Decree-law PN-B-03421: Ventilation and Air Conditioning - Calculation parameters of indoor air in rooms designed for permanent human habitation (in Polish)
- Poland. 1982. Decree-law PN-B-02020: Thermal protection of buildings - Requirements and calculations (in Polish)
- Poland. 1991. Decree-law PN-B-02020: Thermal protection of buildings - Requirements and calculations (in Polish)
- Poland. 1994. Building Code , Act of July 7. In *Journal of Laws 2013*, item 1409.
- Poland. 2000. Decree-law PN-B-03430:1983/Az3: Ventilation in a residential and public buildings – Requirements (in Polish)
- Poland- Minister of Infrastructure. 2002. Regulation of 12 April: On the technical requirements to be met by buildings and their location, as amended. In *Journal of Laws 2002*, No. 75, item 690 (in Polish)
- Poland. 2006. Decree-law PN-EN 12831: Heating systems in buildings. Method for calculation of the design heat load (in Polish)
- Poland- Minister of Infrastructure. 2008a. Regulation of 6 November: On the methodology for calculating the energy performance of the building and dwelling or part of the building and the technical-utilitarian independent parts and the preparation and design of energy performance certificates. In *Journal of Laws 2008* No. 201, Item 1240 (in Polish)
- Poland - Minister of Infrastructure. 2008b. Regulation of 6 November: On the methodology for calculating the energy performance of the building and dwelling or part of the building and the technical-utilitarian independent parts and the preparation and design of energy performance certificates. In *Journal of Laws 2014* Item 888 (in Polish)

Poland. 2009. Decree-law PN-EN ISO 13790: Energy performance of buildings -- Calculation of energy use for space heating and cooling (in Polish)

Poland. 2012. Decree-law PKN-CEN/TR 14788: Ventilation for buildings - Design and dimensioning of residential ventilation systems (in Polish)

Poland - Minister of Transport, Construction and Maritime Economy. 2013. Regulation of 5 July: Amending the Regulation on technical conditions to be met by buildings and their location. In *Journal of Laws 2013*, item 926 (in Polish)

Poland - Ministry of Infrastructure and Development. 2014. Typical weather and statistical data for Polish climate for the calculation of building energy requirements http://www.mir.gov.pl/budownictwo/rynek_budowlany_i_technika/efektywnosc_energetyczna_budynkow/typowe_lata_meteorologiczne/strony/start.aspx Accessed on: November 9, 2014.

Investigation of Sun Protection Issues of Building Envelopes via Active Energy Production Systems

Constantinos Vassiliades

University of Cyprus, School of Engineering, Department of Architecture, Nicosia, Nicosia, Cyprus
vassiliades.constantinos@ucy.ac.cy

Andreas Savvides

University of Cyprus, School of Engineering, Department of Architecture, Nicosia, Nicosia, Cyprus
als@ucy.ac.cy

Aimilios Michael

University of Cyprus, School of Engineering, Department of Architecture, Nicosia, Nicosia, Cyprus
aimilios@ucy.ac.cy

ABSTRACT: This paper aims to examine whether specific building integrated solar systems (BISTS, BIPV), along with their basic operation can provide adequate sun protection when used as passive shading devices. The proposed research starts with the analysis of their geometry and philosophy of operation through a literature review, along with the presentation of case studies where these systems are integrated in buildings. Additionally, digital modeling is performed where each technology is examined separately as a passive shading device, as part of a building unit. This is then organized in various layouts, in order to analyze its environmental performance with regards to its passive characteristics and highlight its active energy production system. The ultimate aim is to present the advantages and disadvantages of different active systems when they operate as passive shading components.

Keywords: Active Solar Systems, Architectural Integration, BIPV, BISTS, Building Envelope, Sun Protection.

1 INTRODUCTION

Up until the 19th century, a lot of human energy needs were covered by renewable energy sources, which characterized the balanced coexistence of man and environment up to that point. With the advent of the industrial revolution this state of affairs was changed, and non-renewable fossil fuels began to be the driving force of industrialization, which basically shaped the sustainable environments discourse, as we know it today. The first statements for environmental awareness and sustainable development started appearing in the 1960s, coinciding with the implementation of the National Environmental Policy Act, in the USA. Conferences and international meetings that followed grappled with the issue, such as the report of the World Commission on Environment and Development of 1987 as well as the United Nations Conference on Environment and Development in 1992 (Mitchell, 2006). These environmental motions and expressions resulted a concentrated effort to reduce the heating needs of buildings, primarily with the implementation of mainly active systems, while passive methods were to follow later, in the mid 1970s (Tombazis, 1994).

Nowadays, the development of alternative energy sources for buildings is imperative, because buildings account for 40% of the primary energy needs in the EU, while there is now in place a legal obligation instituted by the Energy Performance of Buildings Directive, which gives an ever increasing role to efficient adoption of renewable energy sources, which means that solar thermal systems (STS) and photovoltaics (PV) will contribute directly to lowering heating and cooling loads, production of electricity and provision of hot water in buildings (Kalogirou, 2013b).

The utilization of solar energy is one of the key pieces of the holistic view of the issue of environmental design, which is based on three key aspects: bioclimatic design, design of energy efficient structures and an ecological approach to design. The first two differ in their approach to the subject; the first examines passive issues, while the second examines energy / active issues. Taking into account the above, the full integration of such elements to the building envelope, gives, in many cases, a passive character to the environmental design concept for a structure, which may then play an important role to the passive behavior and energy saving performance of a building. The use of an active system (e.g. a PV) that is integrated in the building shell may have both active (e.g. electricity production) and passive role (e.g. sun shades). Specifically, the integration of photovoltaic elements on buildings may provide thermal protection and increased insulation against intensive insolation and noise. We also know that energy management techniques in buildings are divided into energy saving techniques, in passive and in active solar systems. However, in order to achieve high performances both in relation to a reduction in energy consumption, and also in relation to energy production, all three techniques must be used simultaneously. This means that buildings exploiting insolation to reduce their energy utilization requirements should be able to save energy by incorporating passive and active solar features (PVs and STSs) integrated in their facades and roofs (Hestnes, 1999). Therefore, the key to the success of the partnership of the above characteristics is the correct understanding of a holistic approach to the building design, which requires a concurrent joint design approach of active and passive systems.

2 STATE OF THE ART

2.1 Appraising related technologies

In the last years, the addressing of the prospect of increased environmental sustainability raises the need to reduce dependence on conventional energy sources. Consequently, many active systems were developed that use renewable sources for energy production. In this body of research, the effort is made to examine the possible application of some of these systems (PV and STS) in order to assign to them not only an active role, but also a passive role in buildings. In the first step, we must distinguish the systems that may be integrated into the building envelope and act as passive elements. Thus, through the research that has been carried out in the field of BIPVs, these systems are: BIPV foil products, BIPV tile products, BIPV module products and Solar Cell Glazing products (Jelle & Breivik, 2012). Furthermore, the corresponding BISTS systems include: Glazed Flat Plate Hydraulic Collectors, Unglazed Flat Plate Hydraulic Collectors, Unglazed Plastic Hydraulic Collectors, Unglazed Flat Plate Air Collectors, Vacuum Tube Hydraulic Collectors and Concentrating Hydraulic Collectors (Munari & Roecker, 2007).

In the context of a paper by Vassiliades et al. (2014), a comparative table between BIPV and BISTS applications in new and existing buildings was created. One of the aims of that body of research was to investigate the PVs and STSs' technologies in current applications in terms of the transparency aspect of building facades, alongside the possibility of integrating a number of component assemblies that allow for increased insolation where required or reversely sun protection in the spaces shielded behind any such installation. Thus, the systems administer envelope transparency provide solar gains or sun protection while permitting visual access to the exterior, when used as components of the shell. According to this paper's research, these systems refer to PV Solar cell glazing and in the case of STSs they refer to Unglazed Flat Plate Hydraulic Collectors and Vacuum Tube Hydraulic Collectors (Vassiliades et al. 2014).

2.2 Vacuum Tube Hydraulic Collectors

A widely used system that may be relevant to this research is that of the Vacuum Tube Hydraulic Collectors which exhibit conventional configurations as indicated (Fig. 1). They consist of parallel transparent tubes, within which are other opaque tubes, wherein the fluid heated by solar

insulation is circulating (Kalogirou, 2013a). These vary in circumference and length, but the main dimensions of a typical production system are 1,6 m length of tubing with 50 mm diameter and separation between pipes.



Figure 1. Examples of the typology of Vacuum Tube Hydraulic Collectors (DIYTrade, 2014; Africa GreenFields, 2014; AliBaba, 2014).

2.3 Unglazed Flat Plate Hydraulic Collectors

Another potential system utilization is that of Unglazed Flat Plate Hydraulic Collectors (Figure 2), part of the same technological category as that of the Vacuum Tube Hydraulic Collectors, although they are less powerful (Kalogirou, 2013a). Also, they are of metal construction, they are dark colored, and they are usually installed as plates or as free tubes (Fig. 2).



Figure 2. Examples of the Unglazed Flat Plate Hydraulic Collectors with visible pipes (BioTecture, 2014)

2.4 Solar Cell Glazing

The technology of Solar Cell Glazing (Fig. 3) refers to the integration of photovoltaic cells into conventional glass which allows for the use of different colored transparencies and beyond electricity production it is also suitable for providing weather protection. The distance between the cells depends on the desired level of transparency and electricity production (Jelle & Breivik, 2012). The wide range of panels' sizes and cell arrays together with the characteristics of conventional glazing, gives many integration opportunities.

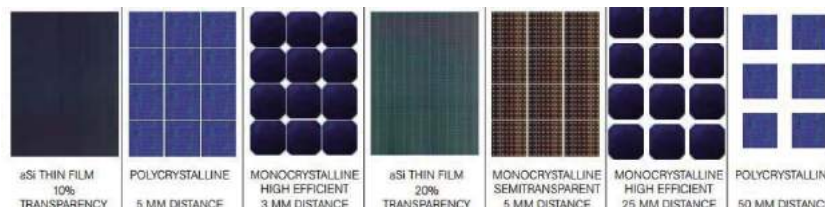


Figure 3. Examples of the main typologies of Solar Cell Glazing (Sapa Group, 2014).

2.5 Applications

There is a large number of examples in the application of PVs and STSs in buildings. However, in order for a PV to be considered building integrated (BIPV), it should form a functional part of the building's structure or it should be architecturally assembled on it (which is also directly applicable to building integrated solar thermal systems - BISTS) (Peng et al. 2011). In many cases, studying the contemporary building stock, one encounters the systems mentioned above in building applications that function as components of the shell, i.e. BIPV and BISTS, a sample of current applications in the field of integration of energy systems in buildings.

2.6 Garden Utopia

The case of the complex "Garden Utopia" features buildings in Dezhou, wherein 504 Vacuum Tube Hydraulic Collectors are placed horizontally in the form of a wave on their roofs, while vertical collector frames cover the facades (Fig. 4). The role of the system in this example is predominantly active (China: Utopia Garden Sets New Standard for Architectural Integration).



Figure 4. View of the building complex and of the system (Global Solar Thermal Council, 2014; Renewable World, 2014)

2.7 House on Durand

In this modern residence located in Beachwood Canyon in Hollywood, Unglazed Flat Plate Hydraulic Collectors were integrated into the building envelope (Fig. 5). The system is placed in the southern facade and it functions both as shading device, and as a STS which produces hot water. The integration of this system in the House on Durand is an example of how an active system can have passive features (BIST - Residential case study).



Figure 5. View of the house and of the integrated system (Biotecture, 2014).

2.8 California Academy of Sciences

In the field of Solar Cell Glazing, the application of such a system into the California Academy of Sciences by Renzo Piano is one of the most popular (Fig. 6). Simultaneous passive and active use of the system is achieved as the roof extends along the building perimeter glazing to provide sun and rain protection and to produce electricity through the 60 000 integrated PV cells which produce about 213 000 kWh of energy each year (California Academy of Sciences).



Figure 6. View of the Academy and the circumferential canopy with the photovoltaic cells (California Academy of Sciences, 2014;DeZeen Magazine, 2014).

2.9 University of Ballarat

The integration of "ASI Thin Film" into the northern facade of Ballarat University (Fig. 7) consists the biggest BIPV facade in Australia. Double glazing ASI glass - amorphous silicon - by Schott Solar was used, which produces 7,3 MWh of energy per year. The impact of the inevitable casting

of shadows and the vertical placement was minimized by the use of amorphous silicon technology, which performs adequately even in terms of partial shading (University of Ballarat, Victoria).



Figure 7. View of northern facade consisting of photovoltaic glazing (Mc Ildowie, 2014).

2.10 Observations

By examining the case studies, one can distinguish the potential of the systems in terms of adequate integration. When sun protection is required the elements may form canopies or louvers (especially the BISTS). The examples showed that modules are limited to vertical frame systems which initially seem to encumber architectural flexibility, but the potential multitude of dimensions, may ultimately impart a morphological flexibility. PVs have a slight advantage in system maintenance, while they can be fully integrated and remain inconspicuous.

3 METHODOLOGY

The first step in the development of a methodology is derived in part from a position developed by Vrachopoulos (2011), which says that a passive solar system is defined as the building components which contribute to the collection of solar energy during the winter and the sun protection during the summer. This is achieved by various means such as the shading of facades and the application of special coatings on a buildings glazing. Based on the above, the passive features that could be replaced by active systems to achieve sun protection and energy production simultaneously are divided in "Permanent external sunshades" (Vacuum Tube and Unglazed Flat Plate Hydraulic Collectors and Solar Cell Glazing) and "Glazing with special coatings" (Solar Cell Glazing).

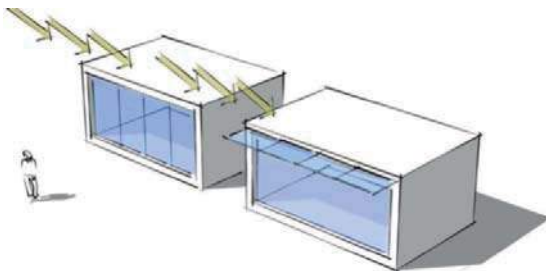


Figure 8. Methods of application of the different typologies, and the space being studied.

For the examination of the behavior of each system in relation to the sun protection it provides, digital simulations were made utilizing Autodesk Ecotect Analysis software. In simulating living spaces, a fully thermal insulated space was used, with external dimensions (LxWxH) 5,60 m x 3,30 m x 3,15 m, whose long side was fitted with conventional glazing (Figure 8). The solution forming the designated area is Double Glazed Low E glass, with an aluminum frame of U-Value 2,41 W/m².K, insulated brick walls with U-Value 0,58 W/m².K, reinforced concrete floor and roof with U-Values of 0,50 W/m².K and of 0,35 W/m².K respectively. The high insulation values used were in order to have the least possible loss of energy and a more predictable result when compared with the protection the above systems may provide to the single opening of the building. The aim was to analyze the correlation between insolation and shading, given that the

above active components function as sunshades and help to reduce thermal and cooling loads inside the simulated space in the summer and winter respectively. Finally, the annual energy production of each system is examined in all configured layouts, which is compared with the energy consumption associated with heating and cooling in each case, in order to be able to analyze both the passive and active characteristics of each layout.

3.1 Typologies and layouts of the systems under investigation

Based on the analysis made above for each system, the most characteristic examples of typologies and geometries of the systems are selected. Through this choice the different geometries of the systems were highlighted, and in turn became the basic categories of active systems that were simulated. These are the "BISTS" (with the Vacuum Tube and the Unglazed Flat Plate Hydraulic Collectors) and the "BIPV" (with ASI Thin Film - Transparency 10%, Monocrystalline Semitransparent - Distance 5 mm and Polycrystalline - Distance 50 mm). The basic need for sun protection, especially in the Mediterranean climate, occurs predominantly on the southern surfaces of buildings during the midday hours and western surfaces during the evening hours of the summer season. So, the first step of the research for the extent of sun protection that each typology can provide is the juxtaposition of the five systems acting as shading devices on different layouts, to highlight the ideal shading device. Based on the above observations the simulated building and the systems are placed in 3 different layouts. All the layouts are examined on an annual basis in order to determine the total annual heating and cooling loads of the building.

3.2 Assumptions

For the sake of clarity of the research process some assumptions were made. For instance, the BISTS are presented in long lengths without the interference of the required header pipes. This was done to simplify the simulation, and does not alter the results, since the area covered by the specific piping is much smaller than the area of the opening (<2%). Also, in relation to the simulation of performance of each system, for which values had to be imported (type of liquid, values of F_{RU_L} and $FR(\tau\alpha)$, etc.), the average values of modules currently in the market and relevant literature were selected. It should also be mentioned that natural light availability - influenced by each type of solution - has not been reported in this paper due to the lack of space, while it has been taken into account and it is referred to the full text of the research.

4 SIMULATIONS

4.1 Thermal Analysis

The direction of the research shifted towards the determination of the optimal layout of the above systems, which can offer the perfect balance of passive and active behavior. The diagrams of "Thermal Analysis" are exported from the software, where the best combination of layout / system can be found. Specifically, the energy loads required to keep the interior of this prototype building unit at levels of thermal comfort, are calculated. After that, the total annual resulting heating and cooling loads were noted. In this way a comparison was made of the contribution in terms of sun protection offered in a quantitative manner by each system in various configurations. The high thermal capacity of the simulated building unit and the minimization of the heat gain from the unit (both from transparent and opaque elements), make any variation in the energy consumption of each case a result of the differentiation of the typology and geometry of the shading system, hence the different systems. The definition in the software of a "Mixed Mode" air conditioning system, undertakes the cooling or heating of the room depending on simulation parameters. The range of the thermostat of this system was adjusted between 18 and 26°C, in order to provide thermal comfort within the test area, throughout the year. Thus, the software gives the energy needs of the space in Wh for each

layout, in order to accomplish the above, and having these we can easily determine the most advantageous passive solution.

4.2 Layouts

In Layout A, the simulated building is placed facing south, while the solar panels replace the 1 m wide and 5,6 m² area of horizontal canopy. The 5 selected systems are placed according to Figure 9. In the Layout B, the simulated building is also placed facing south, but this time the solar panels replace or are placed in front of the large glazing of 15 m² area (Figure 9). The Layout C is the same as B, except the simulated building is placed in west orientation. However the linear geometry systems (Unglazed Flat Plate and Vacuum Tube Hydraulic Collectors) are placed in front of the large glazing in a vertical piping layout in order to provide the greatest sun protection, since they are in a west orientation (Figure 9).

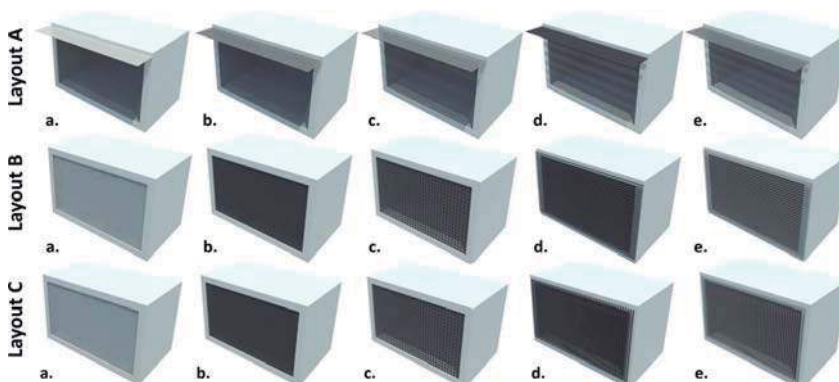


Figure 9. The five systems applied on the simulated building in the three Layouts: (a). ASI Thin Film - Transparency 10%, (b). Monocrystalline Semitransparent - Distance 5 mm, (c). Polycrystalline - Distance 50 mm, (d). Unglazed Flat Plate Hydraulic Collectors, (e). Vacuum Tube Hydraulic Collectors. The differentiation of the orientation of the systems d and e in Layout C is evident.

4.3 Calculation of systems' production.

Given that the base of the research process lies on the use of an active system, beyond the analysis of its passive behavior, the definition of their energy contribution plays a very important role to the research process. In the case of the PV, in order to calculate the potential generation of energy, the iSBEM CY was used, which is the user interface of the official free software Simplified Building Energy Model, designed and used for calculating the energy performance of buildings in Cyprus (Energy Performance of Buildings, 2014). The calculation of the energy production of STS is complicated and requires a lot of data in order to be accurate (piping dimensions, type of fluid, values of F_{RUL} and $F_R(\tau\alpha)$ etc.). So, for the objectives of the research, the characteristics of a particular commercial model was used, those of the "Apricus AP Evacuated Tube Solar Collector". In contrast to the above, the Unglazed Flat Plate Hydraulic Collectors are not as prevalent in the market, which makes their energy production calculation more difficult. Thus, in this case the calculations were made entirely by using data based on literature (Rosli et al. 2014). The realization of the simulations was done by using the Clean Energy Project Analysis Software Retscreen4 (RETScreen Software Package).

4.4 Primary Energy

In order to obtain reliable results from the research, the comparisons should be made with the same criteria. This lies on the difference between the active systems that are investigated, since the STS refer to kWh of thermal energy while the PV refer to kWh of electricity. Therefore for these values to be compared to the energy needs of the simulated building they have to be converted into primary energy. The coefficients for the conversion is 1,1 for the thermal energy while 2,7 for electricity (MCIT, 2012).

5 RESULTS

Initially, the total annual energy consumption of the simulated building unit is noted, which is divided into thermal loads, addressing the energy needed for the building in order to maintain indoor thermal comfort conditions during the winter and the cooling loads, needed in order to maintain indoor thermal comfort during the summer. These are presented for all the layouts and systems stated, in Figure 10.

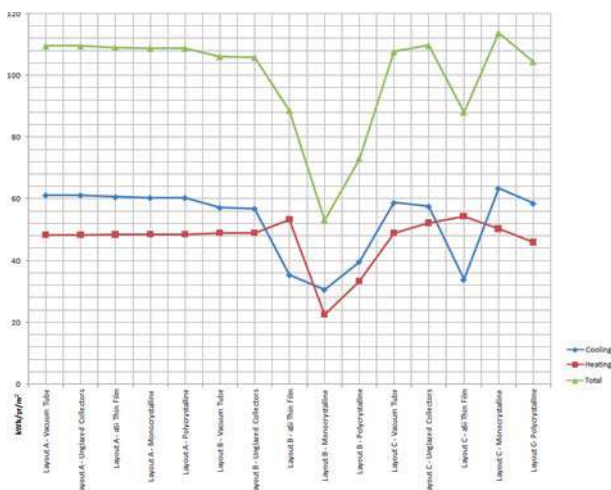


Figure 10: Heating and Cooling loads.

Looking at Figure 10, we see a "stable performance" of the systems integrated in "Layout A", in relation to the simulated building's total energy consumption, which is around 110 kWh/yr/m². Beyond that, there are significant variations in terms of energy consumption in the other layouts, with the Monocrystalline Semitransparent systems to have a very low energy consumption when they are placed under "Layout B", wherein the total energy consumption of the building unit is reduced to around 50 kWh/yr/m². The worst performance is observed when the same system is placed in "Layout C", in which the total consumption rises close to 115 kWh/yr/m². A first observation is the fact that the combination of system - layout plays a significant role in the shaping of the outcome, rather than looking at the two separately.

However, the research also deals with active systems, wherein their relative positioning and area plays an important role in their performance. Thus, Figure 11 shows the overall annual primary energy production of each system, placed in each layout. This production is compared with the corresponding need for energy consumption, as described above. In this case it is observed that the energy production by the systems indicated has several variations and there is no "consistent" energy production in specific layouts. This is due to the difference in performance of each system in relation to the conversion efficiency of the solar radiation into heat or electricity. The system that offers the highest annual production of primary energy is the Monocrystalline Semitransparent, when they are placed under the "Layout C", producing close to 1550 kWh/yr/m². This is probably due to the fact that in this orientation, solar incidence on the PVs is perpendicular for a long time of the day, which considerably improves their electricity production. In addition to quantifying energy production for each system, the purpose of Figure 11 is to visualize the relationship between energy production / consumption. It is observed that even in the lowest energy production cases, the energy need of the building is much less. So we have a "Positive Energy Building", through the integration and passive use of these systems, resulting an excess of energy which can be given back to the grid.

To address the research question and indicate the most efficient combination of system / layout, both of the two important features of the research project must be taken into account, the combination of the passive and active behavior of the systems in various configurations. The

combination of the two, shows essentially the idealized configuration of passive and active system in a building unit. This is visualized in Figure 11, by the difference between the energy needs of the building unit and the corresponding energy production of each system. The greater this difference is, the more advantageous is the combination of each solution. It is observed that the biggest difference in energy production and consumption, is given by the Monocrystalline Semitransparent, when it is placed under "Layout C", and is close to the 21000 kWh/yr., and it is followed by the Polycrystalline also in "Layout C". This result shows that the western orientation combined with the vertical positioning and replacement of large glazing with Monocrystalline Semitransparent PVs, results in the best combination of passive and active performance by this integrated building system.

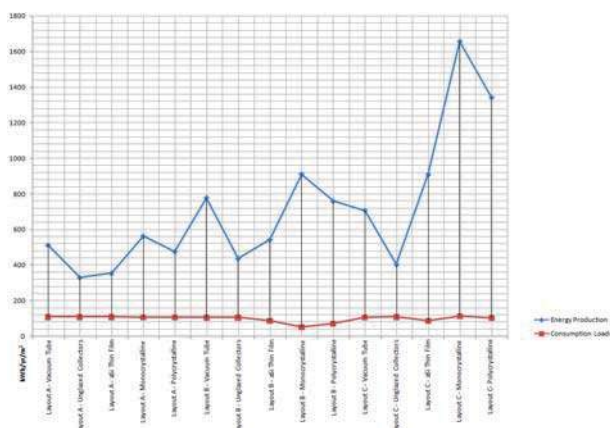


Figure 11: Consumption / Energy Production.

6 CONCLUSIONS

The wider aim of this research process is to highlight the most efficient way of integrating photovoltaic and solar thermal systems in a building unit, both from their active and passive side. Through the research process, the above results revealed that the combination of the ideal layout and the most efficient system for this layout, gives the best results. However, it is concluded that the combination of layout and system is more important than the system itself. For example, the use of Monocrystalline Semitransparent system in Layout C had the highest energy production, and also offered high sun protection, but it did not have the same performance on other Layouts. This also applies to Layout C, on which the aforementioned system performs adequately, while the other systems do not.

The observation that the most "conventional" typologies of passive sun protection did not perform as expected, led to the conclusion that even a slight declination in the geometrical layout of the systems from the conventional sun protection devices, has a significant impact on their ability to offer sufficient passive solar protection. Furthermore, it was observed that these "conventional" layouts are not offered in all cases for the use of integrated active systems, because in many cases these systems do not perform as expected. Subsequently, it was noted that photovoltaic systems have a significant advantage over solar thermal systems, regarding primary energy production and provision of solar protection. However, this does not mean that the STSs are inefficient, but it has to do with the need to compare similar systems. In fact, the choice between PV and STS is decided according to the need for a specific kind of energy (electric, thermal etc.) and geometry.

Finally, a general conclusion drawn across the whole project is that integrating active devices in buildings with the dual character of solar protection / energy production is desirable, both for architectural / aesthetic reasons, given that they provide flexibility if design synthesis, while being economically feasible and efficient in terms of the production of electricity and / or heat.

7 ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank the COST Action TU1205 - BISTS for its support in this work.

REFERENCES

- Africa Greenfields Corporations. 2014. www.zambia.africa-greenfields.com. Accessed on: November, 2014.
- AliBaba Corporations. 2014. www.alibaba.com Accessed on: November, 2014.
- Bio-Tecture. 2014. BIST - Residential case study. www.bio-tecture.net . Accessed on: June 2014.
- California Academy of Sciences. 2014. www.calacademy.org. Accessed on: November, 2014.
- DeZeen Magazine. 2014. www.dezeen.com Accessed on: November, 2014.
- Do It Yourself Trade Corporations – DIYTrade. 2104. www.diytrade.com Accessed on: November, 2014.
- Global Solar Thermal Energy Council. 2014. China: Utopia Garden Sets New Standard for Architectural Integration. www.solarthermalworld.org/. Accessed on: June 2014.
- Hestnes, A. G. 1999. Building integration of solar energy systems. In *Solar Energy*, 67(4), 181-187.
- Jelle, B. P.; Breivik, C. 2012. State-of-the-art building integrated photovoltaics. In *Energy Procedia*, 20, 68-77.
- Kalogirou, S. 2013a. Solar Collectors. In Department of Mechanical Engineering and Materials Science and Engineering. *MMY 537 - Solar Energy Engineering - Teaching Notes*. Limassol: Cyprus University of Technology.
- Kalogirou, S. A. 2013b. Building integration of solar renewable energy systems towards zero or nearly zero energy buildings. In *International Journal of Low-Carbon Technologies*, ctt071.
- Mc Ildowie Partners Architects and Interiors Designers. 2014. www.mcildowiepartners.com.au. November, 2014.
- Mitchell, G. 2006. Problems and fundamentals of sustainable development indicators.
- Ministry of Energy, Commerce, Industry and Tourism –MCIT. 2012. Nearly Zero Energy Buildings, NZEB (2012).. www.mcit.gov.cy Accessed on: September 2014
- Ministry of Energy, Commerce, Industry and Tourism – MCIT. 2014. Energy Performance of Buildings.. www.mcit.gov.cy Accessed on: September 2014
- Munari Probst, M.; Roecker, C. 2007. Towards an improved architectural quality of building integrated solar thermal systems (BIST). In *Solar Energy*, 81(9): 1104-1116.
- Natural Resources Canada. 2104. RETScreen Software Package. www.etscreen.net Accessed on: September 2014
- Peng, C., Huang, Y.; Wu, Z. 2011. Building-integrated photovoltaics (BIPV) in architectural design in China. In *Energy and Buildings*, 43(12): 3592-3598.
- Renewable Energy World. 2014. www.renewableenergyworld.com Accessed on: November, 2014.
- Rosli, M. A. M.; Mat, S.; Sharif, M. K. A.; Sopian, K.; Sulaiman, M. Y.; Salleh, E. 2014. Thermal Efficiency of Unglazed Solar Collector-Polymer Type: 127-130. Kuala Lumpur: World Scientific and Engineering Academy Society.
- Sapa Group. 2014. Building System. www.sapagroup.com. Accessed on: June 2014
- Solar Power Corporation. 2014. California Academy of Sciences incorporates SunPower's high-efficiency solar cells into its sustainable "Living Roof". In *SolarServer*. www.solarserver.com/ Accessed on: 2014
- Tombazis, A. N. 1994. Architectural design: A multifaceted approach. In *Renewable energy*, 5(5): 893-899.
- University of Ballarat, Victoria. *Design - Build Solar*. www.design-buildsolar.com [Accessed June 2014]
- Vassiliades, C.; Savvides, A.; Michael, A. 2014. Architectural Implications in the Building Integration of Photovoltaic and Solar Thermal systems – Introduction of a taxonomy and evaluation methodology. In *World Sustainable Building 2014. Conference Proceedings*. Barcelona.
- Vrachopoulos, M. 2011. Passive Solar Systems & their Performance in Greece. In *KTIRIO Technical Magazine*: 67-74.

Economic aspect of solar thermal collectors' integration into facade of multifamily residential building

Tatjana Kosic

University of Belgrade, Faculty of Architecture, Department of Architectural Technologies, Belgrade, Serbia
tkosic@arh.bg.ac.rs

Aleksandra Krstić-Furundzic

University of Belgrade, Faculty of Architecture, Department of Architectural Technologies, Belgrade, Serbia
akrstic@arh.bg.ac.rs

Marija Grujic

University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia
grujicm@grf.bg.ac.rs

ABSTRACT: The subject of this research is the Life cycle costs analysis of the building in order to assess the economic efficiency and cost-effectiveness of investments in various variants of application of active solar systems in aim to achieve a reduction of energy consumption and environmental pollution.

Different variants of solar thermal collector's application to the existing prefabricated residential building in the settlement Konjarnik in Belgrade, Serbia, are considered from the economic point of view. Cost-effectiveness and feasibility of various scenarios of energy optimization achieved by application of solar thermal collectors into the building envelope are evaluated on the basis of final energy consumption (within the EU-ISO standards).

The methodological approach involves the analysis of the costs of energy consumption for sanitary hot water preparation, financial analysis of costs and cost savings throughout the life-cycle of the existing building in case of application of solar thermal collectors' on the building envelope, as well as a comparative analysis of obtained results. Criteria for the economic analysis include the amount of investment, energy costs and life-cycle costs of the building. According to the adopted criteria, the most suitable models are selected. This methodological approach is generally applicable in the analysis of investments in improvement of building energy performances, while possible technical solutions and the resulting economic benefits must be carefully considered.

Keywords: solar thermal collectors, investment projects, lifecycle costs analyses, life cycle savings, greenhouse gases emissions.

1 INTRODUCTION

New energy-efficient buildings represent a small percentage in relation to the total building stock. Until the seventies of the last century, in Belgrade, buildings were designed without consideration of energy demands and consumption (Krstic-Furundzic & Djukic 2009). According to the data collected by Serbia's Statistical Office, about 55 percent of the total of 583,908 existing housing units in Belgrade were built during this period (Krstic-Furundzic & Bogdanov 2010). These data reveal that Belgrade's building stock has a significant number of buildings whose energy performance has to be improved. It should not be disregarded because significant energy savings and reduction of fossil fuels consumption can be achieved.

In the paper, solutions for reducing energy consumption for water heating in existing housing are examined from economic point of view.

The methodological approach implies the analysis of the costs of energy consumption for sanitary hot water preparation, financial analysis of costs and cost savings throughout the life-cycle of the existing building in case of application of solar thermal collectors' on the building envelope, as well as a comparative analysis of obtained results. Criteria for the economic analysis include the amount of investment, energy costs and life-cycle costs of the building. According to the adopted criteria, the most suitable models are selected. This methodological approach could generally be applicable for building refurbishment, but generalization of technical solutions and possible benefits have to be carefully individually considered.

2 METHODOLOGY

During 1950's up to 1970's, a large number of buildings had been built in the suburban settlements of Belgrade. The residential buildings in the settlement Konjarnik, as a model on which different design variants and possibilities for improvements of energy performances by application of solar thermal collector systems are analysed and discussed from the aspect of energy benefits in a few papers by authors Krstic-Furundzic & Kosoric (2009a, b). Those scenarios are analysed from an economic point of view in this paper.

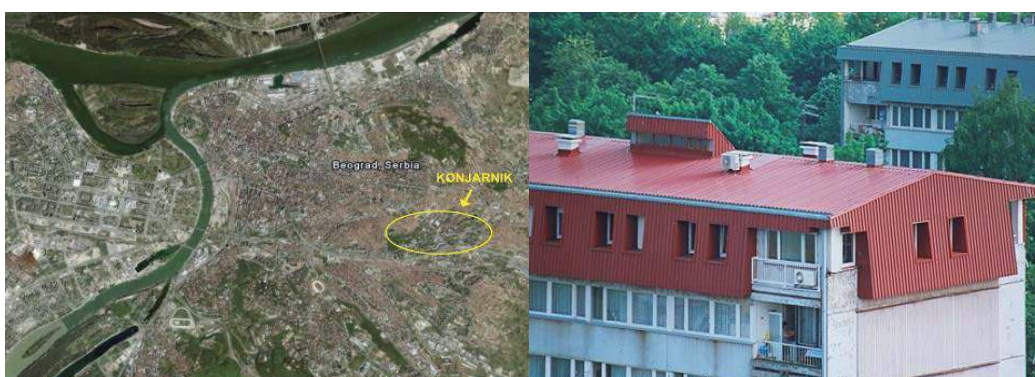


Figure 1. Location of Konjarnik on the map of city of Belgrade. Figure 2. Typical building with attic annex.

The analysis in the paper is hypothetical and it aims to show the economic benefits of installing system of solar thermal collectors on the building envelope in Belgrade's climate conditions. The methodological approach includes description of the model for economic analysis, evaluation of economic efficiency, LCC analysis of variants of solar thermal collectors' application and comparative analysis of achieved results.

2.1 Description of the model for economic analysis

The settlement Konjarnik is 4 km south-east of downtown of Belgrade and stretches about 2km (Fig. 1). This settlement was chosen for analysis because it consists mainly of typical buildings (Fig. 2) which were built during the 1960's and 1970's. The settlement is characterized by large rectangular shaped residential buildings with typical south-north orientation, more precisely, the deviation of 10° to the southwest is present (Fig. 3).

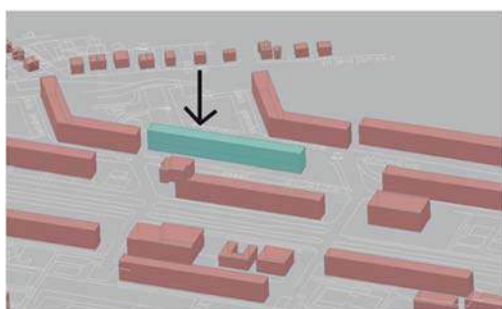


Figure 3. Buildings disposition in Konjarnik settlement

The selected multifamily building, the 8-floors high, has rectangular and compact form and consists of 5 lamellas. It is located within a semi-closed block, on the south oriented hillside. The neighbouring buildings are sufficiently far to prevent overshadowing. One of the central lamellas, with four one-side oriented flats, is chosen for the analysis. As shown in Figure 2, the facades oriented south and north consist rows of windows and parapets, which represent 70% and loggias, which represent 30% of facade surfaces (Krstic-Furundzic & Kosoric 2009a). Existing refurbishment strategies applying on these residential buildings are transformations of flat roofs into slopping roofs by attic annex, which was action organized by municipality and glazing of loggias, which was illegal action usually carried out by the tenants (Krstic-Furundzic 2010).

As the buildings in the analyzed settlement are consisted of a large number of lamellas, and as in the analysis of possibilities for solar thermal collectors application on south-west oriented facade and roof surfaces was selected central lamella (Krstic-Furundzic & Kosoric 2009a, b), in the paper the evaluation of economic efficiency and feasibility were carried out for the same lamella. Authors of different design variants calculated consumption of thermal energy for water heating (20-50°C) according to the number of apartments and tenants inside one lamella altogether which presents 251 kWh per day, i.e. 91,618.3 kWh per year for one lamella and the existing water heating system fully based on electricity was substituted with the new system – solar thermal collectors (AKS Doma –manufacturer), with the auxiliary system based on electricity (Krstic-Furundzic & Kosoric 2009a, b). Solar thermal collectors with liquid working medium had been proposed. According to Polysun 4 Version 4.3.0.1., which was used for the analyses of energy contribution of solar thermal collectors, Belgrade is the city with global irradiance of 1341.8 kWh/m², and 2123.25 sunny hours per year (Krstic-Furundzic & Kosoric 2009a, b).

Modern architectural concepts, which are based on the rational energy consumption in buildings and the use of solar energy as a renewable energy source, provide the new and significant role to the roofs (Krstic-Furundzic 2006) and facades that become multifunctional structures. By applying the system of solar thermal collectors, multifunctional roofs and facades could be created.

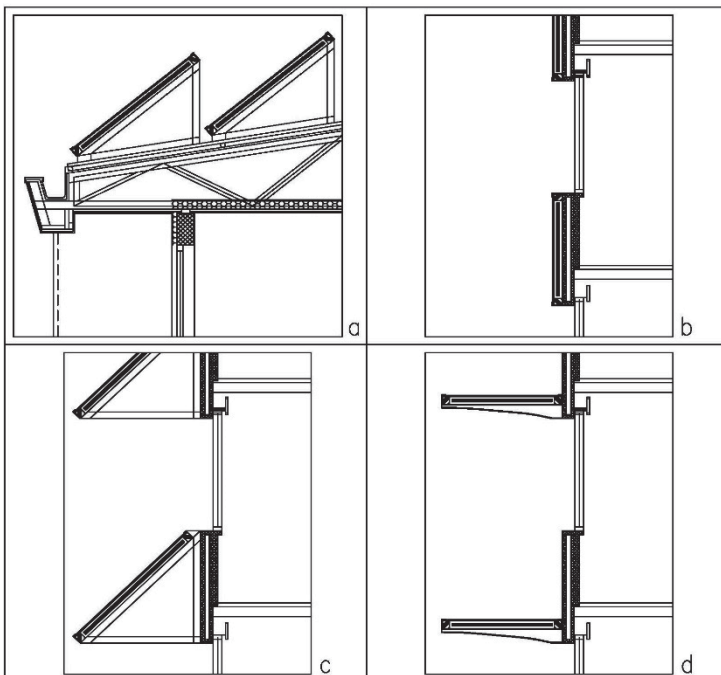


Figure 4. Design variants 1– 4 (a - d) cross-sections.

Four variants of the position of solar thermal collectors on building envelope, designed by Krstic-Furundzic & Kosoric (2009a, b), are taken into consideration in the analysis of economic efficiency and cost-effectiveness of investments (Fig. 4).

The proposed variants of position of solar thermal collectors on building envelope are: 1. variant - solar panels mounted on the roof and tilted at 40° , area of 100 m^2 (Fig. 4a); 2. variant - solar panels integrated in parapets (vertical position- 90°), area of 90 m^2 (Fig. 4b); 3. variant - solar panels integrated in parapets and tilted at 45° , area of 120 m^2 (Fig. 4c); and 4. variant - solar panels integrated as sun shadings (horizontal position- 0°), area of 55 m^2 (Fig. 4d); which is described in detail in Krstic-Furundzic, & Kosoric (2009a, b).

2.2 Evaluation of economic efficiency

The goal of this LCC analysis is to evaluate economic efficiency and feasibility of different scenarios of solar thermal collectors' application into the envelope of existing multifamily housing in Belgrade and their impact on the environment.

The economic assessment includes LCC analysis of four scenarios that evaluates feasibility of solar thermal collectors' integration in the building facade and roof in order to reduce electricity demands from public electrical distribution network. Economic efficiency of accomplished energy optimization of presented variants is assessed according to the final energy consumption (Krstic-Furundzic et al. 2013).

LCC analysis are carried out by Net Present Value methodology, which implies present value of investment plus discounting of all future costs to the present value, and is suitable for comparative assessment of several different scenarios (different energy improvements of the same building). The LCC analysis which deals with application of solar thermal collectors for water heating is carried out as cost analysis through whole life-cycle of analysed components (WLC – Whole Life Cycle) (König et al. 2010). In addition to life-cycle costs, this analysis includes also monetary benefits from electric energy feed-in tariff related to exploitation of solar energy.

Selected tool for LCC analysis in this study is BLCC (Building Life Cycle Cost) software, version 5.3-12 (EERE 2012). BLCC software was developed by United State Department of Energy and it is used for calculation of buildings life-cycle energy savings. The LCC calculations are based on the FEMP (Federal Energy Management Program) discount rates and energy price escalation rates which are updated and published every year on April 1. With certain modifications, this software was used in several investment analyses in Serbia which required feasibility study for different models of optimization of facade, building structure, lighting and heating system (thermotronics) (Plavsic & Grujic 2005).

Criteria for evaluating of the analyses results are divided into two groups (Plavsic 2004):

1. Evaluation criteria for financial efficiency of each scenario include:

- Net Present Value (NPV);
- Adjusted Internal Rate of Return (AIRR);
- Simple Payback Period (in years).

2. Evaluation criteria for external effects include:

- protection and conservation of the environment;
- sustainability of energy resources.

Final efficiency assessment of the design and its scenarios (using computer software BLCC) is expressed in two areas:

- assessment of financial and market efficiency of the design, which determinates feasibility of the investment under real market conditions, measured by accumulation;
- assessment of social and economic efficiency of the design which evaluate the effects on social and economic development of the country.

Design scenarios are ranked by each criterion in final stage of the analysis. BLCC software provides choices such as:

1. design scenario which is the most favourable in terms of the lowest LCC.
2. design scenario with the shortest Simple Payback Period.
3. design scenario with the lowest emission of greenhouse gases.

With the assumption that the lowest LCC and the shortest SPP are of equivalent importance, final selection of the best scenario would be the one that best meets both criteria.

2.2.1 Criteria for efficiency evaluation

Criteria for efficiency evaluation include economic efficiency criteria and external effects.

Economic efficiency criteria involve:

Adjusted Internal Rate of Return (AIRR) - represents the discount rate which is investment value reduced to zero. This data indicates optimal ratio of income (savings) and expenses (costs) during economic life-cycle of building.

Net Present Value (NPV) - is the sum of income during building life-cycle which is reduced to its value of the first year of its life-cycle (present value). Net Present Value presents an absolute indicator of profitability of the design taking into account the time preferences and, using discounting technique, it reduces all future design effects to their present value. For practical reasons, the initial investment period of building economic life-cycle (beginning of investment study) is taken as base time for calculation of NPV. Discounting is performed according to previously established discount rate (usually the individual discount rate that makes the weighted arithmetic mean of real interest rates on funding sources). The discount rates of 10-12% are traditionally used by The World Bank for all funded projects. However, as the entire calculation in this study was done in euro currency, the average interest rate in Western Europe was taken into account. In this case, NPV is calculated for savings - as a specific design profit.

Simple Payback Period (SPP) - refers to necessary time (in years) for return of initial investment. Invested funds are returned in the year when the cumulative net effects of economic life-cycle become positive. The aim is to reduce a simple payback period (value SPP), in order to be as short as possible. The acceptable payback time of the initial investment is considered to be before the end of last year of economic life-cycle. Data such as the initial investment, annual costs and balance saving during life-cycle of the design, are used to calculate SPP. Building Life Cycle Cost (BLCC) software operates with simple payback period, which is simple ratio of initial investment increased for all annual costs and savings (as the equivalent of income in one year).

External effects involve:

Different social and economic effects which do not need to be quantified. For improvement of energy efficiency these effects are of great social benefits such as conservation of the environment and non-renewable resources, influence on technical progress, quality of life of the population, increase of consumer surplus, etc.

2.3 LCC analysis of variants of solar thermal collectors' application

Comparative LCC analysis of the existing building model and different variants of solar thermal collectors' integration in the building roof or facade takes into account: (a) capital costs, (b) energy costs - costs of electric energy consumption for water heating (electric water heater) from public network, (c) energy costs/incomes - feed-in tariff for renewable energy sources and (d) operating, maintenance and repair (OM&R) costs of installed solar system.

In this study, feasibility of investment in solar thermal collectors system, which would substitute certain percentage of production of hot water in the building, is estimated according to consumption of final electrical energy (from renewable and non-renewable sources).

2.3.1 Investment

A capital investment is considered as onetime cost in the first year of the economic life-cycle of the project.

In the analysis of solar thermal collectors' integration into the building facade and roof, the value of complete installed system for each scenario is based on the average value per 1m² of solar collector panel. According to manufacturer, the average price of solar collector system for hot water is 700€ per 1m² of solar panel. For four scenarios of solar thermal collectors' integration, total initial capital investments are shown in Table 1.

2.3.2 Energy costs

Analysis of energy efficiency of solar collectors' integration assumes that there is constant electrical energy consumption for sanitary hot water preparation within observed part of residential building. Four selected scenarios, with different solar collectors' positions, result in different capacity for production of electrical energy from renewable sources, and thus different consumption of electrical energy from public electricity network. In the analysis, public network electrical energy price was adopted according to current price list approved by "EPS - Elektroprivreda Srbije" in December 1, 2012, for consumers within the blue zone (351-1600 kWh per month), which represents zone of average household electricity consumption per month. This price is average price for households with two phase measurement of electricity consumption (1/3 of day – lower tariff). The price of 0.06 €/kWh was established as an input for electrical energy costs calculation. The price of 0.23 €/kWh was adopted for electricity from renewable sources (according to feed-in tariff of EPS and Regulation on Incentives for the production of electricity by using renewable energy sources and combined production of electricity and thermal energy).

3 RESULTS OF LIFECYCLE COST ANALYSIS

Life-cycle period for scenarios of solar collectors' integration in LCC analysis is 15 years. According to manufacturer, life-cycle of proposed system for hot water is 20 to 25 years, while full capacity of the system is reduced by 20% after 15 years of use. Since energy efficiency analysis was carried out for system's full capacity, period of full system capacity was adopted in this LCC analysis.

Majority of investments that have an impact on energy savings and environment conservation are long term investments and usually have very high capital costs. Since this investment analysis is limited to 15 years (period of full capacity of the system) and the system capacity cannot be determined precisely after this period, all future costs are discounted to present value using a real discount rate of 3.5%, so that the costs in very far future have as less as possible influence on analysis results.

Life-cycle cost analysis is performed for each design variant of solar thermal collectors' integration in the building envelope. Using BLCC software, the Net Present Value (NPV) is determined for each scenario, and the scenario that gives the best results during the life-cycle was chosen. All future costs are discounted to present value using a discount rate of 3.5%.

Basic assumption is that inflation has a neutral effect on building life-cycle if price relations (parity of prices) do not change in life-cycle or if impact of inflation is identical on both income and costs of the building.

Results of LCC analysis, LC savings and greenhouse gases emissions for variants of solar collectors' integration are shown in Table 1, 2 and 3.

3.1 LCC Analysis results – application of solar thermal collectors

From the LCC analysis of variants of solar thermal collectors' integration, the following conclusions can be listed:

- Results of LCC analysis (Table 1) show that Variant 1, scenario with thermal collectors positioned on the roof in the area of 100m², is the most favourable variant, because it has the highest incomes from investment in renewable energy sources. Variant 3 also has incomes, but, although the area of solar collectors is bigger in comparison to Variant 1, energy production capacity is reduced as solar collectors are placed on the parapets of the facade. Also, Variant 3 has higher initial investments, so the overall incomes are smaller than in Variant 1.

Table 1. Results of LCC analyses of the four variants (design variants of integration of solar thermal collectors) compared to Reference model (Model of the existing building).

Scenario	Annual Costs			Present Value Costs			LCC
	Annual Elec- tricity Costs (base-year) (public) (€)	Annual Elec- tricity Costs (base-year) (solar collect.) (€)	Annual OM&R* Costs (€)	Total Initial Capital Costs (€)	Discounted Total OM&R* Costs (€)	Discounted Total Energy Costs (€)	
	Reference model	5,499.00					
Variant 1	2,541.00	-11,332.00	100.00	70,000.00	1,152.00	-101,264.00	-30,112.00
Variant 2	3,570.00	-7,386.00	100.00	63,000.00	1,152.00	-43,959.00	20,193.00
Variant 3	2,653.00	-10,904.00	100.00	84,000.00	1,152.00	-95,051.00	-9,899.00
Variant 4	4,209.00	-4,939.00	100.00	38,500.00	1,152.00	-8,418.00	31,234.00

* Operating, Maintenance, and Repair

- Results of the analysis of LC savings (Table 2) also show that Variant 1 has better financial advantages compared to other variants. First of all, Simple Payback Period (SPP) is the shortest (8.05 years), Savings to Investment Ratio (SIR) is most favourable, as well as Adjusted Internal Rate of Return (AIRR). Shortest Simple Payback Period (SPP) shows that this variant has the highest savings.
- Variant 2 and Variant 4 certainly have positive influence on environment and reduction of energy consumption from non-renewable sources. But, from the investment standpoint, these variants are considered unacceptable, since the Simple Payback Period exceeds LC period of solar thermal collectors (15 years of full system capacity). Variant 2, with SPP of 16.95 years, might be acceptable if we take into account the fact that the real life cycle of solar collectors system is longer than 15 years.
- Variant 1, which has the highest savings in electrical energy consumption from public network, also has the lowest greenhouse gases emission (Table 3).
- From the aspect of LCC analysis the most favourable is Variant 1.
- Combination of Variant 1 and Variant 3 (solar collectors on the roof and facade) would certainly give much better results in the evaluation of the economic efficiency of investment in renewable energy.

Table 2. Results of Life cycle savings analysis of four scenarios (design variants of integration of solar thermal collectors)

Scenario	Annual Energy Consumption		Electrical energy Savings (+) or Cost (-)		Non-Energy Savings or Cost (-)		Simple Payback Period (SPP) (year)	Adjusted Internal Rate of Return (AIRR) (%)	Total Discounted Operational Savings (€)	Savings to Investment Ratio (SIR)
	Electricity Consumption (public) (kWh)	Electricity Consumption (solar collec.) (kWh)	Annual Electricity Savings (€)	Discounted Electricity Savings (€)	Annual OM&R* Costs (€)	Discounted OM&R* Costs (€)				
Variant 1	-42,348.80	49,269.50	8,791.00	101,264.00	-100.00	-1,152.00	8.05	6.00	100,112.00	1.43
Variant 2	-59,503.50	32,114.80	3,816.00	43,959.00	-100.00	-1,152.00	16.95	0.87	42,807.00	0.68
Variant 3	-44,208.80	47,409.50	8,252.00	95,051.00	-100.00	-1,152.00	10.30	4.27	93,899.00	1.12
Variant 4	-70,142.80	21,475.50	731.00	8,418.00	-100.00	-1,152.00	61.03	-7.39	7,266.00	0.19

* Operating, Maintenance, and Repair

Table 3. Analysis of greenhouse gases emissions of four scenarios (design variants of integration of solar thermal collectors)

Reference Model	Variant 1		Variant 2		Variant 3		Variant 4			
	Annual emissions (kg)	Life-Cycle emissions (kg)	Annual emissions (kg)	Life-Cycle emissions (kg)	Annual emissions (kg)	Life-Cycle emissions (kg)	Annual emissions (kg)	Life-Cycle emissions (kg)		
CO ₂	59,910.57	898,371.49	27,692.51	415,254.97	38,910.22	583,466.92	28,908.79	433,493.37	45,867.42	687,791.54
SO ₂	301.89	4,526.86	139.54	2,092.45	196.07	2,940.07	145.67	2,184.36	231.12	3,465.76
NOx	89.41	1,340.74	41.33	619.73	58.07	870.77	43.14	646.95	68.45	1026.47

4 CONCLUSION

Investments in energy production from renewable sources always have a positive effect on the economy (reducing energy consumption costs) and the ecology of a country (reducing greenhouse gases emissions). Life-cycle costs analyses for different variants of integration of solar thermal collectors for water heating show that feasibility of investments in renewable energy sources is based on price difference between standard and feed-in tariff of electricity per kWh.

In this analysis, feasibility of investment in solar thermal collectors system is economically efficient only for scenarios where renewable energy sources meet energy needs in the percentage of about 50% or more. Therefore, whether a system for production of energy from renewable sources results in incomes or costs in life-cycle depends on the policy of the country and values (prices) of feed-in tariff for energy from renewable sources. It is certain that all investments in renewable energy have positive impact on preservation of healthy environment, but their cost effectiveness depends on the goals and policies of economic and energy development.

In surrounding countries of Serbia and EU countries, the values of electricity feed-in tariff per kWh are twice or three times higher than in Serbia (although the price of electricity from public network is significantly higher). Political aspect of feed-in tariff values in Serbia is based on Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources (RES Directive 2009/28/EC, 2009) according to which Serbia, as signatory of the Agreement of Energy Community, will be obliged to provide at least 20% of energy consumption from renewable sources. This percentage, which is already reached in Serbia through the production of electricity from hydro-power plants, amounts to about 24% (MERZ, 2012). As long as the target level does not increase above the current production of electricity from renewable sources, there will not be changes in Serbia government's efforts to support investments in other renewable energy sources.

4.1 Acknowledgments

The research is done within the COST Action 1205 "Building integration of Solar Thermal Systems (BISTS)" supported by European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research and the scientific research project "Spatial, Environmental, Energy and Social Aspects of Developing Settlements and Climate Change – Mutual Impacts" (TP36035), financed by Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

REFERENCES

- Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE) 2012. FEMP (Federal Energy Management Program), software: BLCC (Building Life Cycle Cost), <http://www.eere.energy.gov/femp/information>, (accessed 25th November, 2012).
- König, H., Kohler, N., Kreißig, J. & Lützkendorf, T. 2010. *A life cycle approach to buildings*. Munich: DETAIL Green Books.
- Kosic, T., Krstic-Furundzic, A., Rajcic, A. & Maksimovic, D. 2009. Improvement of Energy Performances of Dwelling Housing in Belgrade. In C. Demers & A. Potvin (eds.), *Architecture, Energy and the Occupant's Perspective*, Thematic conference Proceedings of the PLEA 2009. Quebec City: Les Presses de l'Université Laval, Canada, pp. 603-608.
- Krstic-Furundzic A. 2010. Definition of Suburban Building Stock; Case Study: Konjarnik, Belgrade, Serbia. In Roberto Di Giulio (ed.), *Improving the Quality of Suburban Building Stock*, Volume 1, COST Action TU0701, Department of Building & Civil Engineering, Faculty for the Built Environment, University of Malta, Gutenberg Press, pp. 145-158.
- Krstic-Furundzic A. & Bogdanov A. 2003. Collected data formation of building stock in Belgrade, Serbia (Formiranje baze podataka o gradjevinskom fondu u Beogradu). In: *Energy Optimization of buildings in context of sustainable architecture* (Energetska optimizacija zgrada u kontekstu održive arhitekture), Part 1. Belgrade: Faculty of Architecture, University of Belgrade, pp. 59-77.

Krstic-Furundzic, A. & Djukic, A. 2009. Serbia. In P. Jones, P. Pinho, J. Patterson & C. Tweed (eds.), *European Carbon Atlas, Low Carbon Urban Built Environment*, European Science Foundation-COST C23 Action, The Welsh School of Architecture, Cardiff University, Wales, UK, pp. 156-170.

Krstic-Furundzic, A. & Kosoric, V. 2009a. Improvement of energy performances of existing buildings by application of solar thermal systems. *Spatium, International Review*, No 20, IAUS: pp. 19-22.

Krstic-Furundzic, A. & Kosoric, V. 2009b. Improvement of Energy Performances of Existing Buildings in Suburban Settlements. In C. Demers & A. Potvin (eds.), *Architecture, Energy and the Occupant's Perspective*, Proceedings of the PLEA 2009. Quebec City: Les Presses de l'Universite Laval, Canada, pp. 597-602.

Krstic-Furundzic, A. Kotic, T. & Kosoric, V. 2013. Procena razlicitih scenarija unapredjenja energetskih performansi prefabrikovanog viseporodnog objekta (Assessment of different scenarios for energy performance improvements of prefabricated multifamily housing). In M. Pucar, B. Dimitrijevic & I. Maric (eds.), *Klimatske promene i izgradjeni proctor – politika i praksa u Skotskoj i Srbiji (Climate change and the built environment – policies and practice in Scotland and Serbia)*. Belgrade: IAUS and Glasgow Caledonian University, pp. 255-281.

Krstic-Furundzic, A., Kotic, T. & Grujic, M. 2010. Energy, ecological and economic aspects of improvement of the dwelling housing in Belgrade. In G. Cosic (ed.), *Installation&Architecture*, Thematic conference Proceedings. Belgrade: Faculty of Architecture, University of Belgrade, pp. 39-47.

Krstic(-Furundzic), A. 2006. Multifunkcionalne krovne strukture energetski efikasnih zgrada (Multifunctional roof structures of the energy efficient buildings). *Arhitektura i urbanizam*, No. 18/19, IAUS: pp. 34-47.

Energy Balance of the Republic of Serbia for the 2013th year, 2012. Ministry of Energy, Development and Environmental Protection of the Republic of Serbia, Sector for Energy Efficiency and Renewable Energy (MERZ – Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine republike Srbije, Sektor za energetsku efikasnost i obnovljive izvore energije), pp.7, <http://www.merz.gov.rs/lat/dokumenti/energetski-bilans-republike-srbije-za-2013-godinu-0>, (accessed 25th January, 2012).

Plavsic, R. 2004. *Organization and Project Management (Organizacija i upravljanje projektima)*, Belgrade: Faculty for Management of Small and Medium-sized companies, pp. 38.

Plavsic, R. & Grujic, M. 2005. Economic analysis - Chapter 9 (Ekonomska analiza – Poglavlje 9). In: *Study of energy optimization of building envelope and system of thermodynamics of the Building B - Terazije terrace (Elaborat energetske optimizacije omotača i sistema termotehnike objekta B - Terazijske terase)*, Belgrade: Virtual expert agency of multi consulting – energy efficiency, renewable energy and environmental protection, pp. 137-150.

RES Directive 2009/28/EC 2009. Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources, *Official Journal of the European Union*, L 140/16-62, 5. 6. 2009.

The Regulation on Incentives for the production of electricity by using renewable energy sources and combined production of electricity and thermal energy (Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije), *Official Gazette RS*, No. 99/2009, pp.3.

Towards the effective solar energy use in buildings in Lithuania

Rokas Tamašauskas

Institute of Architecture and Construction of Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania

rokas.tamasauskas@ktu.edu

Rosita Norvaišienė

Institute of Architecture and Construction of Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania

rosita.norvaisiene@ktu.lt

ABSTRACT: The solar collector installation projects are often criticized by the fact that the most of energy demand in building occurs during the periods when the solar energy radiation is low. However, the latest researches assume that the solar thermal technologies will be very soon one of the major renewable energy technologies for the low and medium temperature heat supply in buildings. This paper represents the case study of the solar collectors, used in retrofitted house in Lithuania. There is also analyzed the habits of Lithuanian consumer hot water consumption at certain building types. It was compared the energy consumption of different Lithuanian buildings depending on their class of energy performance. The case study revealed that optimal ratio of solar collector's system area from the total floor area of a house in Lithuanian climatic conditions is around 7%. Obtained data could be used in calculations of building energy performance.

Keywords: solar thermal collectors, domestic hot water consumption, building energy performance classes.

1 INTRODUCTION

The building sector is responsible for more than 19% of the total of 38% of energy related to greenhouse gas emissions in Lithuania, which corresponds to the situation in other developed countries (Jaraminiene et al. 2012). The biggest part in environment pollution is formed by heating of buildings of 1960-1990 construction.

The Energy Performance of Building Directive became the EU policy instrument to improve the energy performance of building. The implementation of EPBD in Lithuania started in 2007. Directives of the European Union have set the new requirements of energy performance of buildings and use of renewable power sources which will have to be implemented from 2018 in newly erected public buildings, and from 2020 – in all newly erected buildings. If the existing housing was brought up to the current requirements in building regulations in Lithuania, 45% energy saving would be possible. The total amount of annual energy demand has to be covered by building integrated energy generation from renewable sources. Domestic hot water consumes nearly 20% of total energy consumption for an average family (Kishan et al. 2012). The energy demand in residential buildings can be decreased by reducing of domestic hot water consumption. Solar water heating systems are the most promising and most easily affordable energy available to homeowners. Long time scientific interest in exploring solar energy in Lithuania as energy source for heating and domestic hot water preparation was insignificant due to low and unstable solar irradiance and low energy costs. The situation began to change, when Lithuania became a member of the European Union and started to implement Directives of the European Parliament and European Council related with energy.

The majority of researches were carried out in energy policy area. Lithuanian researchers have made analysis in several aspects: renewable energy policy promotion and perspectives of usage renewable energy (Katinas et al. 2006), governmental policy and prospect in electricity production from renewables (Katinas et al. 2008), sustainable energy development – Lithuania's

way to energy supply security and energetic independence (Katinas et al. 2014). This author has stated that the most attention should be taken in the energy production from renewable energy with special attention for local renewable energy resources and climatic conditions. Renewable energy promotion in Lithuania in compliance with the European Union strategy and policy was analyzed by Gaigalis et al. (2014). The scientist stated that renewable energy and transport must have special financial support mechanism.

Lithuania receives 1,000 kWh/m² (total: 65 million kWh) of solar energy per year. But more than 80 percent of it is distributed during the 6 months from April to September. The solar thermal energy use is still not widely applied in Lithuania. According to the Ministry of Agriculture, in 2020, when other types of fuel become more expensive and new technologies developed, the prices of solar energy and of traditional generation of electric energy will become similar (Štreimikienė et al. 2014). However we have to pay special attention to the practices in Northern Countries.

In Europe the largest solar heating markets are present in the Southern and Central European Countries like Greece, Germany and Austria. The solar heating markets in the Northern European countries are not as good. In Denmark, Sweden, Norway and Latvia respectively 25%, 23%, 27% and 35% of the country's total annual energy consumption is used for heating of buildings, while the annual solar radiation to the horizontal surface of the Country is respectively 180, 1030, 1200 and 3130 times greater than the Country's total annual energy consumption (Furbo et al. 2014). It is evident that the use of solar heating systems is possible and has a big potential even in the Northern Countries. Although Greening et al. (2014) proposed that solar thermal collectors have slightly lower environmental impacts than other widely used domestic hot water preparation systems, their potential is hampered because they need a back-up heating system, typically a gas boiler. For this reason as well as due to a lack of suitable locations and poor efficiency, the potential of solar thermal systems to contribute to a more sustainable domestic energy supply in the UK is limited (Greening et al. 2014).

Calculation methodologies of renewable and non-renewable energy ratio used in building and determination of requirements for nZEB building were analyzed by Tamasauskas et al. (2014). The energy demand for high (A, A+, A++) energy performance class building domestic hot water systems is almost three times higher than the energy demand for heating. The researcher statement was strengthened by one of Lithuania's city Elektrenai where consumption rates of domestic hot water in average relevant buildings has been higher to compare to values currently used for calculations from LST EN ISO 13790:2008 (Table 1).

Table 1. Comparison of domestic hot water consumption rates in Elektrenai city (Lithuania) average relevant buildings with the values currently used for calculations according to LST EN ISO 13790:2008.

Building category	According to LST EN ISO 13790:2008, kWh/m ²	In Elektrėnai city, kWh/m ²
Education buildings	10	28.6
Apartment buildings	20	19.2
Industrial buildings	10	24.9
Offices	10	18

This paper is built on the analysis of energy efficiency in buildings and case study of multi-story apartment residential houses in Lithuania by use of RES solutions and other innovative technologies, e.g.: innovative heating systems, individual regulation and metering, solar collectors.

2 ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY IN MULTI APARTMENT BUILDINGS

The energy performance of a building is the total energy efficiency of a building, reflected in one or more numeric indicators taking into account insulation, installation characteristics, design

and location, energy conversion in the building and other factors. Basic facts about Lithuanian housing stock:

- population <3,19 million;
- > 66 % of population lives in multi-apartment buildings built in 1961-1990;
- 97 % - private ownership, 3% - social housing.

The Construction technical regulation STR 2.01.09:2012 “Energy performance of buildings.

Energy performance certification” is intended for the implementation of the requirements of the new Directive 2010/31/EU, providing requirements for energy-efficient building envelopes, efficient energy use in buildings, and the use of renewable energy resources.

Lithuania has set the transitional requirements for newly constructed buildings in 2014, 2016, 2018, 2021 expressed by the energy efficiency classes of buildings (STR 2.01.09:2012).

New buildings or parts thereof must comply with the requirements of:

- till 1 January 2014 – for class C buildings;
- from 1 January 2014 – for class B buildings;
- from 1 January 2016 – for class A buildings;
- from 1 January 2018 – for class A+ buildings;
- from 1 January 2021 – for class A++ buildings.

The current analysis of energy efficiency of buildings according to the energy certification data shows that energy consumption in buildings is still very high. Energy costs in existing buildings (mostly D, E; F; G class buildings) are very high, so the renovation of these buildings (additional insulation, renewable energy sources) definitely has a very high potential for energy savings.

The major problem in the heating systems is inefficiency at the point of consumption – the annual average energy consumption for heating of Lithuanian building stock is 220 kWh/m², which is substantially higher than the average in Nordic Countries (128 kWh/m²) (National energy strategy 2010).

Lithuanian apartment houses by the amount of consumption of the heating energy (kWh/m² per month) are divided into 4 categories (Table 2).

Table 2. Energy consumption for heating in Lithuanian apartment housing (2011/2012 heating season) (Economic Activity Overview 2012).

Apartments	Energy consumption for heating, kWh/m ²	Occupied part of building stock in Lithuania
Sustainable, new construction	9	4,6% 32'000 apartments (0.09 mln residents)
New construction (low or medium heat consumption)	19	17,3% 121'000 apartments (0.36 mln residents)
Existing old apartments, not renovated (high heat consumption)	27	55,7% 390'000 apartments (1.17 mln residents)
Existing old apartments, poor insulation (very high heat consumption)	40	22,4% 157'000 apartments (0.47 mln residents)

The thermal energy consumed in a house is measured by heat meter that show how much the house uses the thermal energy for heating. This amount of consumed energy is divided by the

total floor heated area of the building this way acquiring the amount of used thermal energy for heating for 1m² per month.

According to the database (Table 3), the maximum quantities of certificated buildings have EP class G (54 %). It is because all currently non renovated typical existing old block houses (1960-1990) are automatically classified as class G. This is a trend observed in all EU countries where in some cases buildings from the 1960s are worse than buildings constructed in the years before that (Europe's buildings under the microscope 2011).

Table 3. The number of certificated buildings in Lithuania (2007-2014 year).

Energy performance class	Certificated buildings, unit	Percent of issued certificates, %
A, A+, A++	32	0.04
B	6854	8.79
C	10504	13.46
D	6333	8.12
E	7547	9.67
F	3932	5.04
G	42813	54.09
Total:	78015	100

The energy consumption for heating varies according to the energy performance class: the buildings with EP of class A, the energy consumption for heating takes 45,8 percent of the total energy consumption while the energy consumption for heating of buildings with EP of class C takes 87 percent of total energy consumption of building stock (Table 4).

Table 4. The ratio between the total and heating energy consumption of certificated buildings in Lithuania (2007-2014 year).

Energy performance class	Total energy consumption, kWh/m ² /year	Energy consumption for heating,		Heating energy from total, %
		kWh/m ² /year	kWh/m ² /DD*	
A, A+, A++	47,6	21,8	5,708	45,8
B	126,6	100	26,185	79,0
C	208,3	181,3	47,473	87,0

*DD – degree days (3819 at 18°C base temperature)

Renovation of residential buildings is an urgent problem in Lithuania. This need for renovation provides an opportunity to apply the solar energy strategies.

3 CASE STUDY OF RENOVATED HOUSE IN LITHUANIA

Solar systems are not a novel product in Lithuanian market. Significant amount of installations appeared over the last few years. However from this amount there are almost no BISTS (Building Integrated Solar Thermal Systems) installations. This tendency is strongly influenced by two factors. The first - Government policy, which promote a bigger compensation and buying of electric energy prices produced by building integrated solar photovoltaic systems (National Commission for Energy Control and Prices), but at the same it does not provide the clear definitions of house integrated systems. The second – belief in society (a strong conviction between sellers, designers, builders and owners) that solar systems are only the engineering elements with no architectural, aesthetic relation with building and its surrounding.

Three main building service systems - hot water, space heating and electricity for lighting and appliances are used in typical apartment house in Lithuania.

In order to achieve more energy savings, the multi apartment house has been retrofitted and solar energy hot water system was installed. The views of solar thermal system are presented in Figures 1, 2 and 3.



Figure 1. The view of the house with the solar thermal system.

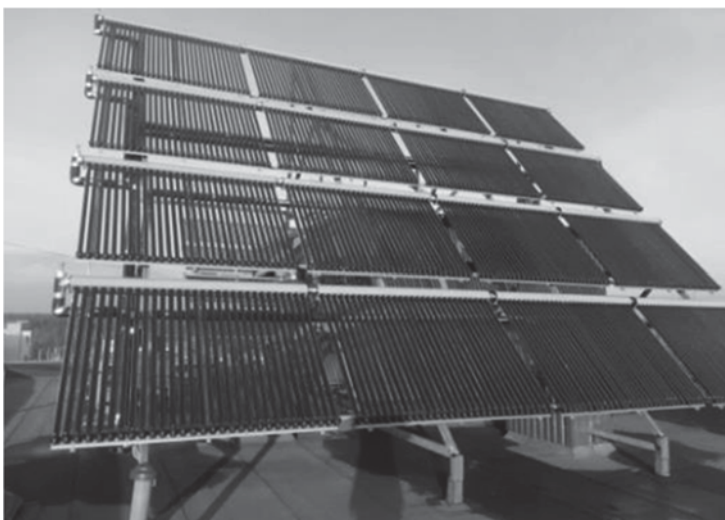


Figure 2. The solar thermal collectors.

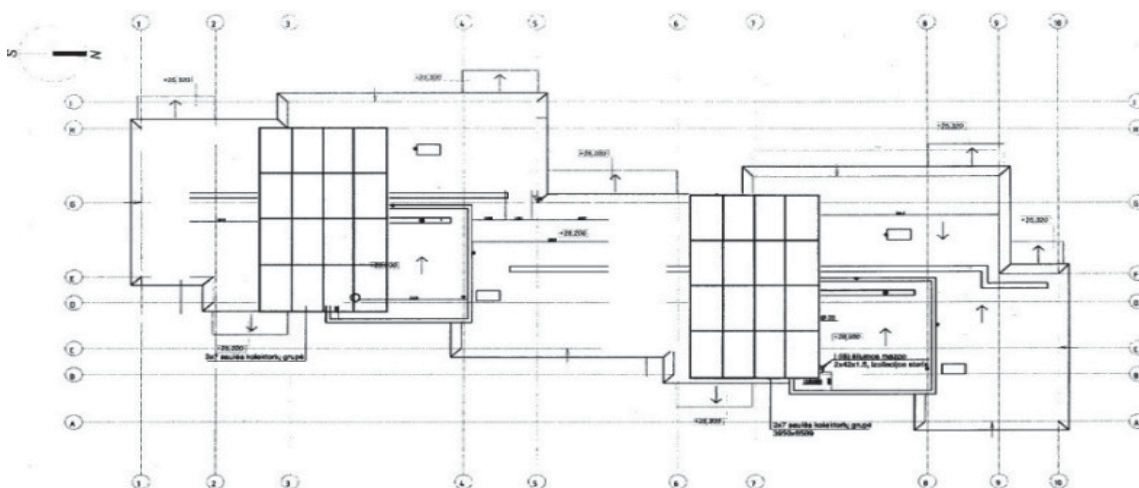


Figure 3. Roof plan of the house with the solar thermal system.

Main parameters of the building and the solar thermal system: house' year of construction - 1978 (retrofitted in 2013); 9 storied, 54 apartments; total floor area - 2178 m²; installation year of Solar thermal system - 11/2013; capacity of installed Solar thermal collector's - 69.824 kW; Collectors' total area - 155.55 m²; collectors' orientation - South; tilt angle - 45°.

Serverio laikas: 2014-11-13 10:21:31
 Kontrolinio laikas: 2016-11-13 10:27:20
 Rėžimas: Vartotojo rėžimas 1

K. Škirpos gatvė 15, Kaunas

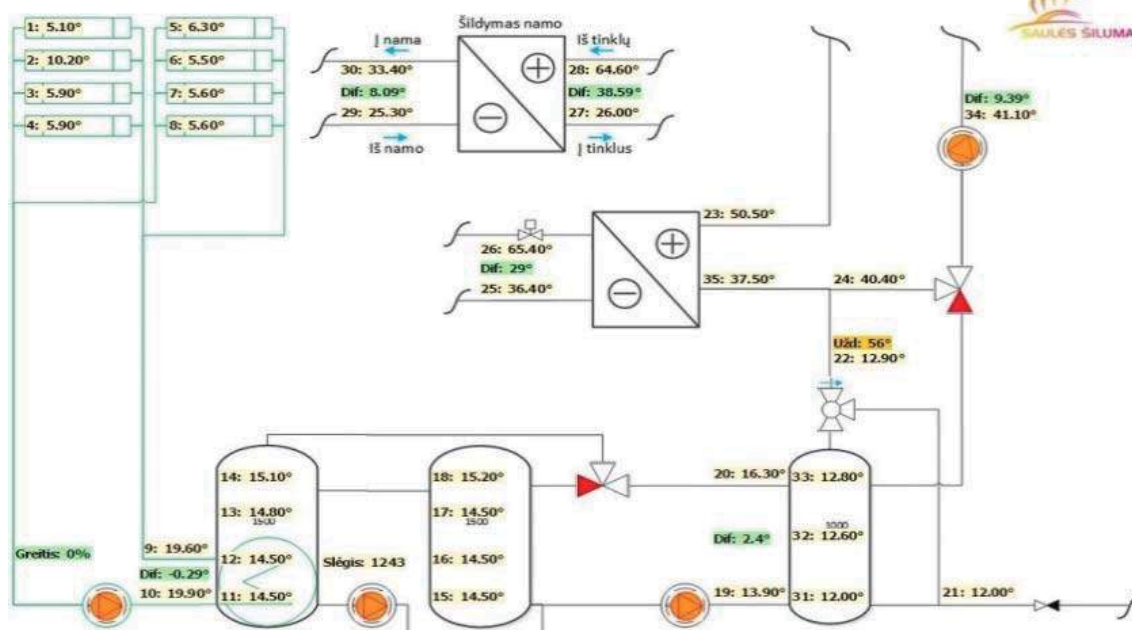


Figure 4. The domestic hot water solar heating system is controlled and monitored online <http://www.esutaupus.lt/lt/atlikti-darbai>

3.1 Solar domestic hot water heating system

In this case study the solar thermal collectors are used only for heating of domestic hot water. The system was installed on the roof of a building and it consists of evacuated tubular solar thermal collectors, 3 units of storage tanks located in a basement and water preheat system in a boiler room. According to hygienic requirements in huge solar energy in systems domestic hot water have to be heated by fresh-flowing water heating principle without collecting it into tanks. In our case study house for storage of solar energy two 1500 liter tanks are used (one storage tank consist of 2 heat exchangers, total area 5, 9 m², another tank - without heat exchanger). Preheating of primary cold water is carried out in 1000 liters preparation tank of water mixing capacity. The case of lack of energy from the solar system domestic hot water is heated to the required temperature from the district heating network. The system is designed for periodical raise of temperature in domestic hot water heating system for the hygienic antibacterial disinfection of pipelines. The capacity of collector's solar energy power absorber is around 1000 W/m². The pipelines are thermally insulated. The outside located pipelines are additionally isolated by the UV protective cover. The whole process is controlled by central controller with flow and temperature measuring sensors. Process could be controlled and monitored through the internet access.

3.2 System exploitation analysis

The amount of energy used for domestic hot water heating from the district heating network during sun dominating months (May-September) is presented in (Figure 5).

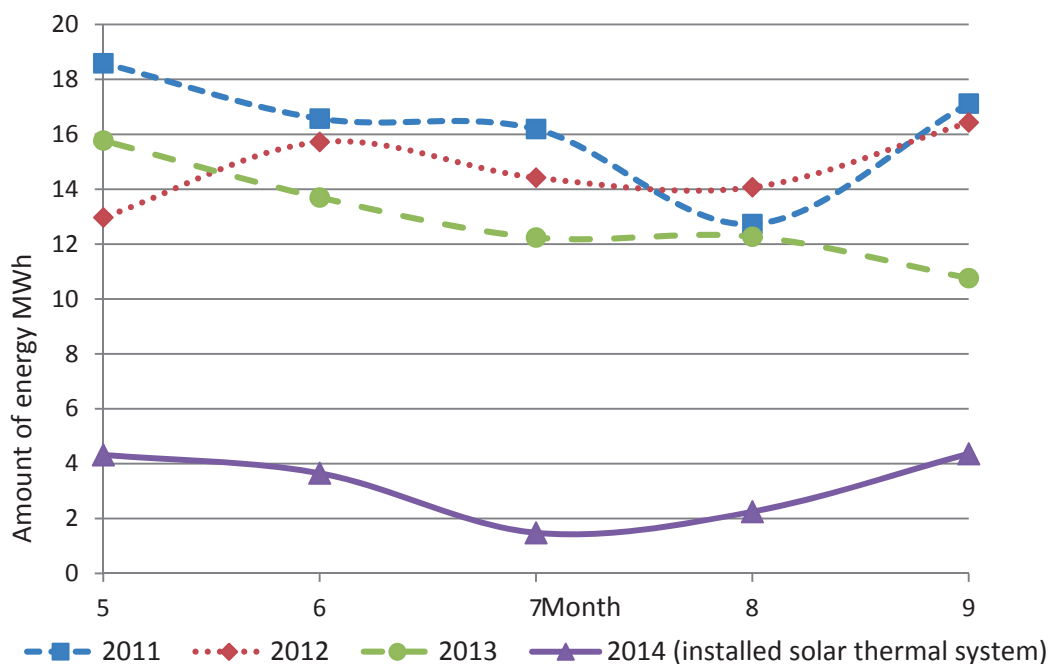


Figure 5. Amounts of energy used for domestic hot water heating from the district heating network during sun dominating months

These data show that solar thermal system during these months could reduce amounts of energy from 3 to 4 times depending on a month. It should be also taken into account that energy used for domestic hot water preparation is used for heating of water and hot water circulation. Analysis of these components amounts in Kaunas city apartment buildings (Table 5) has revealed that depending on the energy performance class of a building energy use for circulation varied from 50% to 150% compared to energy use for heating of hot water. Consequently the more energy efficient building the lower demand of energy for circulation, but circulation still takes a significant portion of energy consumption in a building. According these data hot water circulation coils in bathrooms were replaced into electric heaters during reconstruction, in order to optimize domestic hot water heating system and minimize the energy need for hot water.

Table 5. Average energy consumption for domestic hot water (DHW) preparation and domestic hot water circulation in different energy performance class apartment houses in Kaunas city (Lithuania) (2007-2014 year)

Group of building due to energy consumption	Very low energy apartments (new construction, high quality houses)	Low and medium energy apartments (new construction, heat-efficient houses)	High energy apartments (old buildings with poor thermal insulation)	Very high energy apartments (old buildings with very poor thermal insulation)				
Energy class	C	D	E	F/G				
Average energy consumption, MWh	DHW	DHW circulation	DHW	DHW circulation	DHW	DHW circulation	DHW	DHW circulation
2007	7,62	5,71	7,45	9,23	7,80	11,18	5,55	1,14
2008	8,42	5,21	7,29	9,22	8,20	11,25	6,33	1,14
2009	8,95	4,81	7,90	10,00	7,63	11,29	7,38	1,21
2010	9,16	5,42	8,31	10,41	7,20	11,27	6,88	1,87
2011	9,6	4,54	7,95	9,93	7,11	11,48	6,19	2,88
2012	9,60	4,95	8,45	8,65	7,20	10,56	6,22	8,49
2013	9,17	4,67	7,97	9,07	7,14	11,01	5,73	8,54
2014	8,96	4,51	7,69	9,09	7,53	11,19	6,11	8,55

During non-sun dominating months (November-April) amounts of energy consumed in case study house and other buildings remained almost stable. Small fluctuation could be assigned to user’s behavior. Significant changes in case study house occurred only in April, when solar radiation increased (Figure 6).

It should be also mentioned that our analyzed house with solar thermal system has some disadvantages. One of them - there is not installed debit meter. Without this device it’s impossible properly measure real time energy amounts generated in solar thermal system. Approximate amounts of energy generated by solar thermal system can be determinate only at the end of the month, when accounts from central heating network of consumed energy are received. Second disadvantage – it is not known real total energy amount for bathrooms heating, because previous hot water circulation coils were changed by electric heaters in bathrooms and there is not known the amount of electricity used for electric heaters.

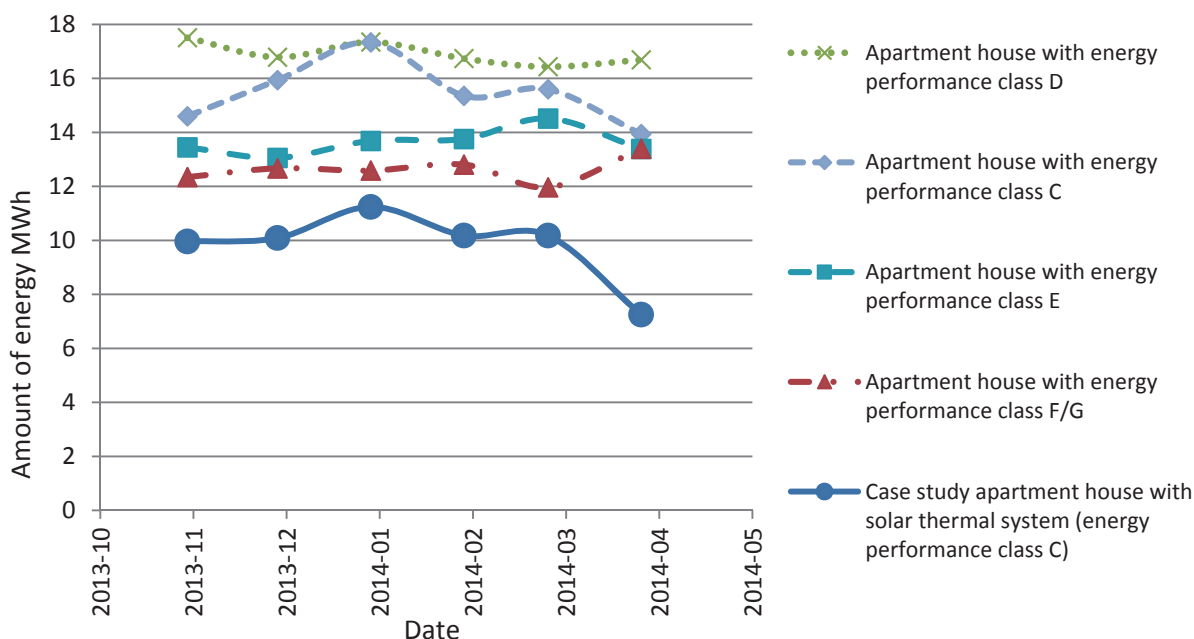


Figure 6. Amounts of energy used for domestic hot water preparation and domestic hot water circulation in different energy class apartment houses from district heating during non-sun dominating months.

4 CONCLUSIONS

Renovation of residential buildings is an urgent problem in Lithuania and many other new EU member states. This need for renovation provides an opportunity to apply solar energy strategies. Energy certification increases the understanding of energy consumption and allows us to compare buildings, motivating the builders to increase the energy efficiency in buildings.

The reduction of energy consumption of domestic hot water heating systems is a considerably difficult task. It is clear that the largest energy saving potential is related with the older building stock due to the highest heating energy consumption. The use of solar thermal collectors is expected to reduce the net energy demand for domestic hot water up to 10 - 32 kWh/m² of occupied floor area per year. The case study revealed that optimal ratio of solar collector’s system area from the total floor area of a house in Lithuanian climatic conditions is around 7%.

It is a need to elaborate the general procedure to select, install and monitor the solar water heating systems concerning the availability of solar radiation and local geographical conditions. The currently existing standard apartment house retrofitting and modernization guidance projects should be fulfilled by BISTS recommendations. However to confirm these results, it

should be made more detailed studies covering various cities of Lithuania as well as case studies from participating countries of COST Action TU1205.

ACKNOWLEDGMENTS

This study is built on the objectives of contributing to the COST Action TU1205 “Building Integration of Solar Thermal Systems (BISTS)”. We would like to thank for the support of the COST Action 1205 for the possibility to present our research in EURO ELECS 2015.

REFERENCES

- AB Kauno energija <http://www.kaunoenergija.lt/> (accessed on 29/10/2014).
- Europe’s buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings, 2011: http://www.europeanclimate.org/documents/LR_%20CbC_study.pdf (accessed on 20/08/2014).
- Furbo, S. et al. 2007. Solar thermal components adapted to common building standards (SCAS). [http://www.nordicinnovation.org/Global/_Publications/Reports/2007/Solar%20thermal%20components%20adaptd%20to%20common%20building%20standards%20\(SCAS\).pdf](http://www.nordicinnovation.org/Global/_Publications/Reports/2007/Solar%20thermal%20components%20adaptd%20to%20common%20building%20standards%20(SCAS).pdf) (accessed on 05/09/2014).
- Gaigalis, V., Markevicius, A., Katinas, V., Skema, R. 2014. Analysis of the renewable energy promotion in Lithuania in compliance with the European Union strategy and policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 35: 422–435.
- Greening, B., Azapagic, A. 2014. Domestic solar thermal water heating: A sustainable option for the UK? *Renewable Energy* 63: 23-36.
- Jaraminienė, E., Biekša, D. and Valuntienė, I. 2012. Estimating Potential and Costs of Reducing CO₂ Emissions in Lithuanian Buildings. *Environmental Research, Engineering and Management*. No. 1(59), P. 23 – 30.
- Katinas, V., Markevicius, A. 2006. Promotional policy and perspectives of usage renewable energy. *Energy Policy* 34: 771–780.
- Katinas, V., Markevicius, A., Erlickyte, R., Marciukaitis, M. 2008. Governmental policy and prospect in electricity production from renewables in Lithuania. *Energy Policy* 36: 3686–3691.
- Katinas, V., Markevicius, A., Perednis, E., Savickas, J. 2014. Sustainable energy development – Lithuania's way to energy supply security and energetics independence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30: 420–428.
- Kishan, P., Pragna, P., Jatin, P. 2012. Review of solar water heating systems. *International Journal of Advanced Engineering Technology*
<http://www.technicaljournalonline.com/ijeat/VOL%20III/IJAET%20VOL%20III%20ISSUE%20IV%20%20OCTBER%20DECEMBER%202012/Article%2034%20Vol%20III%20issue%20IV%202012.pdf> (accessed on 10/09/2014).
- National Commission for Energy Control and Prices, <http://www.regula.lt/atsinaujinantys-istekliai/Puslapiai/tarifai.aspx> (accessed on 25/10/2014).
- Streimikiene, D., Seskiene, I., A. 2014. External costs of electricity generation options in Lithuania. *Renewable Energy* 64: 215-224.
- Tamasauskas, R., Monstvilas, E., Banionis, K. 2014. The calculation methodology of renewable and non-renewable energy proportion used in building. *Proceedings of 4th International conference advanced construction*.
- Wang, L. 2009. Case study of zero energy house design in UK. *Energy and Buildings* 41: 1215–1222.
- Web site of case study apartment house controlling and monitoring: <http://www.esutaupus.lt/lt/atlikti-darbai> (accessed on 25/10/2014).



Author Index

Índice de Autores

Índice de Autores



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Author Index / Índice de Autores / Índice de Autores

Abacioğlu, Ceren	1309	Báez, Ana	189
Abdalla, José	1755	Baggiotto, Angélica	1007
Aguiar, Felipe	969	Barata, Tomas	475, 495
Aires, María	2173	Barbosa, José	1309, 1347, 1563
Albani, Vivian	1621, 2067	Barbosa, Juliana	1161
Albuquerque, Daniela	1075	Barbosa, Ricardo	63
Almeida, Estela	163	Barbosa, Teresa	455, 1393
Almeida, Fernando	465	Barros, Ana	2017
Almeida, Karinnie	1179	Barros, Joaquim	373
Almeida, Manuela	355, 561, 1261, 1271, 1441, 1563, 1705, 1745, 2449, 2457	Barros, Raquel	1949
Alonso, Mónica	2173	Basso, Franciele	1355
Altın, Müjde	1309	Bastos, Celso	1197
Altoé, Emanuella	1449	Bastos, Leopoldo	1491
Alvarado, Rodrigo	319, 631	Bauer, Elton	411
Alvarez, Cristina	199, 237, 247, 257, 267, 503, 513, 551, 883, 1105, 1449, 1667, 1695, 1725, 1735, 2153	Beinichis, Maria	1289
Alves, Alessandro	1007, 1017, 1027	Bello, Angelo	1897
Alves, Luciana	951	Bergamasco, Sonia	843
Amorim, Cláudia	411	Bernardes, Marina	2391
Andrade, Fernanda	301	Berni, Mauro	12513
Andrade, Liza	1855, 1961, 2419	Bertini, Alexandre	1299, 2211
Andrade, Sarah	863, 1765	Bettencourt, Antonio	1657
Andreev, Andrej	99	Bianco, Carola	1459
Antoniolli, Cibele	1411	Bokos, Helena	2419
Antunes, Eliane	1867	Boeri, Andrea	1685
Araújo, Bianca	951	Boita, Jocenir	285
Araújo, Catarina	1347, 1563	Bonatto, Daniella	2085
Araújo, Elisabete	523	Bonneaud, Frédéric	1491
Araújo, Joel	1795, 1999	Borges, Amadja	835, 853, 863, 1765
Araujo, Victor	1161	Borges, Marcos	485, 611
Araújo, Virgínia	951	Bortolini, Gleica	257
Arnold, Daiana	581	Bosetti, Adriano	1187
Ashour, Ahmed	1745	Both, Evelise	1355
Assis, Leandro	1621, 2067	Bouillard, Philippe	601
Ataíde, Ruth	1805	Bragança, Luís	353, 541, 561, 793, 923, 1271, 1309, 1347, 1421, 1441, 1479, 1563, 1695, 1745, 2045, 2449, 2457
Augusto, Carlos	561	Brandli, Luciana	1319, 1355
Azevedo, Fernanda	2439	Breginski, Herminia	2361
Azevedo, Fernando	943	Brito, Jorge	107
		Brosler, Taísa	843

Brum, Cristhian	1007, 1017, 1027	Cortês, Marina	969
Bueno, Cristiane	1521	Cossio, Gustavo	277
Bueno, Laura	163, 1601, 1971	Costa, Carlos	1785
Buonomano, Annamaria	649	Costa, Dayana	1897
Cabrera, Natasha	1937	Costa, Geraldo	2243
Cachim, Paulo	1431	Costa, Maria	1261
Caiche, Daniel	1115	Costa, Pedro	373
Cain, Tyler	1479	Coura, Claudia	455
Caldas, Vitor	1755	Covaleski, Joani	1007
Calmon, João	503	Coventry, Kathryn	337, 347
Camacho, Nádia	1755	Criollo, Verónica	189
Campos, Adriana	1927	Cristofari, Christian	669
Campos, Heloisa	531	Croce, Rômulo	1621
Cannaviello, Monica	15	Cunha, Eduardo	209
Caram, Rosana	355	Cunha, Marco	1491
Cardoso, Francisco	2507	Cunha, Rita	401, 1261
Cardoso, Poliana	1233	Curado, António	1133
Carissimi, Elvis	2313	Cvetkovska, Meri	99
Carli, Ludmila	1621, 2313	D'Amico, Flavio	631
Carlo, Joyce	2303	Dalvi, Márcia	257, 1695
Carneiro, Arnaldo	589	Daris, Denise	1319
Carrasco, María	145	Defagot, Carlos	145
Cartana, Rafael	2399	Diana, Lorenzo	83, 89
Cartes, Ivan	1169, 2489	Dias, Bernardo	503
Carvalho, Carolina	2399	Dias, Clara	1375
Carvalho, Miguel	2457	Dias, Eli	337
Casagrande, Eloy	1337	Díaz, María	43
Casañas, Virginia	1459	Dibo, José	137
Castillo, José	189	Direitinho, Romão	445
Castro, Eduardo	485, 611	Duarte, Sérgio	2231
Castro, Fátima	1421	Duarte, Técia	1501
Cecere, Carlo	73, 83, 89	Ecker, Vivian	2133, 2143
Cerca, Mariana	1039	Eckert, Matthias	361
César, Sandro	401, 1273	Eires, Rute	523, 793
Chaves, Maria	969	Elesbon, Abrahão	1621
Chemisana, Daniel	669	Elmasuri, Talal	1551
Chivelet, Nuria	621	Erjavec, Ina	1785
Christo, Tiago	1105	Escorcia, Olavo	631
Chwieduk, Dorota	687	Espinosa, Ignacio	1085
Claro, Paula	1213	Evrard, Arnaud	601
Clementella, Gioia	73	Fabrcício, Márcio	825, 1521, 2429
Coelho, Fernanda	1511	Fardin, Jussara	1105
Colleto, Giseli	1531	Faria, Obede	747
Comlay, Julie	1541	Fassina, Sirana	2153
Comunello, Felipe	2381	Fastofski, Daniela	1877
Conde, Karla	2055	Fátima, Rosa	1805

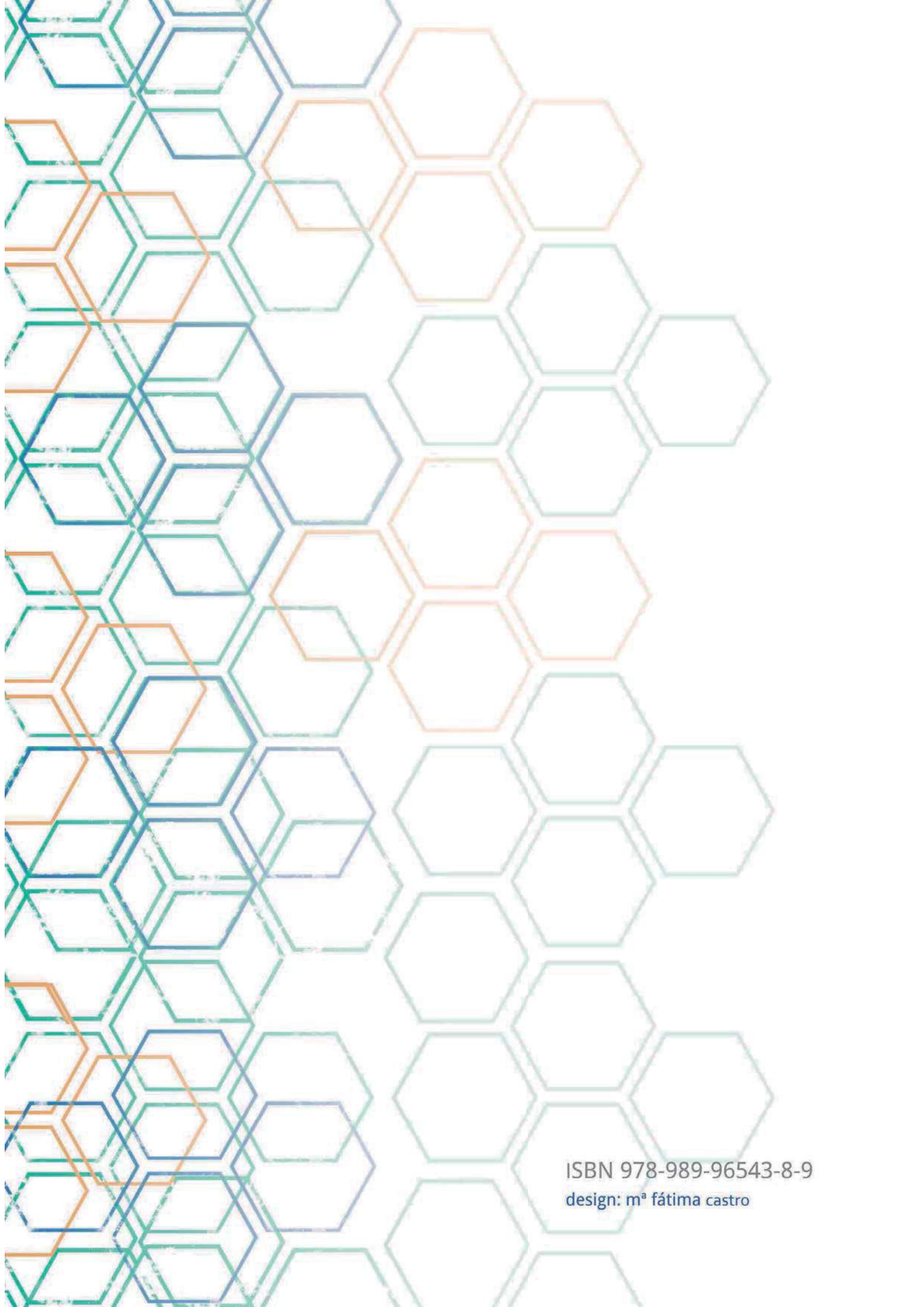
Fernandes, Jorge	2045	Gava, Maristela	1161
Fernández, Francisco	739	Gavriloska, Ana	99
Ferreira, Antônio	437	Gelpi, Adriana	209, 1611
Ferreira, Luís	1647	Gervásio, Helena	1657
Ferreira, Marcela	571	Godinho, Marcos	1401
Ferreira, Marcelo	445	Gomes, Daniella	1927
Ferreira, Marco	1705	Gomes, Maria	53
Ferreira, Teresa	913	Gonçalves, Adelino	1825
Ferreira, Victor	1647	Gonçalves, Joana	913
Ferreyra, Joao	145	González, Alice	999
Fiala, Ctislav	329	González, Aránzazu	601
Figueiredo, Amanda	1065	González, Ariel	145, 767
Figueiredo, Chenia	1385, 2253	González, Marco	1401, 1877, 1887
Folle, Daiane	285, 1817, 2391	Goulart, Solange	1907
Fonseca, Ingrid	2293	Graciosa, Melissa	1055
Fontanini, Patricia	1203, 1213, 1243	Grether, Rubén	145
Fontenelle, Marília	2293	Grigoletti, Giane	7
Fontenelle, Marina	1775, 2261	Gromboni, Pedro	465
Formoso, Carlos	2191	Grujic, Marija	707
Franchino, Rossella	25	Grünberg, Paula	2371
Franci, Ricardo	1143, 1153, 1197	Grzebielec, Andrzej	687
Franci, Thiago	1153	Guerrero, Luis	729, 739
Francisco, Arlete	2007	Guimarães, Erika	541, 1271
Frاندoloso, Marcos	1355	Guimarães, Ítalo	2303
Franzen, Fabiani	2361, 2331	Gulá, Raúl	189, 1469
Freitas, Maria	2371, 2381	Gusmão, Alexandre	429
Freitas, Vanessa	1897	Gutiérrez, Ion	1571
Frettoloso, Caterina	25	Habib, Emanuele	73
Fricke, Glacir	173	Hajek, Petr	329
Fritsch, Rodrigo	209	Henicka, Bianca	1611
Furundzic, Aleksandra	679, 707	Hermida, Maria	1937
Furundzic, Dijana	679	Herrmann, Julia	1411
Furundzic, Nikola	679	Hijioka, Akemi	813
Gago, Eulalia	2173	Hippert, Maria	1393
Gaida, Claudia	979, 1007, 1017, 1027	Hoppe, Stella	1735
Galafassi, Marcelo	2399	Ino, Akemi	813, 893
García, Ader	291	Ishida, Celso	2381
García, Francisco	43	Jacintho, Ana	1203, 1213, 1243
García, José	739, 1161	Jaworski, Maciej	687
García, Rodrigo	639, 2323	Jędrzejuk, Hanna	687
Garcia, Sheila	1817	Jereissati, Geórgia	1289
Garlet, Liége	227	Jesus, Luciana	1867
Garrefa, Fernando	2271	Joaquim, Bianca	813
Gasarini, Danielle	2507	José, Juliana	611
Gaspari, Jacopo	1685	Júnior, Alfredo	1055
		Júnior, Neyval	1725

Júnior, Otávio	987	Maia, Leonardo	757
Kaiser, Adair	581	Mainier, Fernando	437
Kalil, Ramadan	1611	Maioli, Ricardo	883
Kalil, Rosa	209, 1611	Malafaya, Filipa	1222
Kalogirou, Soteris	662	Malta, Nayara	2067
Kanashiro, Milena	1582	Mancio, Mauricio	217, 1401
Kelly, Maureen	631	Manduca, Paulo	1251
Kern, Andrea	217, 1401, 1411, 1877, 1887	Marques, Aline	1491
Kirchheim, Ana	285	Marques, José	531
Klippel, Karine	1375	Martín, Estefanía	621
Kosic, Tatjana	707	Martinez, Miguel	2381
Kovar, Pablo	997	Martino, Raffaella	25
Kuntz, Viviane	2381	Martins, Andreia	825, 2429
Lafayette, Kalinny	429, 1075, 1125	Martins, Bruno	2057
Lamnatou,	669	Martins, Marcele	1817, 2391
Chrysovalantou		Martins, Wagner	199
Landim, Camila	2253	Mateus, Ricardo	903, 913, 923, 1271, 1347, 1421,
Laranja, Andréa	1735		2045
Lawall, Janaina	1755	Matos, Bruna	1393
Lazarevska, Marijana	99	Matos, Karenina	775
Lazzarini, Maria	767	Matos, Natalia	2231
Leder, Solange	19079	Matriciano, Andrea	2293
Leite, Nícia	1639, 2243	Mattaraia, Regina	775
Lenzi, Cecília	2499	Mattia, Pedro	137
Lima, Alexandre	1075	Medeiros, Cecília	835, 863, 1765
Lima, Ana	1805	Medeiros, José	1991
Lima, Bruna	1095	Medeiros, Valério	2037
Lima, Manuela	1133, 1169	Meex, Elke	1299
Lima, Silvia	1591	Melchiore , Lucia	15
Lintz, Rosa	1243	Melo, Ana	285
Lisboa, Marcos	997	Mendes, Andrezza	1385
Lobo, Adriana	155	Mendonado, Eduardo	1055
Loh, Kai	2339	Mendonça, Eneida	2075
Longo, Danila	1685	Meneses, Aline	1047
Longo, Orlando	437, 1795, 1999	Meng, Eduardo	1319
Lopes, Clara	1647	Mesquita, Luis	391
Lopes, Débora	2419	Mian, Fábio	2201
Lopes, Isabela	1755	Miceli, Carolina	1243
Lopes, João	2499	Michael, Aimilios	697
Lopes, Wilza	775, 1591	Milani, Ana	803
Loureiro, Michael	903	Mimbacas, Alicia	1459
Loureiro, Vânia	2027	Miranda, Larissa	1375
Lützkendorf, Thomas	3	Miranda, Leonardo	155, 531, 2331,
Macedo, Silvio	2113		2361
Macedo, Thaísa	419	Monich, Carla	1281
Machado, Rayner	215	Montanaro, Umberto	649

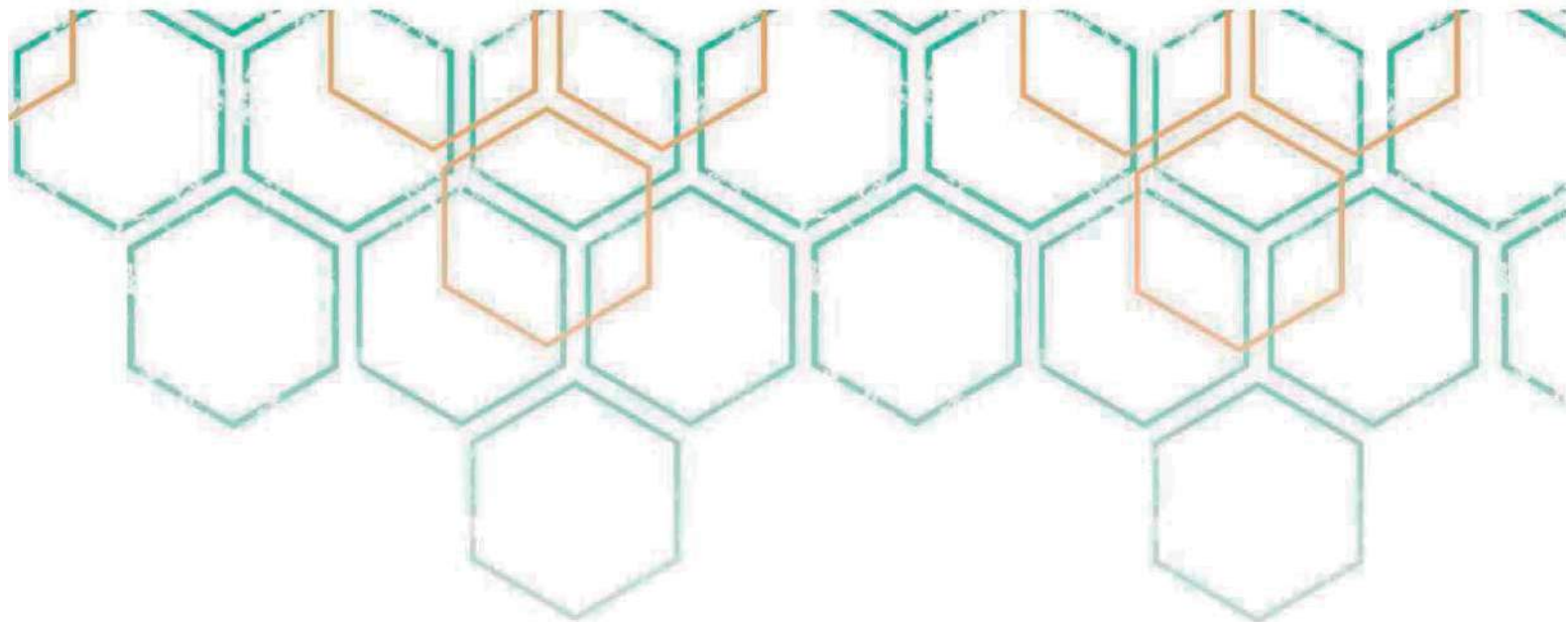
Montarroyos, Dielly	1695	Olivieri, Lorenzo	621
Monteiro, Felipe	1639	Ongaro, Anderson	933
Morais, Miguel	1431	Ongaro, Daniella	1755
Morales, Elen	1161	Pablos, Javier	1233
Morales, María	1085, 2173	Pacheco, João	2399
Moreira, Luana	1143	Pacheco, Mafalda	53
Morello, Deividly	1355	Pagel, Érica	1725
Moretti, Juliana	465	Paixão, Dinara	933, 979
Motter, Janaína	155	Palacios, Ignacio	1085
Moura, Maria	1835	Palombo, Adolfo	649
Moura, Mariangela	377	Paneto, Greicikelly	1667
Moura, Micaella	1223	Parisi, Rosana	173, 2281
Motta, Ana	377	Patrício, Jorge	943
Moyano, Gloria	1085	Pavan, Giovana	1017
Muñoz, Hugo	145	Paz, Diogo	1125
Murtinho, Vitor	1657, 1825	Pedemonte, Graciela	1629
Mussi, Andrea	1817	Pedroso, Gilson	1327
Muzzillo, Francesca	15	Pedrotti, Gabriel	2123
Nascimento, Kleiton	1765	Peglow, Jaqueline	209
Navarro, Justo	189	Peláez, Gloria	291
Negrís, Larissa	309	Peñaloza, Guillermina	2191
Neila, Javier	621	Pera, Caroline	163
Neto, José	1187	Pereira, Amanda	485
Neves, Célia	747	Pereira, Ana	2281
Neves, Yara	1755	Pereira, André	1845
Niemeyer, Lygia	959, 969	Pereira, Marco	475, 495
Nieto, Jocelyn	1657, 1825	Pereira, Marcos	7
Nolasco, Adriana	1039, 1047	Perim, Bruna	2067
Norvaišienė, Rosita	717	Piderit, Maria	551
Notton, Gilles	669	Pimentel, Lia	1203, 1213
Novotna, Magdalena	329	Pina, Silvia	1243
Nunes, Duarte	33	Pina, Silvia	2055
Nunes, Felipe	2381	Pinheiro, Manuel	33
Okretic, Gabrielle	1601	Pinheiro, Marco	933, 979
Oliveira, Andréia	1907	Pinto, Débora	951
Oliveira, Carla	1411	Pinto, Eduardo	747
Oliveira, Eloise	1281	Pires, Josiane	1401, 1887
Oliveira, Felipe	127	Porto, Maria	2293
Oliveira, Felisbela	589	Postay, Renata	217
Oliveira, Flávia	1365, 1375	Póvoas, Yêda	391, 1125
Oliveira, Márcia	863	Prado, Barbara	2103
Oliveira, Miguel	363	Prietto, Nelita	1611
Oliveira, Taís	2419	Queiroga, Eugenio	2095
Oliveira, Wagner	199, 1611	Quintero, Alejandra	291
Olivieri, Francesca	621	Rada, Sergio	1675
Olivieri, Giulia	1685	Ramos, Larissa	1867

Real, Lúgia	531	Santos, João	475
Reginensi, Caterine	1755	Santos, Joaquim	227, 2313
Reis, Daniel	825, 2429	Santos, Luciana	1795, 1999
Reis, Lilian	1917	Santos, Maria	2211
Reis, Rafael	2371	Santos, Rui	63
Reis, Thalles	513, 1449	Santos, Suellen	1917
Rezende, Mariana	465	Saraiva, Tatiana	1441, 2449
Ribas, Domingos	1431	Sattler, Miguel	1981, 2409
Ribeiro, Andréa	391	Saurin, Tarcisio	2191
Ribeiro, Bettencourt	363	Savi, Adriane	421, 1281, 2361
Ribeiro, Jorge	2439	Savi, Antonio	1161
Ribeiro, Nelson	793, 873	Savvides, Andreas	697
Richardson, Alan	337, 347	Scarpinella, Gustavo	1115
Rigueiro, Constança	1657, 1825	Scheffer, Ana	1355
Rivero, Ana	189	Schley, Addressa	227
Rocha, Heliana	1835	Schneck, Eduardo	217, 1401, 1887
Rocon, Carolina	883	Schwanz, Julius	1319
Rodrigo, Adriana	2507	Selmo, Sílvia	2331
Rodrigues, Ana	1705	Seródio, Francisco	2045
Rodrigues, Artur	551	Serra, Sheyla	445, 2163, 2181, 2201, 2211, 2221
Rodrigues, Camila	1075	Sertori, Rodolfo	893
Rodrigues, Edna	551	Silva, Adeildo	571
Rodrigues, Raymundo	173	Silva, Adriana	277, 581
Rogers, Jamie	347	Silva, Alexandre	581
Rojas, María	2173	Silva, Ana	1133
Román, Consolación	601	Silva, Brenda	247
Romanini, Anicoli	1817, 2391	Silva, Caio	183
Romano, Elisabetta	1775, 2261	Silva, Camila	2419
Romero, Marta	183	Silva, Charles	309
Romitti, Leonardo	1027	Silva, Deir	401
Rosa, Francisco	1319	Silva, Edson	1591
Rosa, Janaina	581	Silva, Eduardo	2479
Rosa, Simone	1223	Silva, Fabiana	237, 247
Rossi, Jamile	933	Silva, Farah	589
Rovers, Ronald	1479	Silva, Isabela	2339
Ruiz, Phelipe	1203	Silva, Jessica	1179
Rujoub, Mohammad	793	Silva, Jonas	429
Ruschel, Regina	1531	Silva, José	987
Rusowicz, Artur	687	Silva, Léa	1143
Saade, Marcella	1365, 1375	Silva, Luciene	1055
Sacht, Helenice	355	Silva, Luis	1657, 1825
Sales, Almir	465	Silva, Luiz	2419
Salgado, Mônica	1501, 1511	Silva, Marcela	1459
Sánchez, José	411	Silva, Maria	2231
Santiago, Alina	2123	Silva, Maristela	1179, 1365, 1375
Santos, Adriana	1337		

Silva, Miss	1805	Tzortzopoulos, Patricia	1551
Silva, Neuza	1917	Uhmman, Isaura	421
Silva, Ricardo	1115, 2479	Ulian, Giovana	1169
Silva, Roberto	1337	Vaghetti, Marcos	227, 933, 2313
Silva, Rodrigo	285	Valencia, Diana	291
Silva, Rui	107	Valiente, Ernesto	631
Silva, Sandra	2457	Vanegas, Enrique	291
Silva, Simone	1065	Vanz, Thauana	1611
Silva, Vanessa	1179, 1375, 1531,	Vargas, Paulo	267
	1365	Vasconcelos, Juliano	1161
Silveira, Aline	873	Vasinton, Simona	89
Silvoso, Marcos	1511	Vassiliades, Constantinos	697
Simões, Renata	1715, 2153	Vaz, Nelson	2133, 2143
Simonetti, Domingos	1105	Vazquez, Elaine	541
Siolari, Maristela	309, 1917	Vázquez, Francisco	621
Soares, Carlos	437	Vega, Johnny	291
Soares, Roberta	227	Venancio, Luisa	1855
Soares, Talita	531	Veraldo, Ana	803
Soria, Francisco	729, 739	Verbeeck, Griet	1299
Sorte, Pedro	183	Verde, Francesca	2351
Sousa, José	825, 2429	Viana, Gabriel	309
Sousa, R. José	1095	Viana, Sabrina	1115
Souza, Léa	2201	Vicente, Romeu	63
Spielmann, Tanise	1611	Vicentim, Thaisa	1581
Sposto, Rosa	1327	Vicidomini, Maria	649
Stollo, Mariarosaria	2351	Villaça, Ana	785
Stürmer, Bruna	1355	Vilar, Katila	2489
Tamašauskas, Rokas	717	Violano, Antonella	15, 2351
Tamiosso, Larissa	979	Vital, Giovanna	2271
Tassinari, Jane	1251	Viveros, Cristián	319
Tavares, Jéssica	2371	Wander, Paulo	1411
Tavares, Sérgio	421, 1281, 2371	Wandersleben, Gerth	319
Tawayha, Fajr	923	Wegertseder, Paulina	2323
Teixeira, José	2181	Xavier, Tatiana	247
Tizze, Nicolás	997	Ximenes, Deize	117, 127
Tomaselli, Débora	531	Yuba, Andrea	803, 1845
Tomé, Ana	33, 53	Zalamea, Esteban	319, 639
Tomé, Marina	267	Zambrano, Letícia	1755
Torezani, Flavia	1715	Zannin, Paulo	1667
Toro, Montserrat	1085	Zanoni, Vanda	411
Tortorelli, Fosca	15		
Trachte, Sophie	601		
Troncoso, Lorena	639, 2323		
Trpevski, Strahinja	99		
Túlio, Sérvio	1197		
Tumini, Irina	1675		



ISBN 978-989-96543-8-9
design: m^a fátima castro



EURO **elecs**
2015

LATIN AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON
SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES

21-23 July | 2015 | Guimarães | PORTUGAL

VOL II

Editors

Luís Bragança

Andrea Naguissa Yuba

Cristina Engel de Alvarez



EURO-ELECS 2015

LATIN-AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES

Organized by



Partners



EURO-ELECS 2015
LATIN-AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE
ON SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES

Editors

Luís Bragança
Andrea Naguissa Yuba
Cristina Engel de Alvarez

Assistant Editors

José Amarilio Barbosa
Catarina Araújo
Sara Bragança

© 2015 The authors

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any mean, without prior written permission from the Publisher.

ISBN 978-989-96543-8-9

Printed by Multicomp

1st edition, July 2015

Legal Dep. [365726/13](#)

LEGAL NOTICE

The Publisher is not responsible for the use which might be made of the following information.



FOREWORD

Euro-ELECS 2015 is the first Latin American and European conference on sustainable buildings and communities. This international event is organized by UMinho, UFMS, Ufes, ANTAC and iISBE_PT in Guimarães, Portugal, from the 21st till the 23rd of July 2015.

This event is the evolution of the several previous ELECS (Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis), which started in 1997 and were held biannually since 2001.

Euro-ELECS 2015 is an innovative scientific event targeted on “Connecting People and Ideas” and aiming to bridge the gap between the academic environment, society, theory and practice, connecting European countries and the countries of Latin America. The conference is focused on the themes of Sustainable Buildings and Sustainable Neighborhoods and in the contributions to achieve these targets.

Building sector uses, globally, about 40% of energy, 25% of water, 40% of natural resources and emit approximately 1/3 of greenhouse gas emissions (the largest contributor). Residential and commercial buildings consume approximately 60% of the world’s electricity. Existing buildings represent significant energy saving opportunities because their performance level is frequently far below the current efficiency potentials. Energy consumption in buildings can be reduced by 30 to 80% using proven and commercially available technologies. Investment in building energy efficiency is accompanied by significant direct and indirect savings, which help offset incremental costs, providing a short return on investment period. Therefore, buildings offer the greatest potential for achieving significant greenhouse gas emission reductions, at least cost, in developed and developing countries.

On the other hand, there are many more issues related to the sustainability of the built environment than energy. The building sector is responsible for creating, modifying and improving the living environment of the humanity. Construction and buildings have considerable environmental impacts, consuming a significant proportion of limited resources of the planet including raw material, water, land and, of course, energy. The building sector is estimated to be worth 10% of global GDP (5.5 trillion EUR) and employs 111 million people. However, in developing countries, much of the large amount of the generated jobs does not necessarily imply decent work and quality of life as informal and/or degrading jobs are numerous in construction. Furthermore, many people remain excluded, economically and socially, living in informal housing and in unplanned urban areas.

The building construction sector has the responsibility to contribute to the sustainable development and, subsequently, contribute to diminish inequity, hunger and disease. These issues are not new, but did not change too much in the last decades and we still have the challenge of driving the cultural and environmental richness of these countries to a more sustainable scenario. New sustainable construction opens enormous opportunities because of the population growth and because of the search for wealthy environments. Construction stimulates the urbanization and the construction activities represent up to 40% of GDP. Therefore, building sustainably will result in healthier and more productive environments.

The sustainability of the built environment, the construction industry and the related activities are a pressing issue facing all stakeholders in order to promote the sustainable development of the world.

The conference topics cover a wide range of up-to-date issues and the contributions received from the delegates reflect critical research and the best available practices in the field of sustainable buildings and communities.

More than 500 abstracts were received from which resulted 332 full papers. After the evaluation process 212 papers were approved for oral presentation, all being published in its full version in these proceedings.

The received contributions are distributed by the following 12 major themes:

- Innovation and improvement of sustainable construction materials or systems (low and high tech solutions)

- Sustainable design solutions (low cost, reuse, eco efficiency, renovation, retrofitting, urban renovation)
- Sustainable building technology and management
- Technical knowledge for materials, buildings, neighborhoods and building sector
- Policies and strategies for a sustainable built environment
- Governance for a sustainable built environment
- Empowerment and participation processes for sustainability
- Social housing and buildings affordable to all
- Assessment tools (life cycle analysis, rating tools and monitoring) for materials, buildings, neighborhoods and building sector
- Education for sustainability
- Urban mobility and accessibility
- Resources (water and energy) and residues management

In addition, a relevant number of contributions were received to the following 9 Special Sessions organized by some colleagues that collaborated closely with the organizing committee:

- Earth architecture and construction
- BIM and sustainable construction
- Sustainable construction sites
- Spatial patterns of urban ecosystems
- Open spaces system for a sustainable built environment
- Acoustics applied to buildings and sustainable environments
- Integrated design of renewable energy systems in buildings
- Rural housing, technologies and building cultures
- Building integration of solar thermal systems

All the papers selected for presentation at the conference and published in these Proceedings, went through a refereed review process and were evaluated by, at least, two reviewers.

The Organizers want to thank all the authors who have contributed with papers for publication in the proceedings, to all reviewers, whose efforts and hard work secured the high quality of all contributions to this conference and to the organizers of the special sessions that helped to tackle some specific topics very relevant for the sustainability of the built environment.

The Organizing Committee

Andrea Naguissa Yuba – Federal University of Mato Grosso do Sul
Cristina Engel de Alvarez – Federal University of Espírito Santo
Luis Bragança – University of Minho

PREFÁCIO

O Euro-ELECS 2015 é a primeira conferência latino-americana e europeia sobre edificações e comunidades sustentáveis. Este evento internacional está sendo organizado por UMinho, UFMS, UFES, ANTAC e iiSBE_PT, em Guimarães, Portugal, de 21 a 23 de julho de 2015. O evento é a evolução dos vários ELECS anteriores (Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis) que tiveram início em 1997 e com sucessivas edições realizadas a cada dois anos a partir de 2001. O Euro-ELECS 2015 é um evento científico inovador orientado para o tema "Conectando Pessoas e Ideias" e que tem o objetivo de preencher a lacuna entre o ambiente acadêmico, a sociedade, a teoria e a prática, ligando os países europeus e os países da América Latina. A conferência está focada nos temas dos Edifícios Sustentáveis, dos Bairros Sustentáveis e nas contribuições para atingir essas metas.

O sector da construção utiliza, a nível global, cerca de 40% da energia, 25% de água, 40% dos recursos naturais e emite aproximadamente 1/3 das emissões de gases de efeito estufa (é o maior contribuinte). Os edifícios residenciais e comerciais consomem cerca de 60% da eletricidade do mundo. Os edifícios existentes, por apresentarem baixos níveis de desempenho, apresentam oportunidades de redução de consumo de energia significativas. O consumo de energia em edifícios pode ser reduzido de 30 a 80% utilizando tecnologias comprovadas e disponíveis no mercado. O investimento na eficiência energética pode representar economias diretas e indiretas, que ajudam a compensar os custos incrementais, proporcionando um curto período de retorno sobre o investimento. Em paralelo, os edifícios oferecem grande potencial para atingir reduções significativas de emissões de gases de efeito estufa, a um custo menor, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento.

Por outro lado, para além da energia, há mais questões relacionadas com a sustentabilidade do ambiente construído. O sector da construção é responsável por criar, modificar e melhorar o ambiente para a humanidade. A construção e os edifícios têm impactos ambientais consideráveis, consumindo uma parte significativa dos recursos limitados do planeta, incluindo nesse contexto as matérias-primas, água, terra e, também, a energia. O sector da construção está estimado em 10% do PIB mundial (5,5 mil milhões de euros) e emprega 111 milhões de pessoas. No entanto, nos países em desenvolvimento, parte da grande quantidade de empregos gerados não implica necessariamente em trabalho digno e com qualidade de vida uma vez que o emprego informal e/ou postos de trabalho degradantes são numerosos na construção civil. Além disso, muitas pessoas continuam a ser excluídas, económica e socialmente, vivendo em habitações informais e em áreas urbanas sem planeamento.

O setor de construção tem a responsabilidade de contribuir para o desenvolvimento sustentável e, conseqüentemente, auxiliar para a diminuir a desigualdade, a fome e as doenças. Estas questões não são novas, mas a situação não mudou muito nas últimas décadas, sendo ainda um grande desafio direcionar a riqueza cultural e ambiental destes países para um cenário mais sustentável. A construção sustentável abre significativas oportunidades em função do crescimento da população e, também, motivado pela procura do bem estar. A construção estimula a urbanização e as atividades de construção representam até 40% do PIB. Portanto, a construção sustentável induz à geração de ambientes mais saudáveis e mais produtivos.

A sustentabilidade do ambiente construído, da indústria da construção e das atividades relacionadas são questões prementes para todos os intervenientes no processo construtivo, a fim de promover o desenvolvimento sustentável do mundo. Os tópicos da conferência abrangem uma ampla gama de questões atuais e as contribuições recebidas pelos participantes refletem a investigação fundamental e as melhores práticas disponíveis no domínio das edificações e das comunidades sustentáveis.

Foram recebidos cerca de 500 resumos, a partir dos quais resultaram em 332 artigos completos submetidos. Após o processo de avaliação, 257 trabalhos foram aprovados para apresentação oral, estando todos publicados em versão completa nos anais do evento.

As contribuições recebidas estão distribuídas pelos seguintes 12 principais temas:

- Inovação e melhoria nos materiais e sistemas de construção sustentáveis (soluções *low e high tech*)
- Soluções de projeto sustentáveis (baixo custo, reutilização, eco eficiência, renovação, regeneração urbana)
- Transferência de conhecimento técnico para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis
- Estratégias e políticas para a sustentabilidade do ambiente construído
- Governança para a sustentabilidade do ambiente construído
- Processos de participação e de empoderamento para a sustentabilidade
- Habitação social e edificações de baixo custo
- Ferramentas de avaliação (análise de ciclo de vida, certificação da sustentabilidade e monitoramento) para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis
- Educação para a sustentabilidade
- Mobilidade urbana e acessibilidade
- Recursos (água e energia) e tratamento de resíduos

Além disso, um número relevante de contribuições foram recebidas para as seguintes 9 Sessões Especiais organizadas por colegas que colaboraram ativamente com a comissão organizadora:

- Arquitetura e construção em terra
- BIM e construção sustentável
- Canteiros sustentáveis
- Padrões espaciais dos ecossistemas urbanos
- Sistema de espaços abertos para um ambiente construído sustentável
- Acústica aplicada a edifícios e ambientes sustentáveis
- Projeto integrado de sistemas de energias renováveis em edifícios
- Habitação, tecnologias e culturas construtivas rurais
- Integração de sistemas solares térmicos em edifícios

Todos os trabalhos selecionados para apresentação na Conferência e publicados nos anais passaram por um processo de revisão por especialistas e foram avaliados por, no mínimo, dois avaliadores.

Os organizadores agradecem a todos os autores que contribuíram com artigos para publicação destes anais; a todos os avaliadores, cujos esforços e trabalho árduo garantiram a alta qualidade das contribuições para esta conferência; e aos organizadores das sessões especiais que ajudaram a promover alguns temas específicos de grande relevância para a sustentabilidade do ambiente construído.

A Comissão Organizadora

Andrea Naguissa Yuba – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Cristina Engel de Alvarez – Universidade Federal do Espírito Santo

Luis Bragança – Universidade do Minho

PREFÁCIO

El Euro-ELECS 2015 es la primera conferencia latinoamericana y europea en edificios y comunidades sostenibles. Este evento internacional es organizado por UMinho, UFMS, UFES, ANTAC y iISBE PT, en Guimarães, Portugal de 21 al 23 de Julio de 2015.

El evento es la evolución de varios ELECS anteriores (Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis) que se inició en 1997 y con sucesivas ediciones realizadas a cada dos años a partir de 2001.

El Euro-ELECS 2015 es un evento científico innovador cuyo tema es "Conectando Personas e Ideas" y tiene por objetivo llenar el vacío existente entre el ámbito académico, la sociedad, la teoría y la práctica, haciendo la vinculación entre los países europeos y de América Latina. La conferencia se centró en los temas de Edificios Sustentables, los Barrios Sustentables y las contribuciones para lograr estos objetivos.

El sector de la construcción utiliza, a nivel mundial, alrededor del 40% de energía, el 25% de agua, 40% de los recursos naturales y emite aproximadamente 1/3 de los gases de efecto invernadero (el mayor contribuyente). Edificios residenciales y comerciales consumen alrededor del 60% de la electricidad mundial. Los edificios existentes, por presentaren bajos niveles de desempeño, ofrecen oportunidades de reducción significativa del consumo de energía. El consumo de energía en los edificios puede ser reducido de 30 a 80% utilizando tecnologías probadas y disponibles comercialmente. La inversión en eficiencia energética puede representar ahorros directos e indirectos, que ayudan a compensar los costos incrementales, proporcionando un corto periodo de recuperación de la inversión. En paralelo, los edificios ofrecen un gran potencial para lograr reducciones significativas de las emisiones de gases de efecto invernadero a un costo menor, tanto en los países desarrollados y en desarrollo.

Por otra parte, además de la energía, existen más cuestiones relacionadas con la sostenibilidad del ambiente construido. El sector de la construcción es responsable en crear, modificar y mejorar el ambiente para la humanidad. La construcción y los edificios ocasionan impactos ambientales considerables, consumiendo una parte significativa de los recursos limitados del planeta, incluso en este contexto, las materias prima, el agua, la tierra y también la energía. El sector de la construcción se estima en 10% del PIB mundial (5,5 millones de euros) y emplea 111 millones de personas. Sin embargo, en los países en desarrollo, parte de la gran cantidad de empleos generados no implica necesariamente el trabajo digno y con calidad de vida, pues como el empleo informal y/o puestos de trabajo degradantes son numerosos en la construcción civil. Además, muchas personas siguen siendo excluidas, económica y socialmente, viviendo en habitaciones informales en zonas urbanas sin planificación.

El sector de la construcción tiene la responsabilidad de contribuir para el desarrollo sostenible y, consecuentemente, ayudar a disminuir la desigualdad, el hambre y las enfermedades. Estas cuestiones no son nuevas, pero la situación no ha cambiado mucho en las últimas décadas, aún siendo un desafío direccionar la riqueza cultural y ambiental de estos países para un escenario más sostenible. La construcción sostenible abre significativas oportunidades por el crecimiento de la población y, también, motivado por la búsqueda del bienestar. La construcción estimula la urbanización y las actividades de construcción representan hasta 40% del PIB. Así, la construcción sostenible induce a la generación de ambientes más saludables y más productivos.

La sostenibilidad del ambiente construido, de la industria de la construcción y de las actividades relacionadas son cuestiones urgentes para todos los interesados en el proceso de construcción, con el fin de promover el desarrollo sostenible del mundo.

Los temas de la conferencia abarcan una amplia gama de temas de actualidad y las contribuciones recibidas de los participantes reflejan la investigación fundamental y las mejores prácticas disponibles en el ámbito de los edificios y comunidades sostenibles.

Fueron recibidos 500 resúmenes, que resultaron en 332 artículos completos sometidos. Después del proceso de evaluación, 230 trabajos fueron aprobados para presentación oral, con todos estos publicados en su versión completa en las actas del evento.

Las contribuciones recibidas se distribuyen por los siguientes 12 temas principales:

- Innovación y mejoría en los materiales y sistemas de construcción sostenibles (soluciones low y high tech)
- Soluciones de proyectos sostenibles (bajo costo, reutilización, eco-eficiencia, renovación, regeneración urbana)
- Gestión y tecnología de construcción sostenible
- Transferencia de conocimientos técnicos para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles
- Edificios de balance energético casi nulo
- Estrategias y políticas para la sostenibilidad del ambiente construido
- Gobernanza para la sostenibilidad del ambiente construido
- Procesos de participación y de empoderamiento para la sostenibilidad
- Habitación social y edificación de bajo costo
- Herramientas de evaluación (análisis del ciclo de vida, certificación de sostenibilidad y monitoreo) para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles
- Educación para la sostenibilidad
- Movilidad urbana y accesibilidad
- Agricultura / producción de alimentos urbana
- Recursos (agua y energía) y gestión de los residuos

Además, se ha recibido un número significativo de contribuciones para las siguientes 9 Sesiones Especiales organizados por colegas que colaboraron activamente con el comité organizador:

- Arquitectura y construcción en tierra
- BIM y construcción sostenible
- Sitios de construcción sostenibles
- Patrones espaciales de los ecosistemas urbanos
- Sistema de espacios abiertos para un ambiente construido sostenible
- Acústica aplicada a edificios y ambientes sostenibles
- Diseño integrado de sistemas de energías renovables en edificios
- Viviendas rurales, tecnologías y culturas de construcción
- Integración de sistemas solares térmicos en edificios

Todos los trabajos seleccionados para su presentación en la Conferencia y publicados en las actas pasaron por un proceso de revisión por especialistas y fueron evaluados por al menos dos revisores.

Los organizadores agradecen a todos los autores que contribuyeron con artículos para la publicación de este libro de actas; a todos los evaluadores, cuyos esfuerzos y trabajo arduo aseguraron la alta calidad de las contribuciones a esta conferencia; y a los organizadores de las sesiones especiales que ayudaron a promover algunos temas específicos de gran relevancia para la sostenibilidad del ambiente construido.

El Comité Organizador

Andrea Naguissa Yuba – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Cristina Engel de Alvarez – Universidade Federal do Espírito Santo

Luis Bragança – Universidade do Minho

Scientific Committee / Comité Científico / Comité Científico

Akemi Ino	Aloísio Leoni Schmid	Andrea Moro
Andrea Naguissa Yuba	Carlos Pina dos Santos	Carlos Torres Formoso
Catarina Brandão Araújo	Charles Kibert	Christian Wetzel
Cristina Engel de Alvarez	Curt Garrigan	Dimitrios Bikas
Dinara Paixão	Dorota Chwieduk	Dóris Kowaltowski
Edna Nico Rodrigues	Eduardo Maldonado	Emilio Mitre
Eneida Maria Souza Mendonça	Ercília Hitomi Hirota	Frank Schultmann
François Baillon	Helena Gervásio	Helenice Sacht
Hipólito de Sousa	Holmer Savastano Junior	Irina Tumini
Joana Bonifácio Andrade	Jorge Patricio	Jorge de Brito
José Amarilio Barbosa	José Neto	João Luis Calmon Gama
Liza Maria Souza de Andrade	Luisa Cabeza	Luís Bragança
Luís Simões da Silva	Manuel Pinheiro	Manuela Almeida
Maria do Carmo Duarte Freitas	Mat Santamouris	Miguel Aloysio Sattler
Márcia Bissoli Dalvi	Mônica Santos Salgado	Nelson Porto Ribeiro
Nils Larsson	Obede Borges Faria	Paulo Vargas
Petr Hajek	Raymond Cole	Ricardo Mateus
Rodolfo Rotondaro	Rodrigo Garcia Alvarado	Ronald Rovers
Said Jalali	Sandra Silva	Sergio Fernando Tavares
Sheyla Mara Baptista Serra	Silva Afonso	Soteris Kalogirou
Sylviane Nibel	Teresa Barbosa	Thomas Luetzkendorf
Tom Woolley	Tove Malmqvist	Vanessa Gomes da Silva
Wim Bakens		



Contents / Índice / Índice

Foreword / Prefácio / Prefácio

Andrea Naguissa, Yuba Cristina Engel, Luis Bragança

Volume 1

Chapter 1: Sustainable design solutions (low cost, reuse, eco efficiency, renovation, retrofitting, urban renovation)

Capítulo 1: Soluções de projeto sustentáveis (baixo custo, reutilização, eco eficiência, renovação, regeneração urbana)

Capítulo 1: Soluciones de proyectos sostenibles (bajo costo, reutilización, eco-eficiencia, renovación, regeneración urbana)

How can sustainability assessment systems for urban development support a housing improvement district? 3

Thomas Lützkendorf

Embodied energy in green roofing – case study in southern Brazil 7

Giane Grigoletti, Marcos Pereira

Construction site processes: sustainable management and participation 15

Francesca Muzzillo, Antonella Violano, Monica Cannaviello, Fosca Tortorelli, Lucia Melchiorre

The connection of open spaces to improve the urban contexts environmental 25

Raffaella Martino, Rossella Franchino, Caterina Frettoloso

Resilience Thinking: the next tread of Sustainable Regeneration Strategies? 33

Duarte Nunes, Ana Tomé, Manuel Pinheiro

A case study of zero energy building: How to achieve the best performance 43

Francisco García, María Díaz

Fuseta's vaulted houses. A Thermal Performance Study 53

Mafalda Pacheco, Ana Tomé, Maria Gomes

Methodology for thermal performance resilience assessment of buildings in a changing climate – a case study from Lisbon 63

Ricardo Barbosa, Rui Santos, Romeu Vicente

The recovery sustainable urban water systems management and Green Roofs - Widespread conversion of impervious surfaces existing greened surfaces in urban areas 73

Gioia Clementella, Emanuele Habib, Carlo Cecere

A composite assessment tool of both deficiencies and potential transformation for Italian Council Housing <i>Lorenzo Diana, Carlo Cecere</i>	83
An integrated approach to the residential mega-structures retrofitting. <i>Lorenzo Diana, Simona Vasinton, Carlo Cecere</i>	89
Parametric analysis of the impact of windows on energy needs of buildings with Energy Passive House Standard <i>Meri Cvetkovska, Strahinja Trpevski, Andrej Andreev, Ana Gavriloska, Marijana Lazarevska</i>	99
Use of recycled aggregates from construction and demolition wastes in the production of structural concrete <i>Rui Silva, Jorge de Brito</i>	107
O Turismo Regional como fator de Resiliência Urbana <i>Deize Ximenes</i>	117
Parque Linear às Margens de Rios: Elemento de Regeneração Urbana e Apropriação do Espaço Público <i>Felipe Oliveira, Deize Ximenes</i>	127
Redesenho da garrafa tipo PET para utilização na construção civil <i>José Dibo, Pedro Mattia</i>	137
Mampuestos producidos con residuos del desmote del algodón <i>Hugo Muñoz, Joao Ferreyra, Carlos Defagot, Rubén Grether, Ariel González, María Carrasco</i>	145
Análise de custo de concretos asfálticos produzidos com agregado reciclado de concreto <i>Adriana Lobo, Janaína Motter, Leonardo Miranda</i>	155
Avaliação de sustentabilidade na urbanização de favelas: soluções de desenho e gestão <i>Laura Bueno, Caroline Pera, Estela Almeida</i>	163
Inovações tecnológicas na taipa contemporânea <i>Rosana Parisi, Raymundo Rodrigues, Glacir Fricke</i>	173
Estudo de Caso de 3 Paredes Verdes em Brasília – DF / Brazil: análise fitogeográfica e morfológica <i>Pedro Sorte, Caio Silva, Marta Romero</i>	183

Particularidades climáticas del Ecuador y su influencia en el confort de las edificaciones. El caso de la localidad de Guayaquil <i>Raúl Gulá, Verónica Criollo, José Castillo, Ana Báez, Ana Rivero, Justo Navarro</i>	189
Análise de variáveis térmicas ambientais nos Módulos Antárticos Emergenciais <i>Wagner Martins, Cristina Alvarez</i>	199
Identificação do Padrão de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, Públicas e de Serviços em Cidade Média da Zona Bioclimática 2, Brasil <i>Rosa Kalil, Rodrigo Fritsch, Eduardo Cunha, Jaqueline Peglow, Adriana Gelpi</i>	209
Investigação da relação do consumo de materiais, energia incorporada e emissões de CO2 com a compacidade de projetos de empreendimentos de habitação de interesse social <i>Renata Postay, Andrea Kern, Mauricio Mancio, Eduardo Schneck</i>	217
Avaliação Térmica de Casa Popular Eficiente no Período de Verão <i>Joaquim Santos, Marcos Vagheti, Roberta Soares, Andressa Schley, Liége Garlet, Rayner Machado</i>	227
A correlação entre variáveis climáticas em diferentes configurações urbanas <i>Fabiana Silva, Cristina Alvarez</i>	237
O impacto da distribuição de vegetação no microclima de ambientes urbanos <i>Brenda Silva, Tatiana Xavier, Fabiana Silva, Cristina Alvarez</i>	247
A identidade visual nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade - estudo de caso: ISMAS <i>Gleica Bortolini, Márcia Bissoli-Dalvi, Cristina Alvarez</i>	257
Um hotel na antártica: o turismo como instrumento para a preservação ambiental <i>Marina Tomé, Cristina Alvarez, Paulo Vargas</i>	267
Design de Interiores para a Sustentabilidade: uma vivência de ensino e extensão universitária na ambientação das salas de aula da EMEI Chapeuzinho Vermelho <i>Adriana Silva, Gustavo Cossio</i>	277
Emprego dos Resíduos de Processamento de Ágatas em Argamassas na Construção Civil <i>Rodrigo Silva, Jocenir Boita, Daiane Folle, Ana Melo, Ana Kirchheim</i>	285
Metodología para la evaluación de la sostenibilidad de proyectos vis mediante indicadores de línea base para las comunas 6 y 8 de la ciudad de Medellín <i>Alejandra Quintero, Gloria Peláez, Diana Valencia, Ader García, Enrique Vanegas, Johnny Vega</i>	291

Conforto acústico em quartos de internação: Efeitos na saúde de seus usuários <i>Fernanda Andrade</i>	301
Análise Comparativa de Blocos de Concreto Produzidos na Cidade de VIÇOSA/MG <i>Gabriel Viana, Larissa Negriz, Maristela Siolari, Charles Silva</i>	309
Creatividad Sustentable: Simulación Ambiental en el Diseño Inicial de Viviendas <i>Rodrigo Alvarado, Cristián Viveros, Gerth Wandersleben, Esteban Zalamea</i>	319
Chapter 2: Innovation and improvement of sustainable construction materials or systems (low and high tech solutions)	
Capítulo 2: Inovação e melhoria nos materiais e sistemas de construção sustentáveis (soluções low e high tech)	
Capítulo 2: Innovación y mejoría en los materiales y sistemas de construcción sostenibles (soluciones low y high tech)	
Advanced Concrete Technology for Sustainable Building <i>Petr Hajek, Ctislav Fiala, Magdalena Novotna</i>	329
Rubber crumb used in concrete to provide freeze-thaw protection <i>Alan Richardson, Kathryn Coventry, Eli Dias</i>	337
Impact resistance of concrete - Using slit rubber from tyres <i>Kathryn Coventry, Alan Richardson, Jamie Rogers</i>	347
Study of Natural Ventilation for a Modular Façade System in Wind Tunnel Tests <i>Helenice Sacht, Luís Bragança, Manuela Almeida, Rosana Caram</i>	355
Evaluation of the Influence of Early Age Shrinkage on the Control of Mortar Cracking <i>Ribeiro</i> <i>Matthias Eckert, Miguel Oliveira, A. Bettencourt Ribeiro</i>	363
Customized sandwich panels for the rehabilitation of the built patrimony <i>Pedro Costa, Joaquim Barros</i>	373
Iluminação de escritórios: considerações sobre o uso do LED <i>Mariangela Moura, Ana Motta</i>	383
Calor de hidratação de pastas com resíduo de gesso em três ciclos de reciclagem <i>Andréa Ribeiro, Luis Mesquita, Yêda Póvoas</i>	391
Utilização do “bambusa vulgaris” como entramado na taipa visando construções sustentáveis <i>Sandro César, Rita Cunha, Deir Silva</i>	401

Arquivos climáticos com dados horários de irradiância para estudos de degradação de fachada	411
<i>Vanda Zanoni, José Sánchez, Elton Bauer, Cláudia Amorim</i>	
Análise da energia embutida na readequação de coberturas: estudo de caso nas escolas públicas do estado do paraná	421
<i>Sérgio Tavares, Isaura Uhmman, Adriane Savi</i>	
Avalia�o de parâmetros geotécnicos de um solo reforçado com resíduos da constru�o civil e fibras para uso em pavimenta�o	429
<i>Th�sia Macedo, Kalinny Lafayette, Alexandre Gusmão, Jonas Silva</i>	
A revolu�o da nanotecnologia na constru�o de painéis solares fotovoltaicos de alto desempenho	437
<i>Ant�nio Ferreira, Fernando Mainier, Carlos Soares, Orlando Longo</i>	
Sustentabilidade em lajes alveolares protendidas	445
<i>Romão Direitinho, Sheyla Serra, Marcelo Ferreira</i>	
Avalia�o do Conceito de Desenvolvimento Sustentável em Agregados Artificiais	455
<i>Claudia Coura, Teresa Barbosa</i>	
Concreto com o uso conjunto de dois resíduos: ACBC e o RCC	465
<i>Juliana Moretti, Almir Sales, Fernando Almeida, Pedro Gromboni, Mariana Rezende</i>	
Design e produ�o de protótipos de componentes pré-fabricados elaborados com materiais de base florestal	475
<i>João Santos, Tomás Barata, Marco Pereira</i>	
Desenvolvimento de Produto: Pesquisa para Proposi�o de Produto com Características Sustentáveis	485
<i>Marcos Borges, Amanda Pereira, Eduardo Castro</i>	
Painéis de vedaq�o em bambu: projeto, processo construtivo e patologias.	495
<i>Marco Pereira, Tomás Barata</i>	
Atributos de compósitos termoplásticos com detritos plásticos e vegetais	503
<i>Bernardo Dias, João Calmon, Cristina Alvarez</i>	
Análise do Ciclo de Vida da envoltória da Estaq�o Antártica Comandante Ferraz	513
<i>Thalles Reis, Cristina Alvarez</i>	
Materiais compósitos com incorpora�o de cânhamo industrial	523
<i>Elisabete Araújo, Rute Eires</i>	

Contribuição para avaliação da influência da granulometria de agregados reciclados em estruturas de contenção do tipo solo reforçado a partir do ensaio do arrancamento de pequeno porte	531
<i>José Marques, Heloisa Campos, Lígia Real, Talita Soares, Débora Tomaselli, Leonardo Miranda</i>	
Caracterização de Fachadas Duplas Ventiladas como Envolvente de Edifícios	541
<i>Erika Guimarães, Elaine Vazquez, Luís Bragança</i>	
A evolução da janela e sua interferência em ambiente de edificações multifamiliares	551
<i>Edna Nico-Rodrigues, Cristina Alvarez, Maria Piderit, Artur Rodrigues</i>	
Materiais de isolamento térmico de edifícios. Para além da energia operacional	561
<i>Carlos Augusto, Luís Bragança, Manuela Almeida</i>	
Fabricação artesanal de briquetes utilizando resíduos de jornal e serragem de madeira	571
<i>Marcela Ferreira, Adeildo Silva</i>	
Utilização de resíduos de pneus em argamassa para revestimento	581
<i>Daiana Arnold, Adriana Silva, Alexandre Silva, Adair Kaiser, Janaina Rosa</i>	
Comparação de Propriedades de Argamassas Dosadas com Areia Natural e Resíduos do Beneficiamento de Rochas Ornamentais	589
<i>Farah Silva, Felisbela Oliveira, Arnaldo Carneiro</i>	
Chapter 3: Integrated design of renewable energy systems in buildings	
Capítulo 3: Projeto integrado de sistemas de energias renováveis em edifícios	
Capítulo 3: Diseño integrado de sistemas de energías renovables en edificios	
Old buildings, new cities: Analysis of Brussels' Leopold quarter building typologies as a driver to identify optimal retrofitting strategies	601
<i>Aránzazu González, Consolación Román, Philippe Bouillard, Sophie Trachte, Arnaud Evrard</i>	
Comportamento do software Ecotect comparado ao software EnergyPlus	611
<i>Juliana José, Marcos Borges, Eduardo Castro</i>	
Assessing the energy saving potential of semi-transparent photovoltaic elements for building integration	621
<i>Lorenzo Olivieri, Estefanía Martín, Francisco Vázquez, Nuria Chivelet, Francesca Olivieri, Javier Neila</i>	
Equipment and systems in energy-efficient homes for the Center-South of Chile	631
<i>Flavio D'Amico, Ernesto Valiente, Rodrigo Alvarado, Maureen Kelly, Olavo Escorcía</i>	

Potencial Solar Activo en Techumbres de Viviendas Inmobiliarias. <i>Esteban Zalamea, Rodrigo García, Lorena Troncoso</i>	639
Energy savings technologies for a non-residential NZEB in Medi-terranean climate <i>Annamaria Buonomano, Umberto Montanaro, Adolfo Palombo, Maria Vicidomini</i>	649
Chapter 4: Building Integrated Solar Thermal Systems	
Capítulo 4: Sistemas Solares Térmicos Integrados em Edifícios	
Capítulo 4: Sistema solares térmicos integrados en los Edificios	
Building Integrated Solar Thermal Systems <i>Soteris Kalogirou</i>	661
Evaluation of the environmental profile of a building-integrated solar thermal collector, based on multiple life-cycle impact assessment methodologies <i>Chrysovalantou Lamnatou, Gilles Notton, Daniel Chemisana, Christian Cristofari</i>	669
Consideration of Certain Health Issues Related to Solar Hot Water Systems <i>Nikola Z. Furundzic, Dijana P. Furundzic, Aleksandra Krstic-Furundzic</i>	679
The energy requirements by the ventilation system in housing. A review of the Polish legislation and standards <i>Hanna Jędrzejuk, Artur Rusowicz, Dorota Chwieduk, Andrzej Grzebielec, Maciej Jaworski</i>	687
Investigation of Sun Protection Issues of Building Envelopes via Active Energy Production Systems <i>Constantinos Vassiliades, Andreas Savvides, Aimilios Michael</i>	697
Economic aspect of solar thermal collectors' integration into facade of multifamily residential building <i>Tatjana Kosic, Aleksandra Krstić-Furundzic, Marija Grujic</i>	707
Towards the effective solar energy use in buildings in lithuania <i>Rokas Tamašauskas, Rosita Norvaišienė</i>	717

Volume 2**Chapter 5: Earth architecture and construction****Capítulo 5: Arquitetura e Construção em Terra****Capítulo 5: Arquitectura y Construcción en la Tierra**

Enseñanza-aprendizaje de la edificación con tierra en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México <i>Luis Guerrero, Francisco Soria</i>	729
Comportamiento Térmico de un Módulo Experimental Construido con Tierra Vertida Compactada en la Ciudad de México <i>Luis Guerrero, Francisco Soria, José Roberto García, Francisco Fernández</i>	739
Proposta de método de ensaio para determinação do módulo de deformação de adobes <i>Obede Faria, Célia Neves, Eduardo Pinto</i>	747
O conforto da habitação de terra <i>Leonardo Maia</i>	757
Yo puedo construir un aula de tierra <i>Ariel González, Maria Lazzarini</i>	767
Preceitos de sustentabilidade utilizados em parque ecológico em Minas Gerais, Brasil <i>Regina Mattaraia, Wilza Lopes, Karenina Matos</i>	775
Earthen construction opportunities after the new Brazilian building performance standard <i>Ana Villaça</i>	785
Tradition and Continuity-Towards an Authentic Earth Architecture in Jericho <i>Mohammad Rujoub, Luís Bragança, Nelson Ribeiro, Rute Eires</i>	793
Procedimentos expeditos para medição in loco de patologias de paredes de taipa <i>Ana Veraldo, Andrea Yuba, Ana Milani</i>	803
Tsuchikabe e o Protagonismo do Trabalhador <i>Bianca Joaquim, Akemi Hijioka, Akemi Ino</i>	813

Chapter 6: Rural housing, technologies and building cultures

Capítulo 6: Construção rural, cultura e tecnologias de edifícios

Capítulo 6: Construcción rural, tecnologías e cultura de la construcción

Apresentação de um Modelo de Apoio à Gestão de Projetos no Contexto da Construção Sustentável <i>Daniel Reis, Andreia Martins, José Sousa, Márcio Fabrício</i>	825
Mutirão x organicidade: a construção coletiva dos habitats dos assentamentos do MST <i>Cecília Medeiros, Amadja Borges</i>	835
O processo de conquista da moradia a partir de duas comunidades rurais brasileiras <i>Táisa Brosler, Sonia Bergamasco</i>	843
Tipologias de habitats de assentamentos do MST em São Paulo e no Rio Grande do Norte <i>Amadja Borges</i>	853
Possibilidades de apropriação do habitat em assentamentos rurais no Brasil <i>Amadja Borges, Cecília Medeiros, Márcia Oliveira, Sarah Andrade</i>	863
A cultura construtiva da Serra do Caparaó no Espírito Santo, Brasil: técnica tradicional e eco eficiência. <i>Nelson Ribeiro, Aline Silveira</i>	873
Lições aprendidas com as construções em ambientes remotos: aplicação à realidade urbana <i>Carolina Rocon, Ricardo Maioli, Cristina Alvarez</i>	883
Sobre a provisão e a produção de habitações em assentamentos rurais: o caso do projeto Inovarural (Itapeva/SP) <i>Rodolfo Sertori, Akemi Ino</i>	893
Moradias Sobredimensionadas dos anos 70-90 na periferia de Braga: Processo de transformação <i>Michael Loureiro, Ricardo Mateus</i>	903
Tradição em Continuidade: monitorização das estratégias bioclimáticas das Quintas no Nordeste Transmontano <i>Joana Gonçalves, Ricardo Mateus, Teresa Ferreira</i>	913
The influence of the Palestinian sociocultural values in shaping the vernacular architecture of Nablus city <i>Fajr Tawayha, Luís Bragança, Ricardo Mateus</i>	923

Chapter 7: Acoustics applied to buildings and sustainable environments

Capítulo 7: Acústica aplicada a edifícios e ambientes sustentáveis

Capítulo7: Acústica aplicada a edificios y entornos sostenibles

Avaliação de Propriedades Acústicas da “Casa Popular Eficiente” <i>Jamile Rossi, Anderson Ongaro, Marco Pinheiro, Marcos Vaghetti, Dinara Paixão</i>	933
Critérios e metodologias para limitação de vibrações, em edifícios, provenientes de vias férreas <i>Jorge Patrício, Fernando Azevedo</i>	943
Mapeamento acústico das denúncias de poluição sonora em Natal-RN <i>Luciana Alves, Débora Pinto, Virgínia Araújo, Bianca Araújo</i>	951
Impacto sonoro decorrente de alterações na legislação urbana - o PEU das vargens, rio de janeiro <i>Lygia Niemeyer</i>	959
Metodologia para avaliação acústica de espaços livres (Parque do Aterro do Flamengo, RJ) <i>Lygia Niemeyer, Marina Cortês, Felipe Aguiar, Maria Chaves</i>	969
Caracterização acústica de espécies verdes através da determinação da absorção sonora <i>Claudia Gaida, Larissa Tamiosso, Dinara Paixão</i>	979
Desempenho acústico: uma avaliação em campo e laboratório de vedações verticais e horizontais <i>Otávio Júnior, José Silva, Marco Pinheiro</i>	987
La incorporación de la variable acústica en la gestión ambiental <i>Alice González, Marcos Lisboa, Pablo Kovar, Nicolás Tizze</i>	997
Planejamento para Elaboração de um Mapa acústico no Município de Frederico Westphalen <i>Alessandro Alves, Claudia Gaida, Cristhian Brum, Angélica Baggiotto, Joani Covalesski</i>	1007
Análise dos Estudos de Impacto de Vizinhança na área de emissões sonoras no município de Frederico Westphalen <i>Alessandro Alves, Claudia Gaida, Cristhian Brum, Giovana Pavan</i>	1017
Ruído proveniente da construção civil: estudo de caso em obras em desenvolvimento na cidade de Frederico Westphalen-RS <i>Alessandro Alves, Claudia Gaida, Cristhian Brum, Leonardo Romitti</i>	1027

Chapter 8: Resources (water and energy) and residues management

Capítulo 8: Recursos (água e energia) e tratamento de resíduos

Capítulo 8: Recursos (agua y energía) y gestión de los residuos

Urban forestry residues management in small towns of São Paulo, Brazil <i>Adriana Nolasco, Mariana Cerca</i>	1039
Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios da Bacia Hidrográfica do PCJ, São Paulo, Brasil <i>Adriana Nolasco, Aline Meneses</i>	1047
Recarga de águas subterrâneas com trincheira de infiltração <i>Alfredo Júnior, Luciene Silva, Melissa Graciosa, Eduardo Mendiondo</i>	1055
Captação de águas pluviais em habitações de interesse social na região metropolitana do Recife <i>Amanda Figueiredo, Simone Silva</i>	1065
Sustentabilidade dos pontos de recebimento de resíduos sólidos na cidade do Recife <i>Alexandre de Lima, Camila Rodrigues, Daniela Albuquerque, Kalinny Lafayette</i>	1075
Plastificantes: efectos en morteros de albañilería con árido fino reciclado <i>Gloria Moyano, María Morales, Ignacio Palacios, Ignacio Espinosa, Montserrat Toro</i>	1085
Um método multiobjetivo para posicionamento otimizado de novos reservatórios hídricos com volume preestabelecido <i>José Sousa, Bruna Lima</i>	1095
Planejamento energético em ambientes extremos: uma experiência Antártica <i>Tiago Christo, Jussara Fardin, Domingos Simonetti, Cristina Alvarez</i>	1105
Áreas potenciais para produção de alimento no espaço urbano público: estudo de caso no município de São Carlos, SP/Brasil <i>Gustavo Scarpinella, Ricardo Silva, Sabrina Viana, Daniel Caiche</i>	1115
A web-based tool for the Construction and Demolition Waste (CDW) Management on sites <i>Diogo Paz, Kalinny Lafayette, Yêda Tavares</i>	1125
Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações Unifamiliares: Funcionamento Hidráulico de um Sistema de Drenagem Sifónica <i>Ana Silva, Manuela Lima, António Curado</i>	1133

Selecting strategies for the water saving in social housing by means of an analytic hierarchy method <i>Léa Silva, Ricardo Gonçalves, Luana Moreira</i>	1143
Avaliação das condições ótimas de viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão <i>Thiago Franci, Ricardo Gonçalves</i>	1153
Wood Waste Generation of Wooden-Houses Manufacturers in the Brazilian State of Santa Catarina <i>Victor Araujo, José Garcia, Maristela Gava, Juliana Cortez-Barbosa Antonio Savi, Elen Morales, Juliano Vasconcelos</i>	1161
Indicadores de “Hidricidade” como ferramenta de avaliação da eficiência urbana <i>Giovana Ulian, Manuela Lima, Ivan Cartes</i>	1169
Estimativa do Consumo e Considerações Sobre Uso Racional de Água em Edificação em Campus Universitário <i>Karinnie Almeida, Jessica Silva, Maristela Silva, Vanessa Silva</i>	1179
Diretrizes para Elaboração do Projeto Logístico de Gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) em Canteiros de Obras <i>Adriano Bosetti, José Neto</i>	1187
Gestão da água em edificações através do aproveitamento de condensação do sistema de ar-condicionado: um exemplo em Vitória, Brasil <i>Celso Bastos, Sérgio Túlio, Ricardo Franci</i>	1197
Um Estudo do Planejamento do Fluxo de Materiais utilizando o Simulador STELLA <i>Phelipe Ruiz, Patricia Fontanini, Lia Pimentel, Ana Jacintho</i>	1203
Processo de Gestão de Planejamento Sustentável na Construção Civil a partir da aplicação do Last Planner e Gestão de Resíduo da Construção <i>Paula Claro, Patricia Fontanini, Lia Pimentel, Ana Jacintho</i>	1213
A medição individual de água como incentivo à sustentabilidade em áreas urbanas <i>Micaella Moura, Simone Rosa, Filipa Malafaya</i>	1223

Chapter 9: Sustainable building technology and management

Capítulo 9: Gestão e tecnologias de construções sustentáveis

Capítulo 9: Gestión y tecnología de construcción sostenible

Sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida <i>Poliana Cardoso, Javier Pablos</i>	1233
--	------

Assessment of existing building to intelligent and sustainable building – a case study in a university laboratory in São Paulo, Brazil <i>Carolina Miceli, Patricia Fontanini, Rosa Lintz, Lia Pimentel, Ana Jacintho</i>	1243
Microgeração Renovável no Contexto de Edificações Verdes no Brasil <i>Mauro Berni, Jane Tassinari, Paulo Manduca</i>	1251
Estudo comparativo entre as normas ISO 21931:2010, NBR 15575 e os requisitos das Certificações AQUA e LEED <i>Maria Costa, Manuela Almeida, Rita Cunha, Sandro Cesar</i>	1261
Analysis of Portuguese Residential Buildings’ Needs and Proposed Solutions <i>Erika Guimarães, Luis Bragança, Manuela Almeida, Ricardo Mateus</i>	1271
Emissões De CO2 na Construção Civil Brasileira (Estudo de caso no setor residencial) <i>Sérgio Tavares, Eloise de Oliveira, Carla Monich, Adriane Savi</i>	1281
Aplicação de critérios sustentáveis em uma obra pública do nordeste do brasil <i>Geórgia Jereissati, Maria Beinichis, Alexandre Bertini</i>	1289
 Chapter 10: Assessment tools (life cycle analysis, rating tools and monitoring) for sustainable materials, buildings, neighborhoods and building sector	
Capítulo 10: Ferramentas de avaliação (análise de ciclo de vida, certificação da sustentabilidade e monitorização) para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis	
Capítulo 10: Herramientas de evaluación (análisis del ciclo de vida, certificación de sostenibilidad y monitoreo) para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles	
Practice and knowledge of Flemish architects on sustainable material use <i>Elke Meex, Griet Verbeeck</i>	1299
Development of a Sustainability Assessment Methodology for Service Buildings in Turkey <i>Ceren Abacioğlu, José Barbosa, Müjde Altın, Luís Bragança</i>	1309
Monitoramento da Poluição Atmosférica Oriunda do Tráfego Veicular no Município de Passo Fundo <i>Denise Daris, Eduardo Meng, Luciana Brandli, Francisco Rosa, Julius Schwanz</i>	1319
Energia incorporada de sistemas de vedação de habitações na fase de desconstrução: estudo de caso para o DF, Brasil <i>Gilson Pedroso, Rosa Sposto</i>	1327

Avaliação da sustentabilidade ambiental de edificações públicas sob o foco do sistema de certificação LEED <i>Roberto Silva, Eloy Casagrande Jr., Adriana Santos</i>	1337
Study of the of the concept of community buildings and its importance for Land Use Efficiency <i>José Barbosa, Catarina Araújo, Luís Bragança, Ricardo Mateus</i>	1347
Análise e diagnóstico da ecoeficiência do Museu Zoobotânico Augusto Ruschi <i>Marcos Frandoloso, Luciana Brandli, Ana Scheffer, Bruna Stürmer, Deividly Morello, Evelise Both, Franciele Basso</i>	1355
Using performance indicators to evaluate concrete structures sustainability <i>Flávia Oliveira, Marcella Saade, Vanessa Gomes, Maristela Silva</i>	1365
Energia e emissões incorporadas nos estágios de produto e construção de edificações: aplicação a casos brasileiros <i>Maristela Silva, Marcella Saade, Larissa Miranda, Karine Klippel, Clara Dias, Flávia Oliveira, Vanessa Silva</i>	1375
Avaliação da acessibilidade em edifícios públicos em Brasília <i>Chenia Figueiredo, Andrezza Mendes</i>	1385
Análise do Ciclo de Vida dos Materiais (ACV) em busca de maior Sustentabilidade na Construção Civil Brasileira <i>Bruna Matos, Teresa Barbosa, Maria Hippert</i>	1393
Impacto da distância e tipo de transporte de materiais nas emissões de CO2 na construção de um empreendimento habitacional de interesse social <i>Marcos Godinho, Eduardo Schneck, Andrea Kern, Mauricio Mancio, Marco González, Josiane Pires</i>	1401
Análise do consumo de água e energia em prédio comercial com certificação ambiental LEED <i>Cibele Antonioli, Andrea Kern, Paulo Wander, Julia Herrmann, Carla Oliveira</i>	1411
Estratégia para a incorporação de impactes ambientais, sociais e económicos específicos num método de Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Saúde (HBSA) <i>Fátima Castro, Ricardo Mateus, Luís Bragança</i>	1421
Desempenho Económico de Edifícios: Desenvolvimento de Metodologia Avaliação Segundo a prEN 16627:2013 <i>Domingos Ribas, Miguel Morais, Paulo Cachim</i>	1431

Analysis and selection of indicators for a sustainability assessment method for school buildings based on SBTool - PT <i>Tatiana Saraiva, Manuela Almeida, Luís Bragança</i>	1441
Análise do Ciclo de Vida (ACV) do sistema de vedação vertical <i>Quarter log</i> <i>Thalles Reis, Cristina Alvarez, Emanuella Altoé</i>	1449
Ejemplo de una aplicación del Análisis de Ciclo de Vida a dos Materiales de Construcción en Uruguay <i>Marcela Silva, Carola Bianco, Alicia Mimbacas, Virginia Casañas</i>	1459
Complementos importantes para evaluar la sostenibilidad de la arquitectura hoy <i>Raúl Gulá</i>	1469
Sustainability assessment of biotic building solutions in Netherlands <i>Tyler Cain, Ronal Rovers, Luís Bragança</i>	1479
Chapter 11: BIM and sustainable construction	
Capítulo 11: BIM e a construção sustentável	
Capítulo 11: BIM y la construcción sostenible	
Análise ambiental da envoltória do edifício: Diálogo com o Sistema BIM <i>Aline Marques, Leopoldo Bastos, Frédéric Bonneaud</i>	1491
Desenvolvimento de projetos sustentáveis usando a plataforma BIM: estudo de caso na Cidade do Rio de Janeiro <i>Mônica Salgado, Marco Cunha, Técia Duarte</i>	1501
Modelagem, sustentabilidade e desempenho: BIM e a qualidade da construção <i>Fernanda Coelho, Mônica Salgado, Marcos Silvano</i>	1511
Integrating Life Cycle Assessment and Building Information Modelling: An Overview <i>Cristiane Bueno, Márcio Fabricio</i>	1521
Esforço demandado para emprego de Building Information Modeling na Certificação LEED® NC, etapa de projeto <i>Giseli Colleto, Vanessa Silva, Regina Ruschel</i>	1531
Building Information Modelling [BIM] for energy efficiency in housing refurbishments <i>Julie Comlay, Patricia Tzortzopoulos</i>	1541
Using Photographic Data and Auto CAD to Build a Library of Typical Facades Defects <i>Taal Elmasuri</i>	1551

Volume 3

Chapter 12: Policies and strategies for a sustainable built environment

Capítulo 12: Estratégias e políticas para a sustentabilidade do ambiente construído

Capítulo 12: Estrategias y políticas para la sostenibilidad del ambiente construido

Análise da disponibilidade de investimento em projetos de reabilitação portugueses <i>Catarina Araújo, Luís Bragança, Manuela Almeida, José Amarílio Barbosa</i>	1563
Espacios de oportunidad para la vivienda de media densidad <i>Ion Gutiérrez</i>	1571
Comércio e serviços como estratégia de sustentabilidade socioeconômica <i>Thaís Vicentim, Milena Kanashiro</i>	1581
Sustentabilidade urbana: instrumentos de planeamento e gestão ambiental <i>Silvia Lima, Wilza Lopes, Edson Silva</i>	1591
Análise da inserção urbana e impacto ambiental em conjunto habitacional, Campinas – SP <i>Gabrielle Okretic, Laura Bueno</i>	1601
Habitação social em municípios polo: sustentabilidade e inserção urbana <i>Rosa Kalil, Adriana Gelpi, Wagner Oliveira, Tanise Spielmann, Bianca Henicka, Nelita Prietto, Thauana Vanz, Ramadan Kalil</i>	1611
Ferramentas metodológicas para análise da ocupação urbana em áreas de risco <i>Leandro Assis, Vivian Albani, Abrahão Elesbon, Ludmila Carli, Rômulo Croce</i>	1621
Patrimonio construído y sustentabilidade <i>Graciela Pedemonte</i>	1629
Mapeamento das áreas com risco de impactos pluviais a partir de ferramentas de geoprocessamento na zona leste da cidade de Teresina-PI/Brasil em 1985 e 2010. <i>Nícia Leite, Felipe Monteiro</i>	1639
ECOPOL um modelo europeu de parceria pública para o desenho de políticas e instrumentos de promoção de eco-inovação – A experiência Portuguesa na construção sustentável <i>Luís Ferreira, Clara Lopes, Victor Ferreira</i>	1647
Desarrollo de una metodología de evaluación integral de sustentabilidad a nivel urbano <i>Jocelyn Nieto, Luis Silva, Vitor Murtinho, Constança Rigueiro, Helena Gervásio, António Bettencourt</i>	1657

Caracterização do ruído de tráfego automotor em espaços públicos na cidade de Vitória/ES <i>Greicikelly Paneto, Paulo Zannin, Cristina Alvarez</i>	1667
The resilience as new paradigm of sustainability <i>Irina Tumini, Sergio Rada</i>	1675
Multi-criteria evaluation for supporting renovation actions in educational buildings <i>Giulia Olivieri, Andrea Boeri, Jacopo Gaspari, Danila Longo</i>	1685
Procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade para construções na Antártica <i>Dielly Montarroyos, Márcia Bissoli-Dalvi, Cristina Alvarez, Luís Bragança</i>	1695
Cost optimal strategies for the renovation of residential neighborhoods towards energy and emissions neutrality – Rainha Dona Leonor case study <i>Marco Ferreira, Manuela Almeida, Ana Rodrigues</i>	1705
Espaços livres privados e legislação urbanística: interferências na qualidade urbana <i>Renata Simões, Flavia Torezani</i>	1715
Qualidade do Ar Interno (QAI) em edificações na Antártica: identificação de fontes e estratégias de controle <i>Érica Pagel, Cristina Alvarez, Neyval Júnior</i>	1725
Iluminação natural e legislação urbana: a experiência de Domingos Martins – ES (Brasil) <i>Stella Hoppe, Cristina Alvarez, Andréa Laranja</i>	1735
Promoting Sustainability as a Strategy to Mitigate the Effects of Economic Downturn on the Construction Industry <i>Ahmed Ashour, Luís Bragança, Manuela Almeida</i>	1745
 Chapter 13: Governance for a sustainable built environment	
Capítulo 13: Governança para a sustentabilidade do ambiente construído	
Capítulo 13: Gobernanza para la sostenibilidad del ambiente construido	
Governança e requalificação de espaços comuns construindo a sustentabilidade social: Avaliação e proposta para Programa Minha Casa Minha Vida na Cidade de Juiz de Fora – Minas Gerais – Brasil <i>Letícia Zambrano, Janaina Lawall, Nádia Camacho, Isabela Lopes, Daniella Ongaro, Yara Neves, Vítor Caldas, José Abdalla, Caterine Reginensi</i>	1755

A construção coletiva de espaços livres públicos no Assentamento rural Rosário <i>Sarah Andrade, Cecília Medeiros, Amadja Borges, Kleiton Nascimento</i>	1765
O papel dos movimentos sociais no fortalecimento da efetivação do Estatuto da Cidade como articuladores de ações de reconquista dos centros: um olhar sobre a experiência de João Pessoa, Paraíba. <i>Marina Fontenele, Elisabetta Romano</i>	1775
Information and communication technologies and the public spaces: reflections on exploring a new relationship first results from cost action cyberparks TU 1306 <i>Carlos Costa, Ina Erjavec</i>	1785
Um Estudo Exploratório Acerca da Segurança Contra Incêndio Numa Instituição Pública de Ensino Superior do Estado do Rio de Janeiro <i>Luciana Santos, Joel de Araújo, Orlando Celso Longo</i>	1795
Democratizando estratégias de gestão urbana: o exemplo das Zonas de Proteção Ambiental em Natal/Brasil <i>Ruth Ataíde, Miss Silva, Ana Lima, Rosa de Fátima</i>	1805
 Chapter 14: Emporwement and participation processes for sustainability	
Capítulo 14: Processos de participação e de empoderamento para a sustentabilidade	
Capítulo 14: Procesos de participación y de empoderamiento para la sostenibilidad	
Concepção de projeto habitacional flexível a partir da pré-ocupação <i>Anicoli Romanini, Marcele Martins, Andrea Mussi, Daiane Folle, Sheila Garcia</i>	1817
Ejemplificación de la problemática actual de las ciudades latinoamericanas, a través del análisis de santiago de querétaro <i>Jocelyn Nieto, Luis Silva, Vitor Murtinho, Constança Rigueiro, Adelino Gonçalves</i>	1825
Integrative Methodologies in Technical Assistance Projects for Urban Communities <i>Heliana Rocha, Maria Moura</i>	1835
Instrumento para monitorar empoderamento no Programa Nacional de Habitação Rural <i>André Pereira, Andrea Yuba</i>	1845
Projeto participativo de habitação de interesse social mais sustentável na Vila Telebrasil em Brasília: um exemplo de processo de projeto para o Programa Minha Casa Minha Vida no Brasil <i>Luisa Venancio, Liza Andrade</i>	1855

Chapter 15: Social housing and buildings affordable to all

Capítulo 15: Habitação social e edificações de baixo custo

Capítulo 15: abitación social y edificación de bajo costo

Análise do conforto ambiental em edifícios escolares no município de Vila Velha-ES, BR <i>Luciana Jesus, Larissa Ramos, Eliane Antunes</i>	1867
Análise da adequação de empreendimentos habitacionais aos critérios da certificação ambiental brasileira Selo Casa Azul <i>Daniela Fastofski, Marco González, Andrea Kern</i>	1877
Norma de Desempenho 15.575/2013: Análise de casos das exigências de conforto térmico em projetos de habitação de interesse social <i>Josiane Pires, Andrea Kern, Marco González, Eduardo Schneck</i>	1887
Evaluating sustainable practices and capital cost analysis in brazilian low income houses <i>Vanessa Freitas, Dayana Costa, Angelo Bello</i>	1897
Sombreamento e Transparência no Desempenho Térmico de Aberturas em Edificações Residenciais: Recomendações do Zoneamento Bioclimático Brasileiro <i>Andréia Oliveira, Solange Leder, Solange Goulart</i>	1907
Impacto do Programa Nacional de Habitação Rural na cultura do fogão a lenha <i>Suellen Santos, Maristela Siolari, Neuza Silva, Lilian Reis</i>	1917
Avaliação de Habitações de Interesse Social: com foco para os aspectos do conceito de sustentabilidade <i>Daniella Gomes, Adriana Campos</i>	1927
Valoración de conjuntos de vivienda social en Cuenca (Ecuador) através de indicadores de densificación sustentable <i>Maria Hermida, Natasha Cabrera</i>	1937

Chapter 16: Spatial patterns of urban ecosystems

Capítulo 16: Padrões espaciais e ecossistemas urbanos

Capítulo 16: Patrones espaciales y los ecosistemas urbanos

Humanização e resiliência: a capacidade adaptativa para o habitar urbano <i>Raquel Barros</i>	1949
--	------

Padrões espaciais dos ecossistemas urbanos: uma conexão para promover a resiliência em ecologia e desenho urbano <i>Liza Andrade</i>	1961
O desafio da universalização do saneamento: padrões espaciais das águas urbanas para cidadãos dos assentamentos irregulares. <i>Laura Bueno</i>	1971
Pegada ecológica e produção de alimentos dos municípios e sua relação com padrões espaciais <i>Miguel Sattler</i>	1981
Padrões espaciais da paisagem para a agricultura urbana <i>José Medeiros</i>	1991
Niterói, RJ, Brasil: Reflexões sobre o Aumento das Construções na Última Década <i>Joel Araújo, Luciana Santos, Orlando Longo</i>	1999
Por uma cidade mais sustentável: discussão acerca de um sistema cicloviário a partir das áreas de fundo de vale em Presidente Prudente, SP <i>Arlete Francisco</i>	2007
A compreensão da caminhabilidade por meio dos padrões espaciais <i>Ana Barros</i>	2017
A Favela: Padrões Emergentes Em Assentamentos Informais <i>Vânia Loureiro</i>	2027
Padrões urbanos em cidades lusófonas: a perspectiva sintática <i>Valério Medeiros</i>	2037
Assessment of the Effects of the Expansion of the City of Estarreja on the Rational Land Use <i>Francisco Serôdio, Jorge Fernandes, Luís Bragança, Ricardo Mateus</i>	2045
Dimensões urbanas e valor ambiental em bairro habitacional: Estudo de caso em bairro de Vitória ES, Brasil <i>Karla Conde, Silvia Pina</i>	2055

Chapter 17: Open spaces system for a sustainable built environment

Capítulo 17: Sistema de espaços livres para a sustentabilidade do ambiente construído

Capítulo 17: Sistema de espacios libres para la sostenibilidad del entorno construído

Avaliação dos espaços livres de uso público da cidade de Colatina, Espírito Santo, Brasil <i>Vivian Albani, Leandro Assis, Bruna Perim, Bruno Martins, Nayara Malta</i>	2067
A importância metropolitana do sistema de espaços livres da região de Vitória – ES – Brasil <i>Eneida Mendonça</i>	2075
Infraestrutura verde - estratégia para regeneração de espaços livres e qualidade do ambiente construído <i>Daniella Bonatto</i>	2085
Espaços livres e urbanização brasileira: da conservação ambiental à esfera pública <i>Eugenio Queiroga</i>	2095
Estratégias para a transformação da paisagem das ilhas em urbanização <i>Barbara Prado</i>	2103
Os sistemas de espaços livres e o meio ambiente urbano – sobre um projeto de pesquisa nacional <i>Silvio Macedo</i>	2113
Espaços públicos urbanos: o centro urbano <i>Alina Santiago, Gabriel Pedrotti</i>	2123
Princípios e recomendações de projeto para a qualidade espacial de praças, sob a ótica da Sustentabilidade <i>Vivian Ecker, Nelson Vaz</i>	2133
Atributos espaciais para a qualificação de praças públicas urbanas <i>Vivian Ecker, Nelson Vaz</i>	2143
Espaços livres privados: residuais ou projetados? <i>Renata Simões, Sirana Fassina, Cristina Alvarez</i>	2153
 Chapter 18: Sustainable construction sites	
Capítulo 18: Locais de construção sustentáveis	
Capítulo 18: Las obras de construcción sostenibles	
Análise do conforto dos usuários em canteiros de obras <i>Ludimilla Zeule, Sheyla Serra</i>	2163

Analysis of the evolution of research on construction and demolition waste using the SciMAT tool <i>María Morales, María Aires, Mónica Alonso, María Rojas, Eulalia Gago</i>	2173
Auditorias ambientais em estaleiros/canteiros de construção <i>José Teixeira, Sheyla Serra</i>	2181
Protocol for evaluating the compliance with requirements of Temporary Edge Protection Systems (TEPS) <i>Guilhermina Peñaloza, Tarcisio Saurin, Carlos Formoso</i>	2191
Análise de Desempenho Acústico de Escritórios em Canteiros de Obra <i>Fábio Mian, Léa Souza, Sheyla Serra</i>	2201
Orientações para a elaboração do projeto de inventário para alvenaria nos canteiros de obras. <i>Maria Santos, Sheyla Serra, Alexandre Bertini</i>	2211
Using a checklist for assessing the sustainability on water use in construction sites <i>Ludimilla Zeule, Sheyla Serra</i>	2221
Aferição de custos no canteiro de obra: um comparativo entre as tipologias das instalações provisórias <i>Natalia Matos, Sérgio Duarte, Maria Silva</i>	2231
Chapter 19: Urban mobility and accessibility	
Capítulo 19: Mobilidade urbana e acessibilidade	
Capítulo 19: Movilidad urbana y accesibilidad	
Análise espacial da acessibilidade e mobilidade urbana em teresina, Piauí - Brasil <i>Nícia Leite, Geraldo Costa</i>	2243
Acessibilidade em edifícios públicos em Fortaleza - Brasil <i>Chenia Figueiredo, Camila Landim</i>	2253
Requalificação do antigo hotel Tropicana para adaptação em um EHS <i>Marina Fontenele, Elisabetta Romano</i>	2261
Conectividade: princípio ecológico estruturador da resiliência no desenho ambiental <i>Giovanna Vital, Fernando Garrefa</i>	2271
Análise e Diagnóstico da Acessibilidade e Mobilidade Urbana no Centro de Poços de Caldas-MG, Brasil. <i>Ana Pereira, Rosana Parisi</i>	2281

Chapter 20: Technical knowledge transfer for sustainable materials, buildings, neighborhoods and building sector

Capítulo 20: Transferência de conhecimento técnico para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis

Capítulo 20: Transferencia de conocimientos técnicos para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles

Resultados da aplicação de métodos e instrumentos de apoio à pesquisa e ao projeto de iluminação natural - um estudo de caso acadêmico-profissional <i>Ingrid Fonseca, Marília Fontenelle, Andrea Matriciano, Maria Porto</i>	2293
Comparação estatística entre arquivos climáticos desenvolvidos com métodos diferentes <i>Ítalo Guimarães, Joyce Carlo</i>	2303
Casa popular eficiente: Uma proposta de moradia de baixo custo e sustentável <i>Marcos Vagheti, Joaquim Santos, Elvis Carissimi</i>	2313
Estimación de instalaciones solares domesticas según tipologías de edificación <i>Lorena Troncoso, Rodrigo García, Paulina Wegertseeder</i>	2323
Desempenho de revestimentos de argamassa com areia reciclada lavada e homogeneizada <i>Leonardo Miranda, Sílvia Selmo, Fabiani Sebrão</i>	2331
Envelhecimento natural de revestimentos “frios” e convencionais após 2 anos de exposição em ambiente marinho <i>Isabela Silva, Kai Loh</i>	2343

Chapter 21: Education for sustainability

Capítulo 21: Educação para a sustentabilidade

Capítulo 21: Educación para la sostenible

Learning by playing, growing creatively <i>Antonella Violano, Mariarosaria Strollo, Francesca Verde</i>	2351
Estudo da resistência de peças de paver fabricadas com diferentes combinações de misturas de agregados reciclados e naturais <i>Adriane Savi, Fabiani Franzen, Herminia Breginski, Leonardo Miranda</i>	2361
Estudo bibliométrico da produção científica do encontro latino-americano de edificações e comunidades sustentáveis <i>Maria Freitas, Paula Grünberg, Jéssica Tavares, Sérgio Tavares</i>	2371

Visualização e análise da informação científica divulgada no Youtube® <i>Maria Freitas, Miguel Martinez, Viviane Kuntz, Celso Ishida, Felipe Comunello, Felipe Nunes</i>	2381
Cidades melhores: cidades acessíveis para as pessoas <i>Anicoli Romanini, Marcele Martins, Marina Bernardes, Daiane Folle</i>	2391
Utilização de Experimento para a Compreensão do Fenômeno Ventilação por Efeito Chaminé <i>Marcelo Galafassi, Rafael Cartana, João Pacheco, Carolina Carvalho</i>	2309
O Ensino de Edificações e Comunidades Sustentáveis no NORIE, UFRGS <i>Miguel Sattler</i>	2409
Os Escritórios Modelo e a Arquitetura Sustentável no Brasil: o caso da Fau/UnB <i>Camila Silva, Liza Andrade, Helena Bokos, Taís Oliveira, Luiz Silva, Débora Lopes</i>	2419
A Importância de um Planeamento na Desconstrução de Edifícios <i>Andreia Martins, Daniel Reis, Márcio Fabrício, José Sousa</i>	2429
Green Schools – conceito e integração de novas tecnologias sustentáveis em projetos de edifícios escolares <i>Fernanda Azevedo, Jorge Ribeiro</i>	2439
The importance of the category of consciousness and education for sustainability in methodologies for eco-efficiency in school buildings <i>Tatiana Saraiva, Manuela Almeida, Luís Bragança</i>	2449
nZEB Training Needs in the Southern EU Countries – SouthZEB project <i>Sandra Silva, Manuela Almeida, Luís Bragança, Miguel Carvalho</i>	2457
Uso de "Ecotécnicas" No Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano: Uma Abordagem Crítica <i>Ricardo Silva, Eduardo Silva</i>	2479
Desenho urbano e capital social em assentamentos espontâneos. Caso de estudo, Bairro Moravia, Medellín , 2004-2014 <i>Katila Vilar, Ivan Cartes</i>	2489
Cooperação, produtividade e sustentabilidade no Programa Nacional de Habitação Rural - MCMV <i>Cecília Lenzi, João Lopes</i>	2499
Condicionantes de projeto para as instalações provisórias em canteiros de obras na cidade de São Paulo <i>Adriana Rodrigo, Danielle Gazarini, Francisco Cardoso</i>	2507

CHAPTER 5 | CAPÍTULO 5 | CAPÍTULO 5

Earth architecture and construction

Arquitetura e Construção em Terra

Arquitectura y Construcción en la Tierra



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Enseñanza-aprendizaje de la edificación con tierra en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México

Luis Guerrero

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Departamento de Síntesis Creativa, Coyoacán, México
luisfg1960@yahoo.es

Francisco Javier Soria

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Departamento de Síntesis Creativa, Coyoacán, México
fjisl_62@hotmail.com

ABSTRACT: The purpose of this paper is to inform about the teaching experiences developed on recent years in the academic subject called *Construction Basics*, corresponding to the last year of the architecture career at the Autonomous Metropolitan University-Xochimilco, in Mexico City. It is a course of remarkable importance since, unlike what happens in the majority of Mexican universities, teaching, research, social service and dissemination of earthen architecture activities have been developed. These actions have gained increasing significance, and since 2012, the Program is linked to the UNESCO Chair “Earthen architecture, constructive cultures and sustainable development”, international network that is headed by the prestigious organization CRAterre, at the School of Architecture of Grenoble, France.

Keywords: earthen architecture, constructive culture, sustainability, typology.

RESUMEN: La presente ponencia tiene como objetivo la difusión de las experiencias de los últimos años en la impartición de la asignatura llamada *Apoyo de Construcción*, correspondiente al último año de la Carrera de Arquitectura en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, de la Ciudad de México. Se trata de un curso de notable relevancia debido a que, a diferencia de lo que sucede en la mayoría de las universidades mexicanas, se han desarrollado actividades de docencia, investigación, servicio social y difusión de la arquitectura de tierra. Estas acciones han ido adquiriendo trascendencia y desde 2012 el Programa se vinculó a la Cátedra UNESCO “Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible”, red internacional que tiene como sede al prestigiado organismo conocido como CRAterre, en la Escuela de Arquitectura de Grenoble, Francia.

Palabras clave: arquitectura de tierra, cultura constructiva, sostenibilidad, tipología.

1 INTRODUCCIÓN

La arquitectura de tierra ha formado parte de la cultura constructiva de México desde hace milenios y sigue presente en gran parte de las obras históricas y tradicionales que conforman la geografía nacional. Con tierra cruda se han construido diversos géneros de edificios mediante el aprovechamiento de los recursos naturales de cada sitio, logrando el confort de los espacios en condiciones geográficas con climas fríos y cálidos, secos y lluviosos.

Pero a pesar de los valores patrimoniales y ecológicos de la edificación con tierra, a lo largo del siglo XX inició su decadencia como resultado de su sustitución por materiales industrializados que, por intereses comerciales, convencieron a la sociedad y a los profesionales de que tenían mejores cualidades que los sistemas vernáculos. Esta tendencia tuvo un claro reflejo en las aulas de las diversas universidades dirigidas a la enseñanza de la arquitectura e ingeniería, donde se dejó de hablar de materiales tradicionales como la piedra, la madera, la cal y desde luego la tierra, para centrarse solamente en el estudio de los materiales industrializados.

Sin embargo, a partir de la crisis energética de los años setenta y, sobre todo, gracias al avance

que va adquiriendo la búsqueda del desarrollo sostenible y el uso de técnicas de bajo impacto ambiental, la edificación con tierra se ha ido reposicionando en gran parte del orbe.

Paulatinamente, con base en esfuerzos focalizados, en diferentes universidades se empezaron a desarrollar trabajos experimentales en los que la tierra reaparecía como un “material alternativo”, término paradójico si se considera que siempre se trató del material básico de construcción.

Una institución clave en el rescate de la edificación con tierra a nivel mundial fue CRAterre que, con el apoyo de la Escuela de Arquitectura de Grenoble, Francia, desde 1979 ha desarrollado trabajos de investigación y formado a buena parte de los arquitectos y constructores que actualmente laboran en diversos países en este campo disciplinar.

Pero además de este impulso francés, en Alemania, Australia, Austria, Canadá, Corea, España, Portugal, Estados Unidos y otros países tecnológicamente desarrollados, la edificación con tierra ha tenido un crecimiento exponencial, derivado de la preocupación por el ahorro energético y la apreciación de las cualidades ecológicas de este material. En concordancia con esa tendencia, en 1998 se creó la Cátedra UNESCO “Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible” a partir de una iniciativa de la Escuela de Arquitectura de Grenoble, destinada a la formación de nexos académicos a diferentes niveles.



Figura 1. Casa de tierra construida por CRAterre durante los setenta en L'isle d'Abeau, Francia. (Foto: L. Guerrero)

Los organismos que conforman la Cátedra, además de estar convencidos de que el uso de la tierra puede elevar la calidad de vida de la sociedad, han constatado que la incorporación de estas técnicas ancestrales en las currículas universitarias, permite desarrollar diversas capacidades de diseño en los estudiantes de arquitectura.

Sin embargo, en América Latina en general y en México en particular, la valoración de la tierra ha sido mucho más lenta que en los países citados, y en gran medida, sigue ausente de la mayor parte de las discusiones académicas.

Desde fines de los años setenta en nuestro país se tradujeron libros como *Arquitectura para los pobres* (Fathy 1975), *Arquitecturas de adobe* (Bardou & Arzoumanian 1981) y varios de los manuales de CRAterre. Además, algunos organismos del gobierno federal como la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas con apoyo de la Asociación Civil denominada CONESCAL empezaron a proponer proyectos construidos con la técnica del adobe, que es la que mayor nivel de difusión posee en México, y la técnica de los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) que empezaban a desarrollarse de manera experimental.

Pero en realidad, en aquél momento el interés por el tema se limitaba sólo a pequeños grupos

de profesores pertenecientes a instituciones educativas como el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad de Guadalajara, Autogobierno de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco y Xochimilco, que trabajaban generalmente de forma aislada (Guerrero 1994).

La afiliación en los años noventa de algunos profesionales mexicanos a colectivos iberoamericanos como sucedió con las redes Habiterra y PROTERRA, derivadas del programa español CYTED, coadyuvó al intercambio de experiencias en este campo. Aún así, el desarrollo de la investigación y la práctica de la edificación con tierra siguieron estando muy acotadas, en comparación con la dinámica que fue tomando este dominio disciplinar en otros países del continente americano y del resto del mundo.

Afortunadamente, en el caso de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco (UAM-X en adelante), durante los última década se han dado notables avances en la vinculación entre la investigación y la enseñanza de estos procesos, especialmente con relación a la Reutilización del Patrimonio Edificado, campo al que la carrera de arquitectura, desde su fundación, ha dedicado intensos esfuerzos académicos y emprendido múltiples acciones de práctica profesional, estudios de posgrado, difusión y servicio (Guerrero & Soria 2010).

Los profesores vinculados a la docencia de pregrado y posgrado de este campo entienden a la Reutilización como una actividad que busca la preservación del patrimonio edificado a partir de su adaptación funcional mediante la incorporación de componentes constructivos compatibles con su estructura básica.

Desde la perspectiva pedagógica, se ha podido comprobar que este enfoque confiere a los estudiantes una formación innovadora para su futura actuación profesional, pues les ayuda a entender los cambios y permanencias del significado, funcionamiento y trabajo estructural de las obras del pasado, con miras a su adaptación para nuevos fines, práctica que cada vez adquiere mayor impulso en el país, por motivos económicos, ecológicos y culturales.

Bajo esta óptica, el conocimiento de los materiales tradicionales, como es el caso de la tierra en sus diferentes sistemas de aplicación, abre un panorama muy amplio en lo que respecta a la comprensión integral de la lógica constructiva de los edificios y su vinculación con el medio natural y cultural en el que están insertos.

Con estos antecedentes, en 2010 se iniciaron las gestiones para que la UAM-X se integrara a la Cátedra UNESCO “Arquitectura de tierra” a fin de potenciar a nivel internacional las actividades de docencia e investigación que varios profesores han desarrollado por décadas y que, a pesar de su relevancia desde el punto de vista pedagógico, y sobre todo social, no habían recibido la atención que merecían.

En el presente texto se exponen algunos de los preceptos de las actividades que se realizan en el Apoyo de Construcción, asignatura que se imparte en el último año de la carrera de arquitectura, así como diversas experiencias de investigación, servicio social y difusión que convergen con los objetivos de la Cátedra UNESCO, red a la que la UAM-X ingresó en 2012.

2 PROCESO TIPOLÓGICO DE DISEÑO

La arquitectura tradicional, como sucede con otras creaciones artesanales como la cestería, los textiles o la cerámica, se basa en patrones que han servido como guía de diseño colectivo, cuyos resultados finales siempre han sido claramente singulares. Se trata de composiciones estructuradas tipológicamente que han sido heredadas de generación en generación, desde mucho antes de que aparecieran las nociones académicas de la arquitectura, e incluso previas al surgimiento profesionalizado de los arquitectos. Durante milenios las construcciones “mayores y menores” se sustentaron en conceptos tipológicos transmitidos por medio de la tradición.

La mayor parte de la arquitectura del mundo está constituida por obras de pequeñas

proporciones, materializadas con un mínimo de recursos, destinadas principalmente a vivienda y que fueron creadas por sus usuarios a partir del trabajo en comunidad. Estas obras, además de ser magníficas respuestas morfo funcionales a las necesidades locales, encierran en sus rincones rastros de la sabiduría milenaria que es producto de ensayos y errores ancestrales, en un esfuerzo por emplear racionalmente los recursos materiales de cada región, como mecanismo de adaptación al medio ambiente.

La arquitectura tradicional es la expresión tangible de la forma de vivir y entender el mundo de comunidades mantenidas al margen del llamado “progreso”, pero que han satisfecho sus necesidades de manera autónoma y en comunión con su entorno, por lo que son una fuente inigualable de aprendizaje para la arquitectura presente y futura.

Pero ¿cómo pueden los arquitectos actuales, ajenos a la construcción tradicional, relacionarse con ella? Algunas ideas en este sentido fueron propuestas desde los años sesenta por arquitectos italianos como Muratori, Rogers, Aymonino, Argan, Rossi y Caniggia, dentro de la corriente denominada “tipología arquitectónica”, noción que parte de la premisa de que no es posible entender a la arquitectura y el urbanismo desvinculados de su momento histórico y lugar. Por lo tanto no se debería diseñar sin el adecuado conocimiento que permita generar “arquitecturas situadas”, es decir, insertas equilibradamente en su espacio y tiempo. La tipología arquitectónica permite proyectar con premisas claras, bajo unas condiciones tales que el diseño final resulta imprevisto y original (Rossi 1982), pero armónico con su entorno.



Figura 2. Tipología de graneros de tierra y paja característicos del centro de México. (Foto: L. Guerrero)

Se fundamenta en la hipótesis que considera que buena parte de la crisis arquitectónica y urbana de mediados del siglo veinte, tuvo su origen en la ruptura con el pasado y con lo local, además de la consideración de la “singularidad” como un valor primordial del diseño.

La tipología propone un camino que intenta reconectar al diseño presente con el pasado y con su entorno natural y cultural, empleando a la tradición como puente de enlace. Se introduce el concepto de “proceso tipológico”, considerado como una especie de “esencia” de la arquitectura que a pesar de la presencia de lenguajes ajenos a las obras locales, subyace en invariantes formales, funcionales y materiales que se pueden identificar y usar como base para la generación

de espacios adecuados cronotópicamente (Caniggia & Maffei 1995).

La noción de proceso tipológico parte de la comprensión del ambiente como un organismo unitario conformado por componentes limitados por cinco escalas dimensionales que abarcan desde los elementos constructivos, las edificaciones, los tejidos, las áreas urbanas, hasta las estructuras territoriales.

Para comprender el proceso tipológico e intentar insertarse en su devenir, es necesario que los arquitectos se lo “reapropien”. El método de “reapropiación” que propone Gianfranco Caniggia parte del análisis o lectura de su desarrollo local, con el fin de trabajar gradualmente en las cinco escalas dimensionales arriba mencionadas, en una ruta que va de lo general a lo particular, sin que se pierda su visión unitaria.

La segunda etapa de su método es la “determinación intencionada de los últimos pasos del proceso tipológico espontáneo” es decir, el procedimiento de construcción que las comunidades tradicionales usaron a lo largo de la historia. Se sigue un camino alternativo a la “invención” actual, a través de una “reproyección” en la que se proponen intervenciones que respeten las escalas y pasos deducidos del análisis de las formas de apropiación del entorno, que los habitantes locales han realizado espontáneamente.

“Reproyectar” equivale a intervenir en alguna fase del proceso tipológico, rechazando tanto los “catálogos de necesidades” como los “repertorios de formas” que han dado pie a los “antojos” proyectuales que caracterizan la arquitectura globalizada.

El proceso de “reproyección” es inverso al de lectura por lo que se inicia en la escala territorial para llegar hasta la definición de los detalles. Caniggia considera que cada obra es un organismo compuesto por elementos que pueden ser vistos como organismos de escala menor y lógicamente son divisibles en sus propios elementos.

3 APLICACIÓN DEL PROCESO

La arquitectura de tierra es un ejemplo claro de esta visión orgánica del entorno edificado, por lo que desde hace varios años se considera uno de los ejes proyectuales del último año de la carrera de arquitectura (Guerrero 1996), y en la actualidad se implementa en la UAM-X, en el Área de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado.

En la asignatura llamada Apoyo de Construcción se trabaja en áreas rurales o periféricas a la Ciudad de México, de fácil acceso desde la Universidad. Se busca generar propuestas de diseño que resuelvan problemas sociales prioritarios, es asentamientos en los que se conservan evidencias del uso de sistemas constructivos tradicionales, entre los cuales normalmente se encuentran las estructuras de tierra cruda.

Para la labor académica del citado Apoyo se plantean como objetivos generales:

1. Sensibilizar a los estudiantes con respecto a la conservación de la naturaleza, tradición e historia de los emplazamientos existentes, mediante el fomento de la búsqueda de integración de la nueva arquitectura en sitios urbanos y rurales.
2. Propiciar la convergencia del aprendizaje de la teoría, historia, diseño y construcción.
3. Desarrollar la recuperación de los materiales y sistemas constructivos locales que no alteren el equilibrio ecológico de los emplazamientos.
4. Integrarse a los procesos de producción de la arquitectura tradicional mediante la reconstrucción racional de los pasos que la gestaron a lo largo de su historia.
5. Promover la comprensión y uso de la tipología como base epistemológica del diseño.

De esta forma se busca modificar la actitud de los futuros arquitectos con respecto al aprendizaje

de las maneras de resolver los problemas en las comunidades tradicionales, con el fin de intentar romper con la nociva costumbre de imponer en los pueblos vernáculos los esquemas urbanos.

Para cada generación se eligen sitios singulares en los que se puedan desarrollar investigaciones y propuestas desde el nivel regional hasta el de los detalles constructivos. A partir del análisis tipológico que se ha mencionado, los equipos de estudiantes identifican los problemas que habrán de resolver, mediante el empleo de materiales sustentables, entre los que lógicamente destaca la tierra cruda.

Con base en la investigación realizada y la identificación de los problemas de los habitantes en su correlación con el entorno natural y cultural, cada equipo desarrolla tres alternativas de diseño. Intencionalmente se les pide que la primera propuesta sea una traducción prácticamente literal de los resultados del estudio del proceso tipológico.

La segunda propuesta debe tener un mayor grado de libertad de interpretación, tratando de hacer aportaciones constructivas que sean acordes con las necesidades reales de los habitantes. Pero además, se les propone que desplieguen alternativas tecnológicas empleando los materiales naturales locales (tierra, piedra, materiales vegetales). Si por ejemplo en las localidades se construye con adobe, se motiva a los alumnos a que realicen propuestas de empleo de bloques de tierra comprimida, tapial o bajareque, a fin de resolver problemas con sistemas distintos a los originales. Se insiste en que esta segunda propuesta debe evidenciar la época actual en la que se está realizando, y que además cumpla con los requisitos técnicos, funcionales y de confort, dependientes del sitio geográfico en el que se trabaje.

La tercera propuesta debe cumplir también con las condiciones anteriores pero ahora ha de reinterpretar –de la manera más libre que sea posible– los rangos tipológicos analizados, pero obviamente, dentro de sus límites de sustentabilidad.

Como parte del proceso de trabajo de campo, los estudiantes llevan a la universidad diferentes tipos de tierras de las localidades y dentro del Laboratorio de Materiales realizan pruebas de caracterización tales como sedimentación en agua, retracción volumétrica, retracción lineal y tamizado mecánico. Posteriormente modifican las condiciones naturales de los suelos con los que están trabajando a fin de estabilizarlos con fibras vegetales, mucílagos, cal, puzolanas, cemento, u otros materiales disponibles.



Figura 3. Maquetas de adobes a escala desarrolladas por los estudiantes. (Foto: L. Guerrero)

En semanas posteriores, los equipos de estudiantes construyen maquetas a escala 1:50 o 1:25 de algunos detalles constructivos de sus proyectos y finalmente, realizan elementos constructivos a escala natural de las diferentes técnicas constructivas que se utilizan en México (adobe, bajareque,

tapial, cob, Bloques de Tierra Comprimida, tierra vertida). Como parte del proceso de evaluación material se realizan pruebas de resistencia a la compresión para conocer el comportamiento estructural de los elementos que edificaron. De esta forma se adquiere una vivencia que incorpora la teoría y la práctica de la edificación con tierra.

4 DOCENCIA E INVESTIGACIÓN EN EL MARCO DE LA CÁTEDRA UNESCO

Como se mencionó líneas arriba, la Cátedra UNESCO “Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible”, se generó a fines de la década de los noventa en la École Nationale Supérieure d’Architecture de Grenoble (ENSAG), con el impulso del Centre International de la Construction en Terre (CRATERRE).

Su propósito esencial consiste en acelerar la difusión dentro de la comunidad internacional de conocimientos científicos y técnicos sobre arquitectura de tierra a partir de dos ejes principales: el patrimonio arquitectónico de tierra (conservación, gestión y valorización) y los asentamientos humanos (ecohábitat y desarrollo sostenible situado).

Sobre esta base, la Cátedra busca favorecer el desarrollo de polos regionales y subregionales de generación y docencia de conocimientos, soportados por las instituciones que colaboran en la red, de manera que en el corto y mediano plazo implementen actividades científicas y aplicadas, de investigación y desarrollo, así como de difusión a todo nivel. Se impulsa la colaboración para insertar dichas actividades a cursos de formación profesional, de formación especializada, de maestría y doctorado (www.craterre.org/enseignement:chaire-unesco/?new_lang=fr_FR).

La Cátedra se estableció en 1998 con ocho entidades, luego de once años la red se amplió a veintisiete instituciones y actualmente agrupa a cuarenta y tres organismos (casi todos universitarios, pero también profesionales), situados en veintidós países de cuatro continentes, a saber: Angola, África del Sur, Argentina, Brasil, Camerún, Colombia, Corea del Sur, Chile, China, España, Francia, India, Irán, Italia, Marruecos, México, Nigeria, Perú, Portugal, República Democrática del Congo, Uganda y Uruguay.

El impacto de las actividades de la Cátedra UNESCO y la red Unitwin, se evidencia en contribuciones en el campo del desarrollo local sostenible, mediante la valorización de la diversidad cultural y los recursos naturales locales, así como en la lucha contra la pobreza a través de la educación, capacitación y acceso al hábitat. (Guerrero et al. 2010)

Estas acciones además de generar conciencia en las jóvenes generaciones, propician el desarrollo de investigaciones colectivas relacionadas con el aprovechamiento sustentable del entorno natural, de manera que se preserve la sabiduría generada en el pasado como un recurso cultural tendiente a elevar la calidad de vida de las generaciones futuras.

En concordancia con estos principios generales, en mayo del 2009 se planteó ante el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) dependiente de la SEP, un proyecto de investigación vinculado con la conformación de Redes Temáticas de Investigación, con la participación de tres instituciones académicas: la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, la Universidad Autónoma de Tamaulipas en Tampico y la Universidad Autónoma de Nuevo León. El nombre que se le dio al proyecto fue “Desarrollo de materiales y técnicas de construcción de bajo impacto ambiental para el diseño arquitectónico y la conservación del patrimonio edificado” y tuvo como una de sus líneas troncales la edificación con tierra, ámbito en que las tres instituciones habían desarrollado estudios aisladamente.

Gracias a este marco institucional se han generado diversas actividades de investigación centradas en la estabilización de suelos e incrementos en su capacidad de carga y resistencia a la humedad, principales limitaciones de las obras de tierra (Guerrero et al. 2011).

Para el desarrollo de estas investigaciones se contó con el apoyo de alumnos de servicio social de la carrera de arquitectura y los resultados han sido presentados en diversos foros académicos

nacionales y extranjeros. Además, han sido publicados en las memorias de dichos eventos así como en revistas de circulación internacional (Roux & Guerrero 2011). Como parte del proyecto de investigación referido, se solicitaron recursos para construir un prototipo experimental de tierra, con capacidad para edificarse en varias etapas, y pensado para servir a la Universidad como "Salón de Usos Múltiples" (Soria et al. 2011).

La Rectoría de la Unidad autorizó el emplazamiento del prototipo en terrenos de la Universidad situados en "Las Ánimas", Tulyehualco. En el diseño y supervisión de obra participaron alumnos de servicio social y se buscaba poner en práctica tres sistemas constructivos: Bloques de tierra comprimida, tapia pisada y Hormigón de Tierra Estabilizada. A principios del 2013 el Arq. Mario Larrondo se integró en la obra y gracias al apoyo económico adicional de la institución, se pudo concluir en septiembre del mismo año.

Finalmente, como una respuesta adicional a los compromisos establecidos con la Cátedra UNESCO con la firma del convenio por parte de la UAM-Xochimilco en 2012, además de las acciones de docencia e investigación referidas, se realizan prácticas de difusión en eventos anuales llamados "Seminario-Taller Tecnologías Alternativas de Construcción y Reutilización Arquitectónica (TACRA)".

Se trata de reuniones en las que los profesores que conforman el Área de Investigación y Cuerpo Académico de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado de la División de CYAD presentan ponencias y dirigen actividades de edificación con tierra a grupos de alumnos de la carrera de arquitectura. Además, en los talleres TACRA se invita a profesores, investigadores y constructores externos a la UAM a que compartan sus experiencias y que coordinen algunas prácticas del taller.

5 CONCLUSIONES

Con la experiencia de los años de aplicación de la metodología de análisis y síntesis tipológica de obras vernáculas en proyectos arquitectónicos contemporáneos, se ha hecho evidente el avance en la conciencia que los estudiantes adquieren acerca de la importancia que tiene la preservación y salvaguarda de la arquitectura tradicional.

Los arquitectos contemporáneos pueden participar en la conservación de los sistemas constructivos tradicionales mediante dos tipos de labores. Primero reconociendo los valores de la arquitectura vernácula y teniendo la humildad para aprender de ellos.

Hassan Fathy (1975) escribió que "El arquitecto debe respetar la obra de sus predecesores y la sensibilidad pública, no utilizando sus obras como medio de publicidad personal. De hecho ningún arquitecto puede evitar el uso de las obras de los arquitectos que le precedieron; por más que se esfuerce en ser original, la mayor parte de su obra estará en una tradición y otra. ¿Por qué, entonces, despreciar la tradición de su propio país o distrito?"

Como se ha podido constatar, la dificultad del aprendizaje para personas ajenas a las comunidades locales por no compartir su cultura, puede, ser suplida en cierta medida, mediante el análisis y síntesis de sus características tipológicas.

Es necesario extraer y estudiar los rasgos generales de la arquitectura, buscando una estructura lógica que apoye la enseñanza, no solamente de las soluciones particulares, sino principalmente de la manera y razones que apoyaron tales soluciones.

En esta línea de pensamiento, la incorporación de conocimientos sobre arquitectura de tierra como eje de la currícula del Apoyo de Construcción que se imparte en el undécimo trimestre de la carrera de arquitectura, abre un amplio abanico de oportunidades. Se generan conocimientos para mejorar la calidad de vida de la sociedad al tiempo que se propicia la conservación del patrimonio edificado, del entorno natural y se aprenden lecciones generadas en la antigüedad.

Además, se sensibiliza a los estudiantes sobre la necesidad de analizar el contexto en el que se diseña para actuar de manera armónica con las preexistencias (Rogers 1965). Finalmente, se llevan a práctica procesos en los que los alumnos construyen su propio conocimiento a partir de la ejecución material de diversos sistemas constructivos que están a su alcance.



Figura 4. Estudiantes construyendo con tierra en el Laboratorio de Materiales de la UAM-X. (Foto: L. Guerrero)

Estas acciones permitirán la modificación en la actitud de los futuros arquitectos con respecto al diseño de obras nuevas en sitios tradicionales e históricos así como con relación a cualquier emplazamiento natural o artificial en que proyecten. Con esta serie de trabajos en los que se vincula la generación de conocimientos de la arquitectura tradicional construida con tierra, con el diseño y la divulgación, se contribuye en el mejoramiento de los procesos teórico-prácticos de enseñanza aprendizaje y en el avance epistémico en esta materia, en concordancia con los objetivos de la Cátedra UNESCO “Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible”, de la que orgullosamente nuestra Universidad forma parte.

REFERENCIAS

- Bardou, P. & Arzoumanian, V. 1981. *Arquitecturas de adobe*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Caniggia, G. & Maffei, G.L. 1995. *Tipología de la edificación. Estructura del espacio antrópico*. Madrid: Celeste.
- Craterre, 2015. Available online at [www.craterre.org/enseignement:chaire-unesco/?new_lang=fr_FR.]
- Fathy, H. 1975. *Arquitectura para los pobres*. México D.F.: Extemporáneos.
- Guerrero, L. 1994. *Arquitectura de tierra en México*. México D.F.: UAM-Azcapotzalco.
- Guerrero, L. 1996. La vivienda tradicional en los valles altos de Morelos. Una aproximación tipológica. *Estudios de tipología arquitectónica 1996*. México D.F.: UAM-Azcapotzalco, (2):145-169.
- Guerrero, Luis; Roux R. & Aranda, Y. 2010. Arquitectos de tierra, hacia una nueva formación de la arquitectura en México. In *TerraEducation 2010*: 110-116. Grenoble: CRAterre.
- Guerrero, L.; Roux R. & Soria, F.J. 2011. Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. *Palapa*. Colima: Universidad de Colima, V-1(10): 45-58.
- Rogers, E. N. 1965. *Experiencia de la arquitectura*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Rossi, A. 1982. *La arquitectura de la ciudad*. Barcelona: Gustavo Gili.

Roux, R. & Guerrero, L. 2011. Resistencia a la humedad de bloques de tierra comprimida estabilizados con cemento y con cal. In *Proceedings EARTHUSA2011*: 200-209. Albuquerque: EARTHUSA.

Soria, F.J. & Guerrero, L. 2010. La arquitectura de tierra en la enseñanza del diseño y la reutilización arquitectónica en la UAM-Xochimilco, México. In *TerraEducation 2010*: 137-146. Grenoble: CRAterre.

Soria, F.J., Guerrero L. & Roux, R. 2011. Investigación interuniversitaria sobre construcción alternativa con tierra en México. *Construcción con tierra, tecnología y arquitectura*: 229-240. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Comportamiento Térmico de un Módulo Experimental Construido con Tierra Vertida Compactada en la Ciudad de México

Luis Guerrero

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Departamento de Tecnología y Producción. Col. Villa Quietud, Coyoacán, México

luisfg1960@yahoo.es

Francisco Javier Soria

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Departamento de Tecnología y Producción. Col. Villa Quietud, Coyoacán, México

fjsl_62@hotmail.com

José Roberto García

Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Departamento de Medio Ambiente Azcapotzalco, Reynosa Tamaulipas, México

joserobertogsol@gmail.com

Francisco Fernández

Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Azcapotzalco, Reynosa Tamaulipas, México

Pancheiro181@hotmail.com

ABSTRACT: The objective of this paper is to present the results of the comparison of the thermal performance of an experimental prototype built with Compacted Poured Earth (CPE) and a test prototype built with conventional industrialized construction materials, used as a reference. The methodology involved a monitoring process through 45 consecutive days during a representative underheating period in the location. The results showed that the CPE module, with higher thermal mass, has a similar time lag relative to the reference prototype and a decrement factor of 1.05 relative to the outside temperature during a representative 24 hours daily analysis. The results are highly promising because in addition to bring out the potential of CPE for thermal performance, it offers also inferior cost and low environmental impact.

Keywords: Earthen architecture, bioclimatic analysis, sustainability, poured earth.

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo la difusión de los resultados de la comparación del comportamiento térmico de un módulo experimental edificado mediante la técnica de la Tierra Vertida Compactada (TVC) y un prototipo construido con materiales industrializados convencionales, para usarse como referencia. La metodología implementada en esta investigación consistió en un período de monitoreo durante 45 días consecutivos en un período representativo de bajo calentamiento en el lugar. Los resultados indicaron que el módulo de TVC, con mayor masa térmica, presentó un tiempo de retardo similar al prototipo de referencia y un factor de decremento de 1.05, con respecto a la temperatura exterior, durante un análisis representativo diario de 24 horas. Los resultados son altamente prometedores ya que, además de mostrar el adecuado desempeño térmico del sistema de TVC, se trata de una técnica notablemente económica y con muy bajo impacto ambiental.

Palabras clave: Arquitectura de tierra, análisis bioclimático, comportamiento térmico, sostenibilidad, tierra vertida.

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de las diversas técnicas de construcción térrea desarrolladas en México a lo largo de la historia, la tierra modelada y compactada en estado plástico, ha sido de las menos estudiadas. Este sistema permitió la edificación de grandes conjuntos en la época prehispánica como las llamadas “Casas en acantilado” que se localizan en las laderas montañosas que se extienden desde el norte del país, hasta New Mexico y Colorado en los Estados Unidos (Gamboa & Guerrero 2013). Igualmente, la ciudad de Paquimé, localizada muy cerca de la frontera entre ambos países y que forma parte de la Lista de Patrimonio Cultural de la Humanidad por su singularidad constructiva, fue realizada con tierra en estado plástico compactada manualmente.



Figura 1. Ruinas prehispánicas en Sirupa, Chihuahua, México (Foto: L. Guerrero)

Sin embargo, a partir de la conquista española del siglo XVI, esta técnica constructiva de origen ancestral fue desplazada por el empleo del adobe que se volvió el sistema de edificación de mayor predominio y trascendencia en el país.

Con el interés de recuperar y mejorar la técnica de tierra modelada, en la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco desde el 2009 se están llevando a cabo experimentos para caracterizar la resistencia y comportamiento higrotérmico de su aplicación en muros.

En este proceso, durante el último año se han desarrollado alternativas del sistema constructivo de la tierra modelada en estado plástico, pero, estabilizándola con cantidades moderadas de cemento o de cal en combinación con puzolanas.

Por otra parte, se han experimentado diferentes medios para incrementar la velocidad de ejecución y la calidad de edificación a partir del desarrollo de procedimientos de encofrado y compactación tendientes a utilizar la tierra con el mínimo de agua necesaria para conformar muros de manera similar al hormigón convencional de cemento.

Con el fin de poner en práctica la realización de un espacio habitable, que contara con medidas similares a las de los locales que conforman la arquitectura doméstica que se produce de manera masiva en México y para la que se suelen utilizar materiales de origen industrial –altamente contaminantes y consumidores de energía– el presente año se edificó un módulo experimental de 2.4m x 2.4m x 2.4m como dimensiones interiores. Su materialización permitió documentar el procedimiento constructivo así como monitorear mediante dataloggers su comportamiento higrotérmico, en comparación con un módulo de control construido en el mismo sitio y con idénticas condiciones de orientación, pero con muros realizados con paneles convencionales prefabricados con malla metálica, espuma de poliestireno y recubiertos de hormigón.

2 TIERRA VERTIDA COMPACTADA

La mayoría de los procesos constructivos que utilizan tierra confinada en estado plástico (tierra

vertida, suelo-cemento, *cast earth*, *poured earth*, H.T.E., *terre coulée*, etc.) se caracterizan por emplear cemento o yeso como estabilizante y, por aplicar la lógica constructiva del hormigón convencional con grandes moldes deslizables y sistemas mecánicos de mezclado y bombeo. Tales condiciones obedecen al hecho de que estas técnicas se realizan principalmente en países con alto desarrollo tecnológico, mano de obra costosa y ubicados en zonas débilmente sísmicas (Roux & Guerrero 2011).

En la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, se han realizado ensayos y prototipos, tendientes a ampliar la aplicabilidad de la tecnología de la tierra vertida a las condiciones socio económicas de los países emergentes (Figura 2). Para tal efecto, se ha partido de la idea central de recuperar y combinar la sabiduría de la construcción tradicional con las técnicas de *cob*, adobe y tapia, pero empleando como materia prima tierra arenosa estabilizada con pequeñas proporciones de cemento o de cal aérea, combinada con materiales puzolánicos (Soria et al. 2011).

La premisa parte de no considerar a los muros de tierra vertida como estructuras monolíticas sino como mamposterías de grandes bloques, procurando que en su diseño estructural desarrollen respuestas flexibles ante sismos. Además, se pretende construir con encofrados pequeños y ligeros, fácilmente desplazables por operarios poco tecnificados así como por auto-constructores. Finalmente, se busca contar con componentes constructivos de tierra que se puedan desmoldar en poco tiempo para desarrollar edificaciones que resulten competitivas con las que se realizan con tecnologías convencionales basadas en el empleo de materiales de origen industrializado.



Figura 2. Construcción de una casa de TVC diseñada por la Arq. Alejandra Caballero. Tlaxcala, México. (Foto: L. Guerrero)

Los componentes constructivos que se han experimentado se realizan llenando los encofrados por capas de tierra arenosa estabilizada con cemento o cal y mezclada con un 25 a 30 % de agua, que se van apisonando paulatinamente.

Con esta condición hídrica que casi duplica la necesaria para elaborar Bloques de Tierra Comprimida (BTC) o muros de tapia, no es posible lograr altos niveles de compactación pero en cambio, con muy poco esfuerzo físico se distribuye el material de manera que se adhiera apropiadamente en las capas que lo conforman como bloques monolíticos.

Los resultados que se presentan en este texto son muy prometedores pues se han obtenido elementos constructivos que están listos para desmoldarse en 40 minutos, con lo que se agiliza notablemente el proceso constructivo.

Además, en diversas pruebas de laboratorio que se han desarrollado, se ha podido verificar que con proporciones de materiales estabilizantes puzolánicos inferiores al 10% en peso seco, es posible incrementar la resistencia a la humedad y la compresión simple de los componentes constructivos en más de 40 % con respecto a la tierra sin estabilizar (Guerrero et al. 2011).

Es importante hacer notar que se decidió trabajar con una cantidad de agua relativamente baja para la realización de las mezclas debido a que las dos vías de aplicación que se tienen previstas para el uso de la tierra vertida requieren que este material esté lo más seco posible.

Por una parte se considera que este material puede ser de gran utilidad para la elaboración de muros o componentes estructurales de viviendas realizadas en forma masiva, pero además se espera poder emplear este sistema como medio para la reparación de estructuras históricas de tierra que hayan perdido su unidad.

3 EL MÓDULO EXPERIMENTAL

Con estos antecedentes técnico constructivos, se tomó la decisión de edificar un módulo en una zona experimental que se localiza al norte de la Ciudad de México, en la cual desde hace varios años se han venido desarrollando diferentes análisis comparativos sobre estrategias bioclimáticas (García Chávez J.R., Fernández, F. 2013), la mayoría de los cuales han servido como base para estudios de maestría y doctorado dentro de la línea de Arquitectura Bioclimática de la U.A.M. Azcapotzalco.

Estos estudios se basan en la comparación de diferentes estrategias de control bioclimático, que se instalan en módulos experimentales que han ido siendo edificados paulatinamente en el mismo terreno y con similares condiciones de orientación solar y relación con los vientos dominantes. Estos módulos experimentales tienen una geometría cúbica de 2.4 m de largo, ancho y alto interiores y con ventanas idénticas de 1.2 m de lado, localizadas una en cada muro y orientados en las orientaciones solares o geográficas Norte, Este, Sur y Oeste. Se construyeron previendo que quedaran a una distancia obtenida a partir de un cuidadoso estudio de asoleamiento, para evitar que presentaran patrones de auto-sombreado entre sí, que pudieran arrojar resultados no confiables. Por lo tanto, todos cuentan con una exposición solar idéntica (Figura 3).

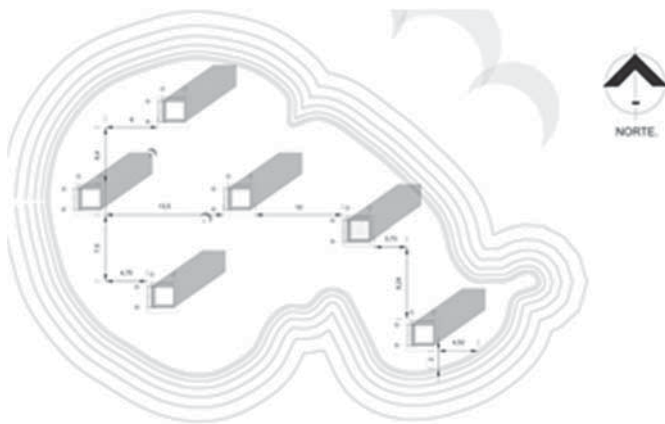


Figura 3. Análisis de asoleamiento. (Dibujo: F. Fernández)

El sistema constructivo, con muros y cubierta prefabricadas, y revestimientos exteriores e interiores de cemento-arena, se mantuvo constante en los primeros cuatro módulos que se edificaron (Figura 4), con el fin de desarrollar experimentos de diversas estrategias bioclimáticas que han sido evaluadas para lograr climatización natural y condiciones de confort higrotérmico.

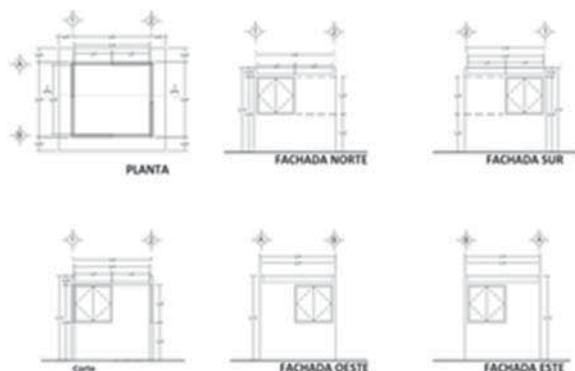


Figura 4. Vistas de las fachadas de los prototipos experimentales. (Dibujo. F. Fernández)

El procedimiento constructivo empleado para el módulo experimental de TVC se asentó sobre una placa de cimentación de hormigón, con planta cuadrada de 3.6m de lado y 15 cm de espesor, reforzada con malla electrosoldada y varillas de acero, similar a la utilizada en los cuatro módulos previamente construidos y evaluados.

Sobre ella se trazaron los cuatro muros de 13 cm de ancho para ser revocados y pintados de manera similar al resto de los módulos del conjunto. Se diseñaron encofrados de madera contrachapada tipo “triplay” de 13mm de espesor, 0.6 m de altura y 1.2 m de longitud, conformando la esquina de pares de muros para darle rigidez al montaje.

Los encofrados se sujetaron a la cimentación verificando los plomos y niveles así como la separación constante del interior (Figura 5). Dada la esbeltez de los muros se colocaron en las esquinas refuerzos ante posibles sollicitaciones sísmicas hechos con malla electrosoldada (10 x 10 cm) doblada en ángulo con caras de 30 cm en cada lado, a todo lo alto del módulo para quedar ahogada por la mezcla de tierra vertida.



Figura 5. Armado del encofrado para cerrar la primera hilada. (Foto: L. Guerrero)

Paralelamente a este proceso se realizaba la preparación del suelo natural que se había extraído previamente del propio terreno. Se trataba de un suelo arenoso de color café grisáceo al cual se le agregó 12% en volumen de cal aérea y 8% de cemento. Una vez que se mezcló perfectamente en seco se le agregó lentamente agua hasta completar 25% del volumen de la tierra con lo que consiguió tener un mortero notablemente denso.

Esta mezcla se fue vertiendo dentro del encofrado por capas de 10 cm que se apisonaban con piones de madera de base cuadrada de 10cm de lado, hasta que se llenaba completamente el encofrado (Figura 5). Una hora después ya era posible desmoldar y empezar a recolocar el encofrado en la esquina opuesta de manera que el proceso se realizaba con notable rapidez.

Como se mencionó líneas arriba, cada módulo posee una ventana de forma cuadrada a la mitad de la altura del muro, por lo que los tramos de la tercera y cuarta hilada tuvieron que ser edificados con secciones adaptadas de los encofrados de las dos hiladas inferiores, además de requerir anclajes especiales al terreno para controlar su verticalidad y espesor.

Finalmente, el techo y los pretiles se construyeron de mismo modo que el resto de los módulos que conforman el conjunto experimental, es decir, con paneles prefabricados, hechos con mallas metálicas rellenas de espuma de poliestireno y recubiertas con morteros de cemento arena. Esta misma mezcla se empleó para revocar los muros de TVC por dentro y por fuera cuyas superficies finalmente fueron pintadas a la cal (Figura 6), de manera que la única variable con respecto al resto de los módulos fuera el núcleo de los muros.



Figura 6. Vista del encalado final del módulo de TVC y al fondo a la derecha el módulo de control. (Foto: L. Guerrero)

4 MASA TÉRMICA

La masa térmica de un material es una propiedad que puede utilizarse con ventajas importantes en la arquitectura. La masa térmica es la propiedad que posee un material para almacenar energía absorbida del sol y emitirla en función del tiempo. Sus propiedades se determinan en relación a su calor específico (kJ/kg.K), que es la cantidad de calor que se requiere para incrementar 1 kg de material en 1 K, y de su densidad (kg/m^3).

La masa térmica de un material se mide por su capacidad térmica volumétrica ($\text{kJ/m}^3.\text{K}$), que a su vez determina la cantidad de energía térmica almacenada por unidad de volumen del material (m^3) por cada incremento de temperatura de 1 K. Los materiales más adecuados por su masa térmica son generalmente los que tienen mayor densidad, con la propiedad de almacenar grandes cantidades de energía térmica para proporcionar calor durante los períodos de bajo calentamiento y fresca durante los períodos de sobrecalentamiento.

5 MONITOREO DE COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO DEL MÓDULO DE TVC

Una vez que el módulo experimental construido con tierra vertida y compactada fue concluido en su totalidad, incluyendo la instalación de ventanas y la incorporación de pintura de cal idéntica a la del módulo de control, se procedió a instalar los sensores tanto en su interior en las diversas superficies internas, en muros oeste y sur y en el plafón y en al centro de los módulos. Las mediciones, realizadas durante cuarenta y cinco días consecutivos, en el período representativo de bajo calentamiento del lugar, incluyeron la temperatura de las superficies interiores y la temperatura ambiente al centro del espacio experimental, que se complementó con el registro de la humedad relativa el ambiente interior. Simultáneamente con este monitoreo, se realizó el registro de las variables ambientales en una estación meteorológica a pocos metros del área de experimentación. En la Figura 7 se ilustran los resultados obtenidos del monitoreo.

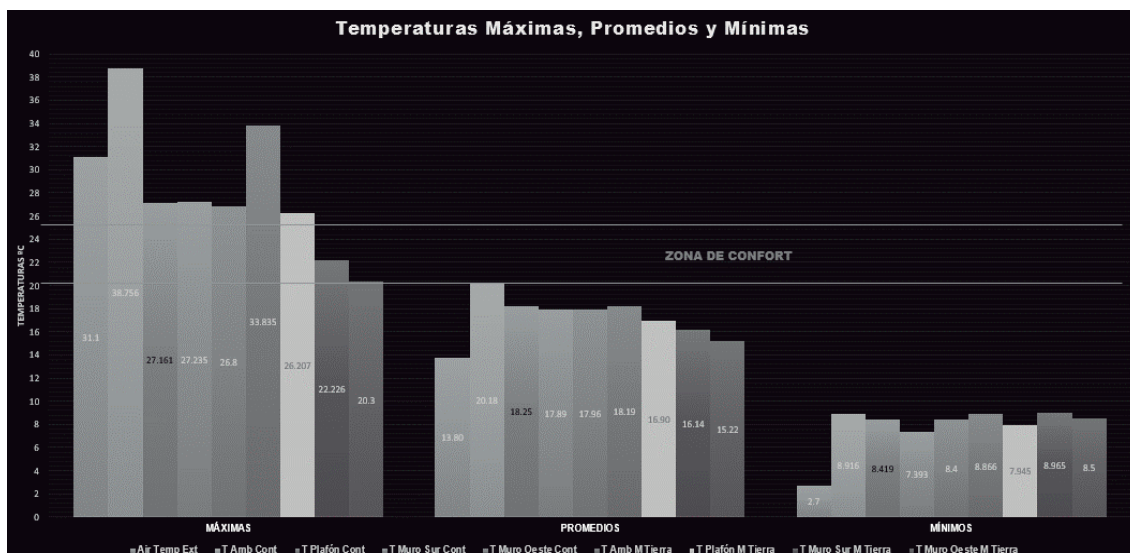


Figura 7. Resultados del monitoreo de los módulos de referencia y TVC durante el período de prueba

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos indican que las temperaturas máximas del módulo de TVC es 4.92 K menor que las que se presentan en el módulo de control, lo cual es debido al mejor comportamiento térmico del módulo de TVC. Con respecto a la temperatura máxima del exterior (31.3 °C), el módulo de control y el de TVC son 7.656 K y 2.735 K más elevados, respectivamente y en ambos casos están fuera del límite superior de la zona de confort establecida para este trabajo.

Esto indica que la temperatura máxima es mayor en el módulo de control 4.921 K. Por lo que respecta a las temperaturas superficiales del módulo de control y el de TVC, las temperaturas están dentro de la zona de confort. Por lo que respecta a las temperaturas promedio y mínimas, en ambos módulos, están bajo el límite inferior de la zona de confort, pero la temperatura ambiente promedio del módulo de TVC está más cercana al límite inferior de confort que la del módulo de control. Una situación similar se presenta en el caso de las temperaturas mínimas.

En resumen, el módulo de TVC presentó un comportamiento térmico ligeramente mejor en comparación con el módulo de control. Sin embargo, por tratarse de un sistema constructivo apropiado con materiales y mano de obra de bajo costo, el módulo de TVC resultaría una alternativa bioclimática más conveniente y con un menor impacto ambiental, por usar materiales locales de bajo costo y una tecnología apropiada a las condiciones socio económicas del lugar.

Con base en los resultados obtenidos, el material de TVC presentó características de buena masa térmica y sus propiedades térmicas fueron ligeramente mejores que el módulo de referencia, construido con un sistema constructivo convencional de origen industrial.

Por lo tanto, los resultados obtenidos del análisis comparativo son muy alentadores debido a que, además de propiciar la disminución del consumo de materiales industrializados y la consecuente reducción del impacto ambiental, se pueden obtener condiciones de confort higrotérmico, equivalentes a las del módulo de referencia, que fue edificado con mallas de metal, espuma de poliestireno y recubrimiento de cemento-arena, materiales que tienen una huella ecológica y un impacto ambiental más nocivo. Paralelamente se ha demostrado la posibilidad del empleo de muros portantes realizados con la técnica de tierra vertida con espesores de 15cm como los que se manejan en la mayor parte de la edificación masiva de vivienda en México, con lo que se podría avanzar en el desarrollo de sistemas notablemente más económicos que los de origen industrializado y potencialmente viables para ser aplicados en la autoconstrucción asistida.

7 CONCLUSIONES

A partir de los resultados del proceso constructivo desarrollado y de la evaluación de su comportamiento térmico, es posible concluir que se trata de una tecnología con un alto potencial de adaptación para su implementación masiva en las condiciones técnicas y climatológicas de la Ciudad de México. Además, el local de geometría cúbica de 2.4m de lado fue concluido en su totalidad en una semana, incluyendo su recubrimiento y pintura por un albañil y un ayudante.

La tierra que se utilizó para la edificación se extrajo directamente del propio sitio por lo que no hubo ningún gasto económico ni impacto ambiental en su transformación en material constructivo. Los volúmenes de material se redujeron al mínimo necesario para dar estabilidad al local con lo que se demostró que es posible utilizar la técnica constructiva propuesta, en la edificación de muros de 15cm de espesor, como los que se utilizan en la edificación masiva de la Ciudad de México. De este modo se logra una reducción substancial en los costos derivados de los materiales para muros. Cabe mencionar que durante el proceso constructivo y pocas semanas después de la edificación, el sitio fue sacudido por dos sismos de regular intensidad (6.3 y 5.8 grados Richter respectivamente) sin que el módulo experimental de TVC presentara daño alguno en su estructura.

Por otra parte, la sencillez del sistema constructivo y su similitud con la forma de trabajo con la que de manera masiva se construye en México con hormigón de cemento, permiten prever una sencilla transferencia de la tecnología constructiva tanto a albañiles como a autoconstructores, que en el país conforman el más alto porcentaje de agentes vinculados a la producción de vivienda de escasos recursos económicos.

REFERENCIAS

- Fathy, H. 1975. *Arquitectura para los pobres*. México D.F.: Extemporáneos.
- Gamboa, E. & Guerrero, L. 2013. Condicionantes para la puesta en valor de las casas en acantilado de la Sierra de Chihuahua, México. *digitAR - Revista Digital de Arqueología, Arquitectura e Artes*. Coimbra: Universidade de Coimbra, (1): 5-13.
- García Chávez, J. R., Fernández, F. Application of Combined Passive Cooling and Passive Heating Techniques to Achieve Thermal Comfort in a Hot Dry Climate. Elsevier 2013 ISES Solar World Congress Energy Procedia. November, 2013.
- Guerrero, L. 1994. *Arquitectura de tierra en México*. México D.F.: UAM-Azcapotzalco.
- Guerrero, L.; Roux R. & Soria, F.J. 2011. Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. *Palapa*. Colima: Universidad de Colima, V-1(10): 45-58.
- Rogers, E. N. 1965. *Experiencia de la arquitectura*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Rossi, A. 1982. *La arquitectura de la ciudad*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Roux, R. & Guerrero, L. 2011. Resistencia a la humedad de bloques de tierra comprimida estabilizados con cemento y con cal. In *Proceedings EARTHUSA2011:200-209*. Albuquerque: EARTHUSA.
- Roux, R. & Guerrero, L. 2012. Estudio comparativo de Bloques de Tierra Comprimida estabilizados con cal y con cemento. *Construcción con Tierra*. Buenos Aires: UBA. (5): 83-92.
- Soria, F.J., Guerrero L. & Roux, R. 2011. Investigación interuniversitaria sobre construcción alternativa con tierra en México. *Construcción con tierra, tecnología y arquitectura*: 229-240. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Proposta de método de ensaio para determinação do módulo de deformação de adobes

Obede Borges Faria

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Bauru-SP, Brasil / Rede Ibero-Americana PROTERRA / Rede TerraBrasil.

obede.faria@gmail.com

Célia Neves

Rede Ibero-Americana PROTERRA / Rede TerraBrasil

cneves2012@gmail.com

Eduardo da Silva Pinto

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura Artes e Comunicação, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Bauru-SP, Brasil

falecom_edu@hotmail.com

ABSTRACT: Elasticity modulus of adobe - sun dried earth blocks - is an indispensable parameter to the study of the walls structural stability by the finite element method. The proposed method is based on the established procedure by the Brazilian Standard ABNT NBR 8522:2008. To evaluate this method, soils with clay content ranging 20% to 52% were used, according to the methodology approved by the Ibero-American Network on Earthen Architecture and Construction - PROTERRA, which were characterized by: *bulk density, linear shrinkage, hygroscopic moisture content, water absorption, compressive strength and modulus of elasticity* (this last one according to the proposed method). The results are compared with those obtained by other authors, who used different and more complex methods, and indicate the validity of the proposed method. Its application by other laboratories will be important to evaluate the reproducibility of the results and its adoption as a technical standard.

Keywords: adobe, modulus of elasticity, testing method.

RESUMO: O módulo de deformação de adobes – blocos de terra, secos ao sol – é um parâmetro indispensável ao estudo da estabilidade estrutural de paredes pelo método dos elementos finitos. O método proposto é fundamentado no procedimento estabelecido na norma brasileira *ABNT NBR 8522:2008*. Para avaliação deste método, usaram-se solos com teores de argila variando entre 20% e 52% para produzir adobes, de acordo com a metodologia aprovada pela Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra - PROTERRA, os quais foram caracterizados por: *massa específica aparente, retração linear, teor de umidade higroscópica, absorção de água, resistência à compressão e módulo de elasticidade*, este último de acordo com o método proposto. Os resultados são comparados com os obtidos por outros autores, que utilizaram métodos diferentes e mais complexos, e apontam para a validade do método proposto, sendo importante sua aplicação em outros laboratórios, para avaliação da reprodutibilidade dos resultados e aprovação como norma técnica.

Palavras chave: adobe, módulo de deformação, método de ensaio.

1 INTRODUÇÃO

As técnicas de construção com terra estão presentes em todos os continentes, exceto as calotas polares, desde os primórdios da civilização. Os materiais de construção produzidos com algumas destas técnicas podem ser considerados como os primeiros manufaturados pelo homem (McHenry Jr, 1989). No Brasil, algumas destas técnicas foram introduzidas no início do Século

XVI, com a descoberta e colonização do território pelos portugueses. São elas: o *adobe* (tijolo de solo areno-argiloso, seco ao sol), a *taipa* (parede monolítica de solo arenoso pouco argiloso, compactado em camadas no interior de formas móveis de madeira) e o *pau a pique* (solo argiloso alojado em camadas, em um entramado de madeiras).

Recentemente, em especial nos anos 70-80, e com a popularização do uso do cimento Portland na construção civil, outra técnica de construção com terra foi incentivada no Brasil, os *blocos de terra comprimida* (BTC) estabilizados com cimento. Para estes, encontram-se normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), elaboradas nos anos 80 com apoio da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), dentre outras instituições, e revisadas em 2012. No entanto, não existem normas técnicas brasileiras para as primeiras três técnicas de construção com terra. Em outros países existem algumas normas técnicas, no entanto, com algumas deficiências ou com particularidades que não se aplicariam ao Brasil, a exemplo de uma norma peruana (NTE E.80, 2000).

Silveira et al. (2012), destacando a escassez de normas técnicas para a caracterização mecânica de adobes, além da norma peruana, citam três normas da Nova Zelândia e um guia de referência da Austrália, porém, por deficiências destas normas e limitações do laboratório, em seu trabalho não foi possível seguir todas as recomendações e adotaram adaptações de uma recomendação técnica RILEM (International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures) para concreto. Estes autores cortaram corpos de prova de adobes oriundos de construções antigas, da região de Aveiro, Portugal, com comprimento de 45 cm, largura de 20 a 30 cm e altura de 12 cm, não informando a composição granulométrica dos solos. Realizaram os ensaios de determinação da resistência à compressão em corpos de prova cúbicos (arestas correspondentes à menor dimensão dos adobes) e do módulo de elasticidade em corpos de prova cilíndricos, com diâmetro entre 80 e 90 mm e índice de esbeltez $\lambda = 2$, avançando o dispositivo de aplicação da carga (prato da máquina de ensaio) à razão de 1 a 2 mm/min. A deformação específica (ϵ) foi estimada, porque não foram instalados extensômetros nos corpos de prova, mas considerado o deslocamento do prato da máquina.

Silveira et al. (2013), supondo a possibilidade de influência do método de ensaio (inclusive forma e dimensões dos corpos de prova) nos resultados de caracterização mecânica de adobes, trabalharam com os mesmos materiais de Silveira et al. (2012), realizando os seguintes ensaios: compressão simples (para resistência à compressão e módulo de elasticidade) em cilindros com diâmetro variando entre 78 e 93 mm (dependendo das dimensões dos adobes disponíveis); compressão simples (para resistência à compressão) em cubos; e, flexão simples (para módulo de ruptura na flexão) em adobes inteiros. As deformações nos cilindros foram medidas com transdutores de deslocamento retilíneo de 50 mm (marca *Gefran PZ12*). O número de corpos de prova por amostra variou entre 4 e 16. Apresentam os resultados, comentam sobre sua grande variabilidade (decorrente da diversidade de origem dos adobes), mas não fazem referência à composição granulométrica dos solos. Propõem modelo matemático para o comportamento das curvas de tensão-deformação e correlações entre os resultados dos diversos parâmetros de resistência.

Encontram-se na literatura científica muitos trabalhos sobre materiais de construção produzidos com terra, como os de Corrêa et al. (2004), Pagliolico et al. (2010), Piattoni et al. (2011), Vega et al. (2011), Melo et al. (2011) e Coporale et al. (2014), com alguns dos resultados comentados no item 3.2. No entanto, na comparação entre os resultados obtidos há que se considerar a diversidade de solos disponíveis, assim como as técnicas utilizadas na produção destes materiais e, principalmente, os métodos de ensaio adotados. Por estas razões, no presente trabalho também é apresentada uma breve avaliação da influência do teor de argila sobre características físicas e mecânicas de adobes.

No Brasil, a investigação científica sobre os adobes, assim como a sistematização e metodologia

de ensaios para sua caracterização física e mecânica iniciaram-se, praticamente, com a divulgação do trabalho de Faria (2002), baseado em trabalhos anteriores do mesmo autor, iniciados em 1997.

Considerando-se esta breve contextualização - e para complementar o 'método PROTERRA' para determinação da resistência à compressão de adobes e sua caracterização física, aprovado no âmbito da Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra (PROTERRA) e descrito por Faria et al. (2008) e Neves & Faria (2008) - no presente trabalho são apresentados: uma proposta de método de ensaio para determinação do módulo de deformação de adobes e os resultados de aplicação deste método, obtidos em trabalhos realizados pelos autores, com apoio de alunos concluintes do Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Bauru.

Os resultados de aplicação do 'método PROTERRA', obtidos por cinco laboratórios (de três países), através do 'Programa Interlaboratorial PROTERRA', subsidiaram a proposta de norma técnica brasileira para alvenaria de adobe, atualmente em tramitação junto à ABNT. Com a consolidação do método de ensaio ora proposto espera-se dar continuidade a este processo de elaboração e aprovação de normas técnicas brasileiras para adobes.

2 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Diferentemente do adobe, a taipa é compactada em camadas, com aplicação de energia dinâmica em uma única direção e perpendicular às camadas. Milani (2008) confirmou a hipótese de que o material possa ter comportamento ortotrópico, ou seja, características mecânicas (principalmente, resistência à compressão e módulo de elasticidade) diferentes, para as direções paralela e normal às camadas. No entanto, Bui & Morel (2009), trabalhando com um solo silto-arenoso (4% argila, 55% silte, 25% areia e 16% pedregulho), realizaram estudos de taipa em duas escalas - em elementos com volume representativo (RVE, em inglês) com corpos de prova (CPs) de $(20 \times 20 \times 40) \text{ cm}^3$ e ensaios microscópicos em CPs de BTC de $(9.5 \times 14.0 \times 29.4) \text{ cm}^3$ - e concluíram que a anisotropia do material não é significativa, podendo considerá-lo isotrópico (cujas propriedades mecânicas não variam com a direção considerada).

Portanto, no presente trabalho, também se considera o adobe como material isotrópico, principalmente porque é moldado com uma única porção de barro (mistura homogênea de terra e água), com teor de umidade acima do limite de plasticidade (LP), sem inserção de energia (para compactação ou compressão) e o adensamento se dá naturalmente, na medida em que perde umidade, durante o processo de secagem.

2.1 Obtenção de solos com diferentes composições granulométricas

Para que os resultados não ficassem restritos a um único tipo de solo, adotou-se o 'método PROTERRA' (Neves & Faria, 2008) para obtenção de solos com cinco composições granulométricas diferentes, resultantes da mescla de dois solos naturais, um argiloso (de Americana) e outro, arenoso (de Bauru), de duas regiões do Estado de São Paulo, Brasil. Foram adotados os resultados de caracterização física dos solos obtidos por Oliveira & Tahira (2007).

2.2 Moldagem dos adobes e obtenção dos corpos de prova (CP)

Com cada uma das cinco misturas de solo, foram moldados oito adobes com $(30 \times 15 \times 7.5) \text{ cm}^3$, dos quais foram cortados (de cada mistura) os seguintes CPs: 10 'cubos de 7.5 cm' (de acordo com o 'método PROTERRA') e 10 'prismas' de $(7.5 \times 7.5 \times 15) \text{ cm}^3$, proposto no presente trabalho (Fig. 1). Considerando-se a isotropia do adobe, a teoria da resistência dos materiais (Beer & Johnston Jr. 2006) e a recomendação da norma brasileira NBR 8522 (ABNT 2008) para CP com índice de esbeltez, $1.98 \leq \lambda \leq 2.02$ (onde $\lambda = h/d$, para $h =$ altura e $d =$ diâmetro do CP), foi proposto um CP com $\lambda \cong 2$ (denominado 'prisma') para o ensaio de determinação do módulo de

deformação. As superfícies de trabalho dos CPs foram regularizadas com argamassa de cimento e areia fina (1:3), conforme mostrado na Figura 2.

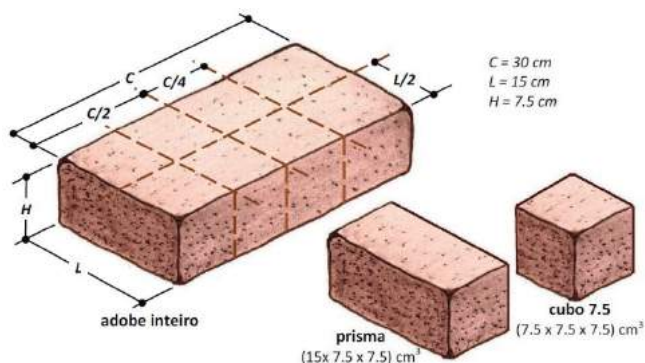


Figura 1. Corte de um adobe para obtenção dos corpos de prova: ‘cubo 7.5’ (‘método PROTERRA’) e ‘prisma’ (proposto no presente trabalho).

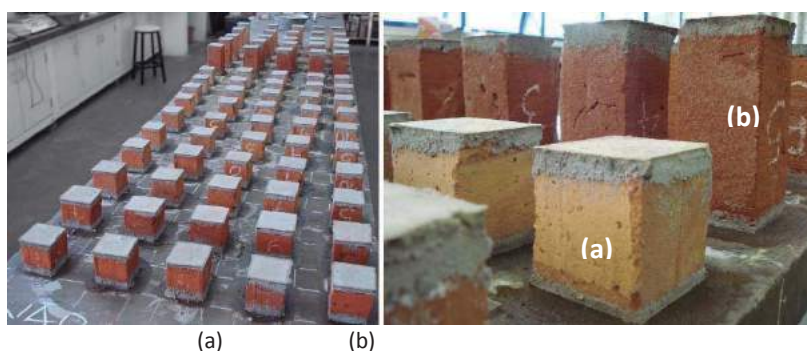


Figura 2. Corpos de prova preparados para os ensaios, com superfícies de trabalho regularizadas: (a) cubo de 7.5 cm e (b) prisma de (7.5 x 7.5 x 15) cm³

2.3 Caracterização física dos adobes, MOR e resistência à compressão dos ‘cubos 7.5’

A caracterização física dos adobes (*massa específica aparente, teor de umidade higroscópica e retração volumétrica*), assim como a determinação da *resistência à compressão* dos ‘cubos 7.5’ ($f_{c,7.5}$), foi realizada de acordo com o ‘método PROTERRA’. O ensaio de determinação do *módulo de ruptura na flexão* (MOR) foi realizado em três adobes inteiros (de cada mistura), de acordo com metodologia proposta por McHenry Jr. (1989), já adotada anteriormente pelos autores (Fig. 3).



Figura 3. Ensaio de determinação do módulo de ruptura na flexão (MOR)

Mesmo o ensaio de flexão não sendo o mais indicado para avaliar a resistência à tração do adobe (Silveira et al., 2013), nem mesmo previsto no ‘método PROTERRA’, a proposta do ensaio de determinação do MOR poderá ser mais uma contribuição às futuras propostas do ‘Programa Interlaboratorial PROTERRA’. O ensaio mais indicado para avaliar a resistência à tração do adobe seria o de tração por compressão diametral, no entanto, os CPs deveriam ser cilíndricos.

Os ensaios de caracterização física foram realizados com todos os adobes inteiros produzidos, já que são ensaios não destrutivos.

2.4 Proposta de método de ensaio para determinação do módulo de deformação

De acordo com a norma NBR 8522 (ABNT 2008), quando se trabalha com o material no regime elástico, o módulo de elasticidade pode ser considerado como um módulo de deformação, no caso, o tangente inicial (E_{ci}), na Figura 4, considerando-se que também existe o módulo de deformação secante (E_{cs}).

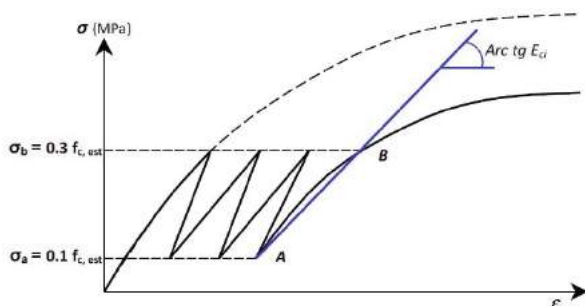


Figura 4. Representação esquemática do módulo de elasticidade, ou módulo de deformação tangente inicial (adaptado de ABNT 2008)

Para determinação de E_{ci} deve-se medir deformações nos CPs e, para proteção do instrumento de medição de deformação, é necessário estimar a resistência à compressão do material para retirada deste instrumento antes da ruptura. A resistência à compressão estimada ($f_{c,est}$) é o valor médio de resistência à compressão, obtido do ensaio de determinação deste parâmetro em três dos 10 CPs ('prismas', obtidos de acordo com 2.2), sem instrumento de medição de deformação, para planejamento do ensaio completo a ser realizado com os sete CPs restantes.

Como os adobes têm resistência à compressão muito inferior à do concreto, foi adotado $0.1 f_{c,est}$ para o limite de tensão inferior, ou tensão básica, no lugar de 0.5 MPa recomendado pela norma NBR 8522. Na Figura 5 é apresentado um esquema do plano de carga para o ensaio de determinação de E_{ci} , tendo sido adotada a mesma taxa de incremento de carga do ensaio de resistência à compressão (0.29 MPa/min) do 'método PROTERRA'.

Para determinação de E_{ci} , a medição das deformações foi realizada com extensômetro eletrônico de configuração dupla (marca EMIC), com comprimento base de 50 mm e resolução de 10^{-4} mm, apoiando um sensor de deformação em cada uma de duas faces opostas dos CPs, como mostrado na Figura 6, na qual também podem ser observados outros aspectos do ensaio. Ao ser atingido $0.7 f_{c,est}$, o extensômetro foi retirado e os CPs levados à ruptura, para determinação da resistência média efetiva à compressão (f_c) dos sete CPs restantes, que não deve diferir em mais que 20% de $f_{c,est}$, conforme registrado na Figura 5.

O módulo de deformação (E_{ci}) foi calculado pela Equação 1.

$$E_{ci} = \frac{(\sigma_b - \sigma_a)}{(\varepsilon_b - \varepsilon_a)} \quad (1)$$

Onde: E_{ci} = módulo de deformação (MPa); σ_b = tensão maior ($0.3 f_{c,est}$) (MPa); σ_a = tensão básica ($0.1 f_{c,est}$) (MPa); ε_b = deformação específica, para a tensão maior; ε_a = deformação específica para a tensão básica.

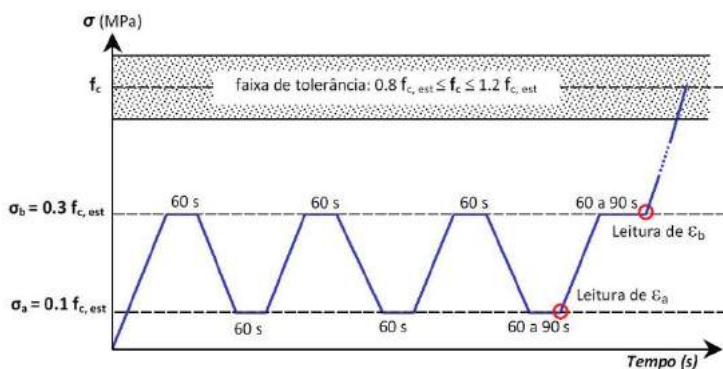


Figura 5. Representação esquemática do plano de carga, para a determinação do módulo de deformação



Figura 6. Alguns aspectos dos ensaios de determinação do módulo de deformação, notando-se o dispositivo de medição de deformações (extensômetros eletrônicos EMIC) e o padrão de ruptura dos CPs

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, é apresentado um resumo dos principais resultados obtidos e sua discussão.

3.1 Composição dos solos e caracterização física dos adobes

A análise granulométrica dos solos apontou os seguintes resultados:

- Solo de Americana (**A**): 52% argila ($\phi < 0.002$ mm), 21% silte (0.002 mm $< \phi < 0.06$ mm) e 27% areia fina (0.06 mm $< \phi < 2$ mm), classificado como ‘argila’ (Neves et al 2009);
- Solo de Bauru (**B**): 20% argila, 4% silte e 76% areia fina, classificado como ‘terra areno-argilosa’ (Neves et al. 2009).

Na Tabela 1 são apresentadas as composições granulométricas destes solos e três diferentes misturas entre eles, além dos resultados médios de massa específica aparente (ρ_{ap}), retração volumétrica (R_v) e teor de umidade higroscópica (U_{EA}), para o clima de Bauru-SP (temperatura média em julho nos últimos 13 anos, $T_m = 23^\circ\text{C}$, e umidade relativa do ar $UR_{ar} \geq 48\%$, de acordo com IPMet 2014).

Tabela 1. Proporção dos solos (A – Americana, B – Bauru) em cada mistura, composição granulométrica obtida e características físicas dos adobes (massa específica aparente, umidade higroscópica e retração volumétrica)

Misturas	partes de cada solo		granulometria (%)			ρ_{ap} (g/cm ³)	U_{EA} %	R_v %
	A	B	argila	silte	areia			
1 (Bauru)	0	1	20.0	4.0	76.0	1.85	1.21	9.4
2	1	4	26.7	7.5	65.8	1.88	1.98	12.7
3	1	1	36.4	12.7	50.9	1.98	3.16	24.9
4	3	1	44.3	16.9	38.8	1.93	3.69	17.9
5 (Americana)	1	0	52.0	21.0	27.0	1.84	4.44	21.7

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 1, nota-se que houve um acréscimo de cerca de 7% na massa específica aparente, para aumento do teor de argila de 20% para 36.4%. Para o mesmo intervalo de variação do teor de argila, houve um acréscimo de cerca de 165% na

retração volumétrica, fato que confirma a relação entre altos teores de argila no solo e retrações excessivas dos adobes, causando fissuras prejudiciais a seu desempenho. Quanto ao teor de umidade higroscópica, nota-se que houve uma variação sempre crescente, atingindo um acréscimo de 267%, com o aumento do teor de argila de 20% para 52%. Esse fato também reforça a necessidade de cuidados especiais quanto à presença de umidade nas construções com terra, principalmente quando realizadas com solos mais argilosos.

3.2 Caracterização mecânica dos adobes

Na Tabela 2 são apresentados os resultados médios (e respectivos desvios padrão) dos ensaios de determinação da resistência à compressão dos cubos ($f_{c7,5}$) e dos prismas (f_c), do módulo de deformação dos prismas (E_{ci}) e do módulo de resistência na flexão dos adobes (MOR), relacionando-os ao teor de argila de cada mistura (%A). As relações entre estes resultados são apresentadas graficamente nas Figuras 7 e 8.

Tabela 2. Resultados médios dos ensaios de caracterização mecânica dos adobes, 'cubos 7,5' e 'prismas', para os cinco tipos de solo

Misturas	Argila (%A)	Cubo 7.5		Prisma		Adobe inteiro			
		$f_{c7,5}$ (MPa)	sd	f_c (MPa)	sd	E_{ci} (MPa)	sd	MOR (MPa)	sd
1 (Bauru)	20.0	0.93	0.07	0.89	0.06	1074	96	0.14	0.00*
2	26.7	1.26	0.12	1.29	0.08	1462	144	0.36	0.00*
3	36.4	2.00	0.14	2.01	0.08	2082	52	0.83	0.12
4	44.3	2.31	0.23	2.47	0.23	2453	360	0.66	0.13
5 (Americana)	52.0	3.31	0.30	3.49	0.20	2364	215	0.47	0.08

* valores inferiores a 0.005 MPa

Observando-se a Tabela 2, pode-se notar uma tendência bem definida de acréscimo da resistência à compressão com o acréscimo do teor de argila, tanto nos cubos quanto nos prismas. Esta tendência de acréscimo, praticamente linear ($R^2 = 0.9755$ na Fig. 7), da resistência com o aumento do teor de argila, contraria uma regra empírica dos velhos mestres adobeiros de que o teor de argila ideal no solo para produção de adobes é de cerca de 30%. Esta regra tem sido aceita pelos pesquisadores, como um indicativo do teor de argila ideal, para a obtenção de máxima resistência sem, contudo, terem sido encontradas referências na bibliografia sobre estudos científicos sobre o tema.

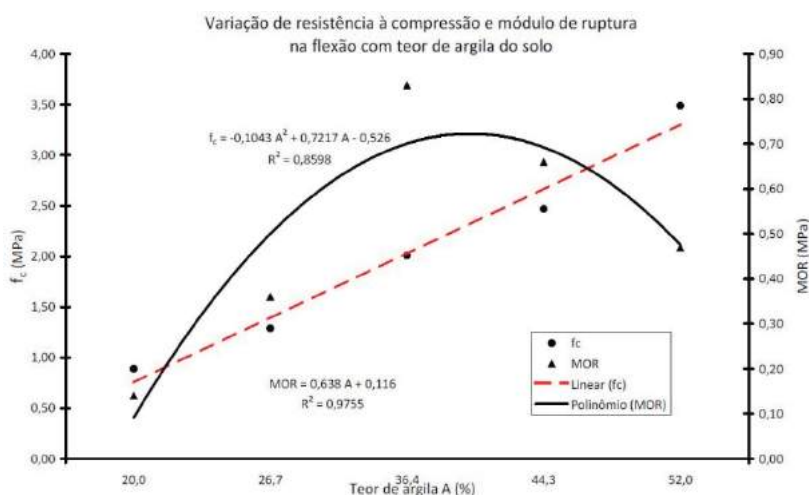


Figura 7. Relações entre a resistência à compressão do prisma (f_c) e o módulo de ruptura na flexão (MOR) com o teor de argila do solo (%A)

Pode-se supor que o teor de argila de 30% seja o máximo aceitável para a produção de adobes, em termos de trabalhabilidade do barro (mistura de solo e água) e facilidade de condução do

processo de secagem. No presente trabalho, notou-se que com teores de argila superiores a este, o amassamento do barro e a moldagem dos adobes eram muito mais difíceis. Além disso, a secagem se deu em condições especiais, ou seja, lentamente e sempre à sombra, até o final do processo, situação esta bem diferente da prática dos adobeiros que, muitas vezes, põem os adobes a secar ao sol, logo após a desmoldagem. Com teores de argila mais elevados, esta prática é inviável, porque a retração acentuada provoca excesso de fissuras e consequente perda de qualidade e de resistência.

Observando-se as curvas da Figura 7, pode-se notar uma tendência de acréscimo de MOR com o acréscimo do teor de argila, até cerca de 38%, quando tende a decrescer, ajustando-se a um polinômio do segundo grau, ao passo que se nota um acréscimo linear de f_c , cujas equações de regressão são apresentadas na mesma figura. Como f_c e MOR variam de formas diferentes, com relação à %A, não seria adequado buscar uma correlação entre estes dois parâmetros.

Silveira et al. (2013) encontraram valores de MOR variando entre 0.20 e 1.03 MPa, enquanto no presente trabalho variou entre 0.14 e 0.83 MPa. No entanto, eles obtiveram diversidade de resultados variando a procedência dos adobes (de várias edificações históricas), sem relacionar com a granulometria dos solos, e aqui a diversidade foi decorrência da variação de composição granulométrica do solo (para produção de adobes novos em laboratório). Já Vega et al. (2011) encontraram MOR = 0.78 MPa, realizando os ensaios de acordo com uma norma espanhola para rochas naturais. Todos estes resultados atendem à exigência da norma técnica peruana NTE E.80 (Reglamento 2000), ou seja, MOR \geq 0.4 MPa. De acordo com a mesma norma, os resultados de resistência à compressão do presente trabalho também atendem a exigência de $f_c \geq 1.2$ MPa, para os teores de argila superiores a 26.7% (Tab. 2).

A correlação entre resistência à compressão dos cubos ($f_{c7.5}$) e dos prismas (f_c), mostrada na Figura 8, é linear ($f_{c7.5} = 0.96 f_c$, com $R^2 = 0.9953$), porém, contraria a teoria da resistência dos materiais, segundo a qual o valor de resistência à compressão simples deveria decrescer com o acréscimo do índice de esbeltez (Beer & Johnston Jr 2006), sendo $\lambda_{c7.5} = 1$ e $\lambda_{prisma} = 2$. Já no trabalho de Silveira et al. (2013), esta teoria se confirmou, porque encontraram $f_{cyl} = 0.94 f_{c cub}$, onde f_{cyl} é a resistência à compressão de um cilindro semelhante ao prisma (diâmetro entre 78 e 93 mm e $\lambda_{cyl} = 2$) e $f_{c cub}$ é a resistência à compressão de cubos, com lados variando entre 12 e 13 cm.

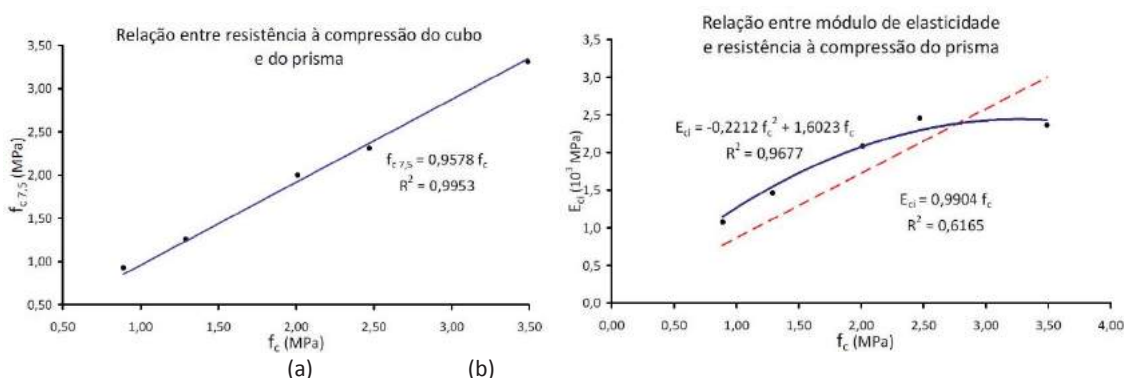


Figura 8. Relações entre (a) A resistência à compressão do cubo ($f_{c7.5}$) e do prisma (f_c) e (b) O módulo de deformação (E_{ci}) e a resistência à compressão do prisma.

A relação entre f_c e E_{ci} (Fig. 8) se ajusta melhor a uma curva polinomial do segundo grau ($E_{ci} = -221 f_c^2 + 1602 f_c$, com $R^2 = 0.9677$) do que a uma reta ($E_{ci} = 990 f_c$, com $R^2 = 0.6165$), ambas passando pela origem. Silveira et al. (2013) apresentam uma correlação linear ($E_{ci} = 13927 f_c$), mas não informam o coeficiente de correlação (R^2) e destacam que "os dados obtidos apresentam grande dispersão e, portanto, mais ensaios são necessários para fortalecer a validade da correlação" (Silveira et al. 2013, p. 727). A mesma observação é válida para o

presente trabalho.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentou-se uma síntese dos principais resultados obtidos pelos dois primeiros autores, ao longo de vários anos de investigação sobre o tema. Com este trabalho, pode-se notar a dificuldade de repetição dos resultados, a provável influência do operador (incluindo o processo de produção dos adobes), a dificuldade de controle das variáveis intrínsecas dos solos (características físicas, mecânicas, químicas, dentre outras); fatos que explicam, em parte, a grande dificuldade de normalização, controle de qualidade e especificações técnicas dos materiais de construção produzidos com terra.

Estas constatações reforçam a necessidade do envolvimento de mais laboratórios, principalmente da Rede Ibero-Americana PROTERRA, em atividades de investigação científica experimental, baseadas em consistente estratégia metodológica.

No presente trabalho, a principal contribuição é uma proposta de metodologia para determinação do módulo de elasticidade (*ou módulo de deformação tangente inicial*), para que se possa trabalhar com modelagem matemática no estudo de paredes de adobe, por exemplo, utilizando-se das ferramentas do método dos elementos finitos (MEF).

Concluindo, pode-se afirmar que os objetivos propostos inicialmente foram plenamente atingidos, ou seja, apresentação de uma considerável contribuição à consolidação de metodologia de ensaios para caracterização física e mecânica de adobes, assim como aponta a perspectiva para ampliação do 'Programa Interlaboratorial PROTERRA'.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo auxílio financeiro para a pesquisa. Aos seguintes alunos de graduação, que auxiliaram em alguns dos ensaios: Bruno M. de Oliveira, Margareth Tahira, Victor J. T. L. Stanzione e Vítor P. Miller.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2008. NBR 8522 Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão 16p. Rio de Janeiro: ABNT.

Beer, F.P.; Johnston Jr., E.R. 2006. Resistência dos materiais. 4.ed. 653p São Paulo: McGraw-Hill.

Bui, Q.-B.; Morel, J.-C. 2009. Assessing the anisotropy of rammed earth. In *Construction and Buildings Materials*, v. 42, p. 3005-3011 Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.04.011>

Corrêa, A.A.R.; Teixeira, V.H.; Lopes, S.P. & Oliveira, M.S. 2004. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua). In *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n.3: 503-515. UFLA: Lavras http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542006000300017&lng=pt&nrm=iso

Faria, O.B. 2002. Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no Reservatório de Salto Grande (Americana-SP). Tese (Doutorado) São Carlos: EESC-USP, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-10022003-103821/pt-br.php>

Faria, O.B.; Oliveira, B.M.; Tahira, M. & Battistelle, R.A.G. 2008. Realização dos ensaios interlaboratoriais Protterra em Bauru-SP (Brasil). In SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, 7. e CONGRESSO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL, 2., 2008, São Luiz – MA (Brasil). *Livro de Actas* 1 CD-ROM. São Luiz: UEMA/Protterra.

Governo do Peru. 2000. *Norma técnica de edificación NTE E.80 Adobe*. In *Reglamento Nacional de Construcciones*. 18p Lima

Instituto de Pesquisas Meteorológicas – IPMet. 2014. Estação meteorológica automática – dados históricos. <http://www.ipmet.unesp.br/>

McHenry Jr., P.G. 1989. Adobe and rammed earth buildings: design and construction. 217 p. Tucson: The University of Arizona Press. reimpr.

Melo, A.B.; Barbosa, N.P.; Lima, M.R.F. & Silva, E.P. 2011. Desempenho estrutural de protótipo de alvenaria construída com blocos de terra crua estabilizada. In *Ambiente Construído*, v. 11, n. 2:111-124 Porto Alegre: ANTAC. <http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/16812>

Milani, A.P.S. 2008. Avaliação física, mecânica e térmica do material solo-cimento-cinza de casca de arroz e seu desempenho como parede monolítica. Tese (Doutorado). 164p Campinas:UNICAMP. <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000435409&opt=1>

Neves, C. & Faria, O.B. 2008. Programa interlaboratorial Proterra: ensaios de adobe. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, 7. e CONGRESSO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL, 2., 2008, São Luiz-MA (Brasil). *Livro de Actas 1* CD-ROM. São Luiz: UEMA/Proterra.

Neves, C.M.M.; Faria, O.B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P.S. & Hoffmann, M.V. 2009. Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. 34p. Vila Nova Cerveira: PROTERRA. http://redproterra.org/images/stories/pub_pdf/Seleccao_de_solos_10.pdf

Oliveira, B.M. & Tahira, M. 2007. Estudo preliminar para proposta de ensaios de caracterização física e mecânica de adobes. Monografia 71p. Bauru-SP: FEB-UNESP.

Pagliolico, S.L.; Ronchetti, S.; Turcato, E.A.; Bottino, G.; Gallo, L.M. & DePaoli, R. 2010. Physicochemical and mineralogical characterization of earth for building in North West Italy. In *Applied Clay Science*, v. 50: 439-454. Elsevier <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2010.08.027>

Piattoni, Q.; Quagliarini, E. & Lenci, S. 2011. Experimental analysis and modelling of the mechanical behaviour of earthen bricks. In *Construction and Buildings Materials*, v. 25: 2067-2075 Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.039>

Silveira, D.; Varum, H. & Costa, A. 2013. Influence of the testing procedures in the mechanical characterization of adobe bricks. In *Construction and Buildings Materials*, v. 40: 719-728. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.058>

Silveira, D.; Varum, H.; Costa, A.; Martins, T.; Pereira, H. & Almeida, J. 2012. Mechanical properties of adobe bricks in ancient constructions. In *Construction and Buildings Materials*, v. 28: 36-44. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.046>

Vega, P.; Juan, A.; Guerra, M.I.; Morán, J.M.; Aguado, P.J. & Llamas, B. 2011. Mechanical characterization of traditional adobes from the north of Spain. In *Construction and Buildings Materials*, v. 25: 3020-3023. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.02.003>

O conforto da habitação de terra

Leonardo Ribeiro Maia

Universidade de São Paulo, Departamento de Tecnologia de Arquitetura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, Brasil. Membro da Rede TerraBrasil.

leonardomaia@usp.br

ABSTRACT: This paper discusses the environmental comfort of earth-building dwelling holistically: human body's comfort, comfort of the soul, pleasure and well-being, culturally and spiritually. Issues involving human being's comfort and the pleasure of being in a place have been the objective. It analyzes the dwelling and the earth (soil or building construction material) through bibliographic review of diverse areas where the comfort concept could be present (architecture, philosophy, history, medicine, biology, chemistry and religion). The paper was developed in 4 "dimensions" (natural / genetic; spatial; spiritual; and physiologic.), dealing the comfort concept widely and presenting its involvement with memory, perception, physiology, spatiality and physical and psychological comfort. Earth-made dwelling can provide more than comfort neutrality ("not discomfort"). It provides pleasure, well-being, food and console of spirit to its residents, expansion and expression of their body and culture, and expansion of their emotions and feelings, evoking human senses and feelings.

Keywords: earth construction, dwelling, comfort

RESUMO: Este artigo propõe a discussão do conforto ambiental na habitação edificada com terra, de maneira holística, tratando dos aspectos do corpo físico e mental, abordando questões subjetivas que envolvem o ser humano e o prazer de estar em um lugar. Analisa habitação e terra através da revisão bibliográfica de diversas áreas nas quais o conceito de conforto esteja presente (arquitetura, filosofia, história, medicina, biologia, química e psicologia). O artigo foi desenvolvido em quatro "dimensões" (natural / genética; espacial; psicológica e fisiológica), tratando o conceito de conforto amplamente e apresentando seu envolvimento com memória, percepção, fisiologia, espacialidade e aspectos físico e psicológico. A habitação construída com terra pode proporcionar mais do que a neutralidade ("não desconforto") exigida pelas normas: proporciona aos moradores prazer, bem-estar, expressão de seu corpo e cultura, além da expansão de suas emoções e sentimentos, evocando sentidos e sentimentos humanos e emocionando.

Palavras-chave: construção com terra, habitação, conforto

1 INTRODUÇÃO

Por que se sente confortável numa casa construída com terra? Por que é convidativo tomar um café com uma boa conversa ali, diferente de outros lugares? Certamente essas questões não têm respostas absolutas, muito menos objetivas. Esse artigo propõe discutir as questões subjetivas que envolvem o ser humano e o prazer de estar em um lugar.

A terra é um dos materiais de construção naturais fartos e largamente utilizados em todo o mundo, desde que o homem iniciou a construção de seu habitat (Minke, 2001). Como a maioria dos materiais naturais, a terra pode ser utilizada com tecnologia avançada e sofisticação em qualquer tipo de edificação, quando bem exploradas as suas qualidades e vantagens como: abundância do material, fácil trabalhabilidade, características físicas relativas a condições ambientais de temperatura e umidade, etc. O conforto ambiental possibilitado pela habitação de terra, por meio de um projeto aderente às características deste material, pode suprir as necessidades térmicas e promover, além do "não desconforto", o prazer aos seus ocupantes.

Neste artigo, utilizou-se como metodologia a revisão bibliográfica do tema de conforto e da construção com terra nas diversas áreas de abrangência do assunto, não somente na arquitetura e construção. Filosofia, história, medicina, biologia, química e psicologia, também, foram fontes de conhecimento. O artigo foi desenvolvido em quatro temáticas principais, tratando o conceito de conforto de forma sistêmica e apresentando conceitos que envolvem memória, percepção, fisiologia, espacialidade e conforto físico e psicológico de maneira ampla. Essas temáticas, chamadas aqui de "dimensões", serão: natural / genética, espacial, psicológica e fisiológica.

Após as discussões e apresentações de bibliografias referentes a cada dimensão, será apresentada a análise em conjunto das dimensões.

2 DIMENSÃO NATURAL / GENÉTICA

A memória genética e as experiências passadas fornecem ao ser humano um conceito de conforto externo ao corpo físico; estão no psíquico, ligado à consciência interna de si. A memória genética é a memória herdada através do código genético que vem a influenciar o comportamento humano. Essa memória proporciona conforto enquanto segurança e proteção quando relacionados à origem, na sua forma mais primitiva. Pallasmaa (2011) reforça esse conceito quando fala das "nossas sensações de conforto, proteção e lar [que] estão enraizadas nas experiências primitivas de incontáveis gerações".

Segundo Morin (1974), desde Darwin, o homem sabe que é filho de primatas, porém não se considera um primata. Foi convencido da fuga de sua árvore genealógica tropical de seus antepassados, construindo o reino independente da cultura, fora da Natureza. Por outro lado, o jovem Marx, em seu manuscrito de 1844, afirmava que "o primeiro objeto do homem - o homem - é natureza" (Morin, 1974). Mais recentemente, a ciência concebeu a noção de ecossistema, no qual uma comunidade de seres vivos num espaço constitui uma unidade global. Dessa maneira, é possível considerar a Natureza um organismo global, onde o homem está inserido e faz parte de seus sistemas de restrições, interações e interdependências. Morin (1974) afirma que a dependência/independência ecológica do homem se encontra em dois graus sobrepostos e interdependentes, que são o do ecossistema social e o do ecossistema natural.

Buscando ligações mais claras da origem do homem com a natureza, pesquisadores do Instituto Médico Howard Hughes e do Hospital Geral de Massachusetts, em Boston, encontraram indícios de que a vida teria surgido na argila. Segundo o estudo, a montmorilonita (um dos tipos de argila, formado basicamente por camadas de sílica, SiO_2 , e hidróxido de alumínio $\text{Al}_2(\text{OH})_3$), participa da formação de depósitos gordurosos e ajuda as células a compor o material genético chamado RNA (ácido ribonucleico), indispensável para a origem da vida. A argila pode ser o catalisador das reações químicas para a criação do RNA a partir dos nucleotídeos (Hanczyc et al, 2003).

Em um estudo mais recente, na mesma linha de pesquisa, um grupo liderado por pesquisadores da Universidade de Cornell (EUA) descobriu que algumas argilas formam um hidrogel que possui muitos microporos capazes de absorver líquidos e inchar, sem se dissolver. Esses pequenos espaços proporcionam a proteção adequada para facilitar os processos químicos complexos, permitindo a síntese de proteínas, DNA, até que as primeiras membranas celulares começaram a se formar (Yang et al. 2013).

A intuição de que a vida e o homem foram gerados a partir da terra não é nova. Na mitologia grega e romana, pilares da cultura ocidental, encontra-se a origem do homem nos diversos poemas épicos. O poeta Hesíodo (~ 750-650 a.C.) conta que após Prometeu roubar o fogo celeste e entregar aos mortais, Zeus, irado, dá aos homens uma mulher (Pandora), e com ela, o fim da criação dos homens pelos deuses, agora pela procriação sexuada (Hesíodo, 1996): *"Disse assim e gargalhou o pai dos homens e dos deuses; ordenou então ao ínclito Hefesto muito velozmente terra à água misturar e aí pôr humana voz e força, e assemelhar de rosto às deusas imortais esta bela e deleitável forma de virgem"*.

Bulfinch (2006), um dos autores mais respeitados em assuntos mitológicos, cita uma versão diferente. Após um deus separar o ar das águas e da terra e depois de criar todos os animais, necessitou de "um animal mais nobre, e foi feito o Homem. Prometeu tomou um pouco dessa terra e, misturando-a com água, fez o homem à semelhança dos deuses".

A memória genética da criação da humanidade a partir da terra também se mostra nos livros sagrados das religiões judaico-cristãs e islâmicas. No primeiro livro da Bíblia Sagrada, a Gênese, Deus criou o homem no sexto dia e o mandou povoar toda a terra: "Então, formou o Senhor Deus ao homem do pó da terra, e soprou em suas narinas o fôlego da vida, e o homem passou a ser alma vivente." (Bíblia, Gênese 2:7, 1993).

Segundo o livro sagrado islâmico, o Alcorão, o homem (Adão) foi criado a partir de uma porção de barro contendo todas as suas variedades na Terra. Anjos foram mandados por Deus a todos os locais para coletar os punhados de terra, e assim os descendentes de Adão teriam aparências, atributos e qualidades diferentes. "Recorda-te de quando o teu Senhor disse aos anjos: 'De barro criarei um homem. Quando o tiver plasmado e alentado com o Meu Espírito, prostrai-vos ante ele.'" (Alcorão, 2010). Em outra passagem, o Alcorão refere-se à Lúcifer, que, se negando reverenciar a criação divina, é expulso do Paraíso: "Todos os anjos se prostraram. Menos Lúcifer, que se negou a ser um dos prostrados. Disse (o Senhor): Ó Lúcifer, que foi que te impediu de seres um dos prostrados? Respondeu: 'É inadmissível que me prostre ante um ser que criaste de argila, de barro modelável.' Disse (o Senhor): 'Vai-te daqui (do Paraíso), porque és maldito! E a maldição pesará sobre ti até o Dia do Juízo.'" (Alcorão, 2010).

Os primeiros abrigos do homem para se proteger das intempéries foram os naturalmente construídos (cavernas) e os construídos com materiais naturais disponíveis localmente, como folhas, madeira, pedras e a própria terra. Construções foram edificadas com terra em quase todas as civilizações passadas e estiveram em todos os continentes do planeta. Desde as primeiras civilizações, entre o Nilo, o Tigre e o Eufrates, a terra é, ainda hoje, um dos principais materiais de construção utilizados para edificar casas e edifícios, tanto na zona rural quanto nas cidades (Houben & Guillaud, 1995). As técnicas de construção que utilizam a terra como matéria prima foram transmitidas através do conhecimento popular e da tradição, geração após geração. Houve também transferências de conhecimento através das invasões e colonizações, nas quais um povo entrava em contato com novas tecnologias ou diferentes formas de execução trazidas pelos estrangeiros, unindo o saber local com o novo conhecimento, e assim, gerando novas e variadas combinações entre elas (Neves, 2011).

Na arquitetura, Pallasmaa (2011) afirma que os materiais de construção atuais não reforçam o senso de materialidade, essencial para o conforto enquanto proteção; já os materiais naturais "deixam que nossa visão penetre em suas superfícies e permitem que nos convençamos da veracidade da matéria". O autor lembra, ainda, de outro fator de ligação do homem com a natureza: a temporalidade (Fig. 1). Os materiais naturais contam sua origem e seu uso histórico pelo homem, além de expressar história e idade.



Figura 1: Parede construída com a técnica de taipa de pilão numa casa em São Paulo. Suas camadas simulam os horizontes do solo, formados pelo intemperismo secular.

3 DIMENSÃO ESPACIAL

Nesta etapa, será tratado o conforto enquanto reduto do descanso, do devaneio; a ideia de conforto será ligada ao sonho e à imaginação. Com a necessidade de abrigo, de acolhimento, de segurança, o homem construiu sua habitação: "a casa acolhe, atende a um conjunto de necessidades básicas de segurança, envolvimento, orientação no tempo e principalmente, no espaço." (Schmid, 2005).

A habitação é o lugar onde se pode melhor entender o significado do conforto. É nela que se encontra o lugar seguro, de acolhimento, de abrigo. "A casa é o nosso canto do mundo. Trata-se – como muitas vezes é dito – o nosso primeiro universo." (Bachelard, 1965). Ela é a primeira referência espacial fora do útero materno. Esse último é o local de maior proteção já desfrutada pelo homem e que permanece em seu inconsciente no ideal de conforto.

Na casa, o conceito de conforto assume vários significados, desde as necessidades de segurança, prazer, privacidade e proteção por ali estar, mesmo quando uma tempestade se aproxima. "A ideia de estar acolhido enfatiza o elemento protetor do conforto" afirma Schmid (2005). A simples expectativa de voltar para casa depois de um dia de trabalho conforta e anima. "É como se oferecesse consolo interminável ao ser humano, lançado no mundo" diz Schmid (2005). Pallasmaa (2011), citando Bachelard, escreve que somente aqueles que aprenderam a aconchegar-se conseguem "habitar com intensidade".

Ao chegar à habitação e fechar a porta, abre-se uma dimensão completamente diferente daquela que se deu as costas. É como estar num outro mundo, num mundo natural feito pelo habitante. A casa, diferente do trabalho ou da cidade como um todo, traz a sensação de segurança e bem estar. A cidade não é percebida como um elemento natural, mas sim um elemento construído pelo homem. Spirn (1995) fala sobre a natureza da cidade: "a crença de que a cidade é uma entidade separada da natureza, e até contrária a ela, dominou a maneira como a cidade é percebida e continua a afetar o modo como ela é construída". Ao contrário da rua, dentro da casa é possível usufruir do prazer de fazer o que quiser, sem preocupações de julgamentos alheios. Schmid (2005) cita a "privacidade como uma das primeiras exigências do conforto", nos Países Baixos do século XVII.

A terra - enquanto material de construção em si - não torna uma habitação confortável; é o espaço que tem essa responsabilidade. O material pode alimentar estímulos sensoriais que enriqueçam o espaço e o permitam reforçar a percepção de acolhimento, privacidade, prazer, segurança, humanidade.

Fora dos abrigos naturais e "tocas", o homem construiu sua habitação com os materiais que tinha à mão: terra, pedra, madeira, palha, folhas, etc. Geração após geração, as técnicas de construção foram se aprimorando, novas tecnologias foram desenvolvidas e a habitação mantinha e reforçava seu conceito de conforto enquanto proteção das intempéries, segurança, privacidade. Porém, as edificações que utilizam materiais "modernos" não possuem o mesmo conceito de materialidade e temporalidade descrito acima. Segundo Bloomer e Moore, citados por Pallasmaa (2011), as habitações atuais não possuem "as transações potenciais entre corpo, imaginação e ambiente".

As proporções do corpo humano orientam as construções das culturas tradicionais e a arquitetura vernacular, especialmente aquelas feitas com terra. Segundo Pallasmaa (2011) "as obras de arquitetura autóctones em argila e barro, de várias partes do mundo, parecem nascer dos sentidos musculares e táteis, mais do que dos olhos". Uma habitação de terra torna-se confortável e aconchegante ao proporcionar ao usuário a sensação de construção feita por mãos humanas, quase como um artesanato. Exemplo marcante dessa arquitetura são as casas obuses da tribo Musgum, etnia do norte de Camarões, que utilizando a técnica de terra esculpida ou modelada realiza através da manipulação direta da matéria prima em estado plástico, sem a utilização de formas ou equipamentos (Fig. 2). As edificações são construídas com as mãos nuas

ou com ferramentas simples e revelam a beleza das formas arquitetônicas e acabamentos (Houben & Guillaud, 1991).

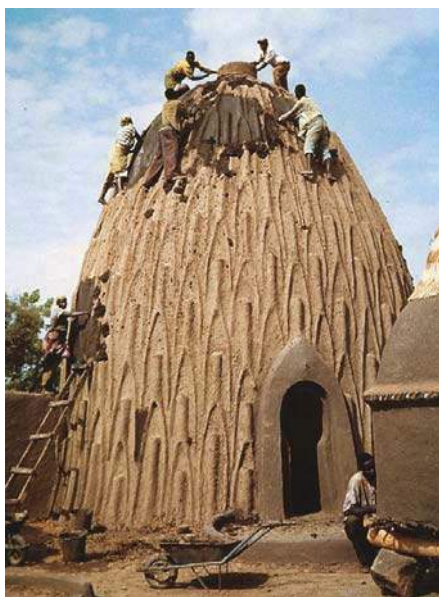


Figura 2: Construção de uma casa obus, no norte de Camarões. (Abeu,2010).

4 DIMENSÃO PSICOLÓGICA

A psicologia ambiental, como ensina Morata e Pol (2005), aborda as ligações entre as pessoas e os espaços, como uma construção social dos lugares, e destaca como principais conceitos o espaço, a identidade e o apego simbólico do lugar. Conforme afirma Schmid (2005), "os contextos psico-espiritual e sociocultural estão intrinsecamente ligados à expectativa que as pessoas normalmente têm de uma edificação". A terra como material de construção natural traz o homem de volta as origens: na natureza (a Mãe Terra - útero), na origem sagrada (mitologia, religiosidade) e na origem científica (argila como formação dos primeiros indícios de vida). Ainda segundo Schmid (2008), "as emoções funcionam como chaves de memória".

A percepção do espaço é atingida através dos estímulos sensoriais. Merleau-Ponty (2006) afirma que essa percepção dos espaços não é percebida pelos sentidos separadamente, mas sim em seu conjunto (estímulos materiais), e esses são influenciados pelas experiências passadas e expectativas ou desejos futuros (estímulos imateriais). Assim, o tato percebe a textura da terra, o olfato o cheiro dela e a liga à memória. Os sons são reverberados nas superfícies das construções naturais de maneira diferente das outras. "Nunca vivo inteiramente nos espaços antropológicos, estou sempre ligado, por minha raízes, a um espaço natural e inumano." (Merleau-Ponty 2006)

A apropriação - entendida aqui como interiorização da prática humana - do espaço é atingida através de duas principais vias complementares: a ação-transformação e a identificação simbólica. Segundo Morata e Pol (2005), a primeira relaciona territorialidade e espaço pessoal ao considerar a apropriação com um conceito subsidiário da territorialidade. A identificação simbólica é vinculada com processos afetivos, cognitivos e interativos. A apropriação do espaço é um processo dialético no qual se vinculam as pessoas e os espaços, dentro de um contexto sociocultural. Sendo a apropriação do espaço uma relação interdependente e recíproca, do homem e o objeto (a casa), quando o homem não se identifica com o objeto, este último se aliena.

Na aldeia de Tera, na África, a cerimônia de casamento inclui a construção da casa do novo casal. O ancião escolhe a localização da edificação e toda a comunidade participa da construção, das crianças até os mais velhos (Katigura & Aganachi, 2014). Desde a manufatura dos adobes, seu

assentamento, passando pelo revestimento das paredes até o acabamento, cada pessoa da tribo executa uma tarefa, cantando e abençoando o novo casal (Fig. 3). A apropriação do espaço aqui se faz no nível da casa e no nível da comunidade. A identificação simbólica entre o casal e a casa (e entre as pessoas da tribo e a aldeia) está vinculada à gratidão pelo presente (a edificação) e pelo simbolismo das formas desenhadas e esculpidas nas paredes que simbolizam proteção.

O arquiteto argentino Jorge Belanko afirma que a família deveria construir sua própria casa (El Barro, 2006), demonstrando o significado simbólico de participar da edificação da morada, estreitando os laços afetivos com a casa desde o momento inicial. Nesse sentido, a apropriação do espaço é atingida pelas duas vias citadas por Morata e Pol (2005): na ação-transformação enquanto elemento modificador da terra em parede (construtor) e na identificação simbólica, processo de interação entre o objeto com a pessoa que cria o vínculo cognitivo e emocional.



Figura 3: As mulheres da aldeia de Tera rebocam as paredes da casa do novo casal Katigura e Aganachi, em sua cerimônia de casamento. (Katigura & Aganachi, 2014).

5 DIMENSÃO FISIOLÓGICA

O conforto fisiológico (térmico) é mais fácil de quantificar, ainda que sua avaliação seja subjetiva. Estar confortável termicamente em relação a um acontecimento num espaço, observando-o ou sentindo-o, implica em não ter preocupação ou incômodo. O conforto térmico é obtido quando o organismo produz calor através do metabolismo (compatível com sua atividade física) numa taxa equivalente à perda para o ambiente, sem necessitar de nenhum mecanismo de termorregulação. Portanto, estamos num ambiente confortável termicamente quando temos uma relação de neutralidade, porém sua avaliação é subjetiva.

A pele é o principal órgão responsável pelo regulamento da temperatura do corpo, chamada termorregulação (a respiração também tem papel nesse mecanismo). Segundo Frota e Schiffer (2009), ao sentir desconforto térmico, é ativado o mecanismo vasomotor do fluxo sanguíneo (vasodilatação ou vasoconstrição). A resistência térmica da pele varia em função do fluxo sanguíneo que a percorre, regulando sua temperatura. Além desse, há "outro mecanismo de termorregulação da pele [que é] a transpiração ativa" (Frota & Schiffer, 2009).

Além disso, a pele é um dos órgãos receptores dos estímulos do tato. Esse sentido é tido como o "pai de todos os sentidos", segundo opinião do antropólogo Ashley Montagu, citado por Pallasmaa (2011), que, também, afirma que a pele "é nosso órgão mais antigo e mais sensível, nosso primeiro meio de comunicação e nossa protetora mais eficiente... Até mesmo a córnea transparente dos olhos é coberta por uma camada de pele modificada... O tato é pai de nossos olhos, nosso nariz, nossa boca. Ele é o sentido que se especializou e gerou os demais, algo que parece ser reconhecido pelo fato de ser considerado há muito tempo 'o pai de todos os sentidos'".

Adicionalmente, Merleau-Ponty (2006) argumenta que o indivíduo percebe os estímulos com todos os sentidos humanos juntos. Cita que, ao ouvir as palavras "quente" ou "úmido", o sujeito experimenta um sentimento de calor ou frio, e seu organismo se prepara para o referido evento.

Assim, o organismo percebe o "espaço térmico" através dos sentidos e, somando algumas variáveis tais como vestimenta, taxa metabólica, atividade, aclimação, expectativa climática entre outras, pode-se dizer se está ou não em conforto térmico. Ainda que exista a avaliação subjetiva do conforto térmico (algumas pessoas preferem sentir mais frio ou calor que outras num mesmo ambiente), índices de conforto térmico conseguem indicar uma maior predileção das variáveis ambientais mais importantes, como temperatura, velocidade e umidade do ar.

As habitações de terra possuem características térmicas muito favoráveis à manutenção da temperatura e umidade relativa internas mais estáveis. Conforme Minke (2001), o barro tem a capacidade de absorver e repelir umidade mais rapidamente e em maiores quantidades do que outros materiais de construção, oferecendo maior estabilidade da umidade relativa do ar em relação à externa. Um estudo alemão feito numa habitação contemporânea mostrou que em aproximadamente oito anos de medição, a umidade relativa do ar em seu interior foi de 50% durante todo o ano, com variação entre 5% e 10%, oferecendo condições de vida mais saudáveis. A umidade relativa do ar entre 50% e 70% tem muitas influências positivas para o homem: reduz o teor de poeira fina no ar, ativa os mecanismos de proteção da pele contra os micróbios, reduz a vida de muitas bactérias e vírus e reduz odores e eletricidade estática nas superfícies dos objetos (Minke, 2001).

Ainda segundo Minke (2001), habitações construídas com terra podem armazenar calor por ser um material denso, com resistência térmica relevante. Em regiões onde a amplitude térmica é alta, a terra pode balancear a temperatura dos ambientes interiores por vias passivas, diminuindo a quantidade de energia necessária à climatização artificial (Minke, 2001).

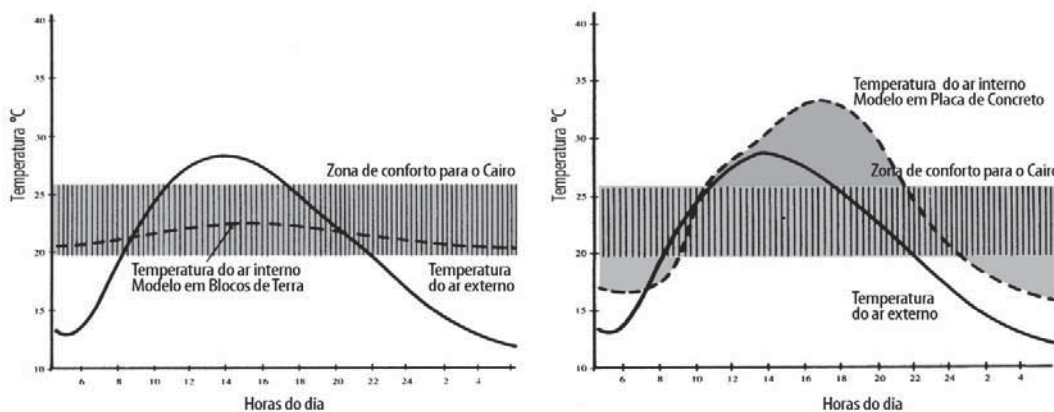


Figura 4: Comparação da flutuação das temperaturas do ar interna e externa para dois modelos construídos no Cairo. (Fathy, 1986).

Fathy (1986) cita um experimento feito no Cairo com seis modelos de dimensões idênticas e materiais construtivos diferentes. Os resultados mais extremos são apresentados na Figura 4: o primeiro foi construído com adobes de 50 cm de espessura e o segundo com placas de concreto pré-fabricadas de 10 cm de espessura. Enquanto a amplitude térmica do ar externo foi de 13°C, a variação da temperatura interna no modelo de terra foi de 2°C e no modelo de concreto de 16°C, tendo seu pico de temperatura quase 5°C acima da maior temperatura do ar externo. O contraste pode ser explicado pelo fato de que o concreto tem condutividade térmica de 0,9, enquanto a de tijolos de barro é 0,4, e que a parede de tijolos de barro é cinco vezes mais espessa do que a painéis pré-fabricados. Além disso, a parede de tijolos de barro tem uma resistência térmica mais de 13 vezes maior que a parede de concreto pré-fabricado.

6 REFLEXÕES FINAIS

A terra foi um dos primeiros materiais que o homem aprendeu a modificar e utilizar na construção. Esse tipo de edificação constitui, portanto, num dos saberes mais antigos de conhecimentos relacionados com a forma de dominação do território. A preservação e desenvolvimento do uso deste material, por meio da tradição oral ao longo da história, permitiram sua adaptação ao longo do tempo e, hoje, faz parte do patrimônio cultural que identifica diversas culturas.

A moradia construída com esse material abundante em diversas regiões do planeta, a terra, oferece conforto aos seus ocupantes: conforto do corpo e da alma. Além das normas que regulam o "não desconforto" e do ensino puramente físico e térmico da academia, o conforto ambiental deve ser levado a outro patamar de estudo. A afirmação de Schmid deixa claro esse conceito: "a caracterização de conforto ambiental sob uma perspectiva holística inclui (...) a conveniência, o encanto e a leveza" (Schmid, 2005). E vai além quando cita o conforto superando a linha da neutralidade, no nível da transcendência, que "está inseparável do prazer, do êxtase, na extremidade oposta à do sofrimento, e aumenta sem limites aparentes. Talvez não se consiga mais quantificá-lo" (Schmid, 2005).

A crescente preocupação em evitar a degradação ambiental encontra descanso na construção com terra. Esse material permite seu reuso ininterruptamente, em novas formas, novas edificações e construído com diferentes técnicas. E no limite, quando transformado em resíduo e descartado, volta a ser incorporado a sua origem, num ciclo "do berço ao berço".

Outro anseio da sociedade contemporânea é a busca de tecnologias que possibilitem maior praticidade e velocidade à vida cotidiana. Quando não obtidas, tornam-se "um novo elemento passível de suscitar irritação e descontentamento" (Lipovetsky, 2007). A arquitetura de terra contemporânea não busca retomar as práticas arcaicas de séculos passados, mas sim aprimorá-las e evoluí-las. O desenvolvimento de tecnologias voltadas à construção com terra é tema de diversos centros de pesquisa pelo mundo, que criam novos maquinários e equipamentos, industrializam processos e aumentam a eficiência na execução e a qualidade da habitação.

Le Corbusier afirmou que a arquitetura é para emocionar. A qualidade da habitação junto à capacidade de estímulos da terra podem proporcionar essa emoção: o conceito de conforto apreendido pelo morador se expressa pelo prazer, pelo bem estar, pelo consolo do espírito, pela expansão de seu corpo e cultura e expansão de suas emoções e sentimentos. Nas palavras de Pallasmaa (2011), "a arquitetura significativa faz com que nos sintamos como seres corpóreos e espiritualizados".

A apropriação do espaço da habitação é também vinculada à identificação simbólica entre o homem e a casa. Ela pode ocorrer quando o material – a terra - conta sua origem (dele e do homem) e pela afeição ao objeto-casa construído de uma forma significativa aos ocupantes.

Assim como os sentidos estão interconectados, memória, percepção, corpo físico e psíquico também estão e experimentam as sensações das dimensões acima descritas juntas e ao mesmo tempo. As "propriedades" sensoriais de uma coisa constituem em conjunto uma mesma coisa, assim como meu olhar, meu tato e todos os meus outros sentidos são em conjunto as potências de um mesmo corpo integradas em uma só ação. (Merleau-Ponty, 2006).

Avaliar o conforto de uma habitação de maneira sistêmica é incluir um elemento extremamente complexo à equação e que não pode ser deixado em segundo plano: o ser humano. Os Modelos Adaptativos de conforto térmico (Dear & Brager, 1998; Nicol & Humphreys, 2002; Ashrae, 2010) incorporam à avaliação parte dessa complexidade, como a aclimação, adaptação genética, expectativa e a memória térmica além do controle personalizado do ambiente. Pesquisas que relacionam os diversos campos do conforto ambiental de forma quantitativa (térmico, luminoso, acústico, qualidade do ar, ergonomia) devem incluir pesquisas qualitativas (cultural, econômica,

social e psicológica). Uma metodologia para avaliar o conforto com viés sistêmico deve basear-se na dependência da ação e da interação das relações entre os indivíduos, a cultura, os espaços e as memórias/expectativas.

Dessa forma, visto que este artigo não pretende encerrar o assunto sobre o tema, mas apresentar novas questões como uma porta para sua discussão, sugere-se, portanto, que se aprofunde essas questões em novos estudos contribuindo para o desenvolvimento científico.

REFERÊNCIAS

Abreu, P.A. 2010 <http://arquitecturasdeterra.blogspot.com.br/2010/03/arquitectura-musgumcamaroes.html>, Acesso em 12.05.2014

ASHRAE 55. 2010. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, American Society of Heating, Ventilating and Air Conditioning Engineers. Atlanta.

Alcorão 2010. Alcorão: livro sagrado do islã. Rio de Janeiro: Edições de bolso.

Bachelard, G. 1965. *La poética del espacio*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.

Bíblia 1993. *A Bíblia Sagrada*. Tradução de João Ferreira de Almeida. 2ª ed. Barueri - SP: Sociedade Bíblica do Brasil.

Bulfinch, T. 2006. *O livro de ouro da mitologia: histórias de deuses e heróis*. Tradução de David Jardim. 34ª ed. Rio de Janeiro: Ediouro.

De Dear, R.J. ; Brager, G.S. 1998. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference, *ASHRAE Trans.*, 104, 145–167.

Gustavo Marangon 2006 *El Barro, Las Manos, La Casa*. DVD (115 min). Argentina: El Bolson Producciones.

Fathy, H. 1986. *Natural Energy and Vernacular Architecture, Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates*. Chicago: The University of Chicago Press.

Frota, A. B., Shiffer, S. R. 2009. *Manual de conforto térmico*. 8ª. ed. São Paulo: Studio Nobel.

Hanczyc, M. M.; Fujikawa, S.y M.; Szostak, J. W. 2003. Experimental Models of Primitive Cellular Compartments: Encapsulation, Growth, and Division. *Science* 302:618-622. In: <http://www.sciencemag.org/content/302/5645/618.abstract?sid=778085b9-567d-4560-b02d-dbf8ed6d761f>. Acesso em 20/10/2013.

Hesíodo 1996. *Os trabalhos e os dias (Primeira Parte)*. Trad., int. e com. de Mary de Camargo Neves Lafer. 3. ed. São Paulo: Iluminuras.

Houben, H.; Guillaud, H. 1991 *Traité de construction en terre*. 2. ed. Marseille: Parentheses.

Ornstein, S.W. 1995. Earthen Architecture: materials, techniques and knowledge at the service of new architectural applications. *Workshop Arquitetura de Terra*. São Paulo: FAUUSP.

Kutigura; Aganachi. 2013 Cerimônia de construção de uma casa na África. Vídeo (17min, 23 s) In https://www.youtube.com/watch?v=MGCMC_om1s0. Acesso em: 26/08/2014.

Lipovetsky, G. 2007. A sociedade da decepção. Tradução Armando Braio Ara. Barueri, SP: Manole.

Merleau-Ponty, M. 2006. *Fenomenologia da Percepção*. São Paulo: Martins Fontes.

Minke, G. 2001. *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual*. Kassel: Nordan- Comunidad. Ed. Fin del Siglo.

Morata, T. V., Pol, E. 2005. La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares. In: *Anuario de Psicología*, vol. 36, nº 3, p. 281-297. Barcelona: Universitat de Barcelona.

Morin, E. 1974. *El paradigma perdido: ensayo de bioantropología*. Barcelona: Editorial Kairós.

Neves, C.; Faria, O. B. (Org.) 2011. *Técnicas de construção com terra*. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA. In <http://www.redproterra.org> Acesso em 14/08/2013.

Nicol, J.F.; Humphreys, M.A. 2002. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings, Volume 34*, Number 6, pp. 563-572.

Pallasmaa, J. 2011. *Os olhos da pele a arquitetura e os sentidos*. Porto Alegre: Bookman.

Schmid, A. L. 2005. *A idéia de conforto - Reflexões sobre o ambiente construído*. Curitiba: Pacto Ambiental.

Spirn, A. W. 1995. *O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade*. Tradução de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo: Edusp.

Yang, D., Peng, S., Hartman, M. R., Gupton-Campolongo, T., Rice, E. J., Chang, A. K., Gu, Z., Lu, G. Q., Luo, D. 2013. Enhanced transcription and translation in clay hydrogel and implications for early life evolution. In *Scientific Reports* 3:3165. <http://www.nature.com/srep/2013/131107/srep03165/pdf/srep03165.pdf>. Acesso em 17/11/2013.

Yo puedo construir un aula de tierra

Ariel González

Universidad Tecnológica Nacional, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad Regional Santa Fe, Lavaise 610, Santa Fe, Argentina.

aagonzal@frsf.utn.edu.ar

Maria Carolina Lazzarini

Taller el Hornero, Santa Fe, Argentina.

mclazzarini@capsf.org.ar

ABSTRACT: In a rural school situated near the city of Santa Fe, Argentina, needing of a space for music lessons, not addressed by the state, teachers and students proposed to build together a classroom using earth. Our great region, Latin America, and particularly Argentina, is full of syncretisms. This knowledge of earth building techniques combines the building culture of colonizers and aboriginals, and is complemented by the complex web of knowledge brought by immigrants from all over the world between the late 19th and early 20th century. On the one hand, the idea that they should not build with earth since it is an outdated notion and, on the other hand, the possibility of finding an ideal solution for a specific need. In this case, it is the school's duty to demystify and return the power of knowledge to students. As a result, today we find a group of teachers and students who are pleased to have developed their skills and proudly express "I can build a classroom with earth". The outcome is a socially and environmentally sustainable classroom built with the "Tapia Francesa" technique.

Keywords: Assisted selfmade construction, Education, Fajina

RESUMEN: En una escuela enclavada en una zona de características rurales cercana a la ciudad de Santa Fe, Argentina; ante la necesidad de contar con un espacio para el dictado de clases de música, no cubierta en su momento por el estado; entre docentes y alumnos generaron la propuesta de construir entre todos un aula empleando tierra. Latinoamérica nuestra gran región y Argentina en particular es plena en sincretismos; esta mixtura de saberes en construcciones con tierra, tiene parte de la cultura constructiva del colonizador; parte de la de los aborígenes y como complemento la compleja maraña de conocimientos que llegaron junto a inmigrantes de todas las regiones del mundo entre fines del siglo XIX y principios del XX. Detectamos un conflicto entre lo que enseña el sistema y los saberes populares internalizados; por un lado la enseñanza de que no se debe construir con tierra por antiguo y superado y por otro la posibilidad de encontrar una solución óptima ante una necesidad concreta. La escuela en este caso tiene el deber de desmitificar y restituir el poder del conocimiento a los educandos. Como resultado hoy encontramos un grupo de docentes y estudiantes satisfechos de haber desarrollado sus propias capacidades y con una resultante física como es un aula con el sistema de Tapia Francesa, social y ambientalmente sustentable y que manifestaron satisfechos "yo puedo construir un aula de tierra".

Palabras clave: Autoconstrucción asistida, Educación, Fajina

1 INTRODUCCIÓN

La realidad Latinoamericana si bien no tiene un espesor histórico como el de Europa Occidental; ha pasado por una serie de circunstancias que hace que la forma de abordar las construcciones con tierra cruda tenga características particulares.

En la ciudad argentina de Santa Fe y sus alrededores, comprendidas en la región litoraleña aledaña al río Paraná; el material con el que históricamente se contó para construir fue la tierra y

la madera; el cambio de las costumbres y paradigmas constructivos hizo que en la actualidad prácticamente no haya construcciones que se ejecuten con estos materiales. Desde hace algunos años comenzó a mostrarse interés por parte de profesionales y grupos de personas en rescatar algunas técnicas constructivas que emplean tierra cruda.



Figura 1: (a) Imagen costera (Juan Arancio), (b) Geografía de la región litoral (González-Lazzarini)

La escuela en donde se ejecutó la intervención está localizada en una franja costera sobre la zona de riachos y bañados al noreste de la ciudad de Santa Fe, ubicándose unos 40 km al norte de la misma. La zona tiene tierra limo-arenosa con algo de arcilla especialmente en la vera de los cursos de agua, el relieve es llano sin ondulaciones y la presencia del río marca una característica importante (Figura 1b).

En un análisis histórico, en la misma zona conviven tres saberes de la cultura constructiva con tierra; en primer lugar la de los aborígenes precolombinos apropiando los recursos del lugar que dentro de costumbres nómades empleaban enramadas embarradas como cobijo temporario; luego la llegada del invasor español que en la época de la colonia trajo consigo algunas de sus formas constructivas que se fueron amoldando a las realidades y materiales locales, siendo la principal técnica la Tapia (Figura 2a); por último en la última mitad del siglo XIX la oleada inmigratoria trajo consigo sus costumbres constructivas de muy diversos lugares del planeta, generando una mixtura entre el saber existente los que se iban incorporando y las reales posibilidades que generaba el territorio y sus disponibilidades de materia prima (Figura 2b).



Figura 2.:(a) Aborígenes con tapia (S XXVII) (Florian Paucke) (b) Construcción islera típica (González-Lazzarini)

2 LA PROPUESTA

2.1 A modo de hipótesis

Para preservar el patrimonio histórico, tan ecléctico como rico; no basta solo con rescatar y/o reconstruir obras arqueológicas que hablan y muestran el pasado, sino también y como muy

importante, la defensa del patrimonio intangible constituido por la cultura del saber-hacer transmitida de generación en generación y que en la actualidad corre serios riesgos de desaparecer ante la avalancha mediática y consumista que empuja a un cambio permanente en las costumbres y en el uso de materiales de mercado con obsolescencias programadas. Rescatar saberes ancestrales y revalorizarlos genera empoderamientos en las personas y colectividades que actúan como reaseguro para la continuidad de la memoria viva de la comunidad así como también para resolver problemas de la cotidianidad de manera sustentable tanto social como ambientalmente.

2.2 La escuela y su problema

Se trata de una escuela rural con déficit de aulas. Muchas de las actividades se hacen al aire libre en contacto con la naturaleza, pero ello obviamente está limitado por factores climáticos y también limitaciones referidas al tipo de disciplinas que se desarrollan.

Concretamente no existía un espacio capaz de albergar las clases de educación musical. Ante esta situación los docentes propusieron una solución autogestionada ante lo lento de las respuestas de los responsables institucionales; así se puso voluntad para accionar en el sentido de la autogestión.

La propuesta de construir un aula con técnicas constructivas con tierra debió ser analizada; en este proceso se vio involucrada toda la comunidad educativa.

2.3 Las negaciones - Las potencialidades

En estas circunstancias se tuvieron que abordar temáticas que daban cuenta de negaciones respecto al uso de la tierra como material de construcción y explorar sus potencialidades.

Uno de los mitos negaciones es que la Arquitectura con Tierra es para gente de escasos recursos o que vive en pobreza extrema. Sostenida por modelos de dependencia respecto a los centralismos burocráticos e industriales. Normalmente la tierra es un material natural disponible en abundancia que casi nunca requiere compras, ni transportes caros, ni desperdicio o transformaciones de carácter industrial; permite involucrar a las personas o grupos interesados a una producción directa y con mucha mayor independencia eludiendo los obstáculos de un mercado o de un monopolio comercial, sin eliminar por ello la posibilidad de una producción no contaminante en serie descentralizada.

Otra negación tiene que ver con las características territoriales y climáticas como ser los sismos en algunas regiones y en nuestro caso el clima subtropical húmedo con lluvias y tormentas; olvidando que cada material tienen sus premisas de diseño y conservación que siendo respetadas lo hacen durable y confortable como lo atestiguan numerosas construcciones actualmente en uso y que por sus transformaciones y adaptaciones no exhiben con claridad el origen de su construcción con tierra.

En cuanto a las potencialidades físicas, técnicas y estéticas, la Arquitectura con Tierra cuenta con excelentes propiedades de aislamiento, de bajo costo energético, con un clima interior balanceado, mantiene confortable la temperatura superficial de los materiales. Se logra con la tierra texturas y colores naturalmente cálidos, es de muy fácil mantenimiento, es un material agradable para trabajar, lo más importante es que puede ser construido personalmente por el usuario, y lo principal es su gran potencialidad para la creatividad personal.

Así en la actualidad se está generando un nuevo modelo en donde la construcción con tierra no solo es elegida por las características descritas sino adoptando un opción de vida alternativa acorde con la realidad histórica y geográfica de la región.

A esto se suma la voluntad expresa de trabajar con la autoconstrucción y autogestión de los involucrados, teniendo especial importancia, por lo tanto, la formación y capacitación del autoconstruccionista.

No obstante hay algunos obstáculos a superar:

- Falta de información y formación.
- El sistema educativo no contempla la incorporación de estos saberes (en ninguno de sus niveles) ya sea por inercia en cuanto a la currícula de la construcción moderna, ya sea por la no adecuación del sistema legal y comercial a estas formas o bien por un falso concepto de la enseñanza de formas de construir de vanguardia que se consideran como las mejores.
- Dificultad en la obtención de insumos.
- Inexistencia del eslabón comercial en donde se puedan adquirir elementos y materiales para la construcción natural con tierra cruda. Se puede inferir que sistema industrializado de construcción con materiales tradicionales, que mantiene un negocio económico del cual los que construyen sus viviendas son dependientes, no le interesa un cambio de costumbres constructivas
- Ausencia de normas que regulen y propicien la construcción con tierra.
- Ante el desinterés del estado por permitir el crecimiento de estas formas ancestrales de construcción se produce una situación de inflexibilidad en la aplicación de los códigos y normativas vigentes, a los que se le suma el poco interés de funcionarios encargados de las oficinas de obras de los municipios y de los colegios profesionales.
- Inconvenientes con la mano de obra artesanal.

Al haberse dejado de utilizar estas técnicas en reemplazo de otras modernas e industrializada se produjo un vaciamiento en el saber hacer propio de albañiles y constructores, que conlleva a la falta de personal capacitado y comprometido en rescatar estas tecnologías constructivas.

3 EL PROCESO EDUCATIVO PROPUESTO

3.1 Objetivos

Generales:

- Rescatar técnicas constructivas originarias al servicio de nuevas formas de arquitectura.
- Fomentar el trabajo comunitario, solidario y autosostenido.
- Construcción de un ámbito apropiado al dictado de las clases de música y artes
- resignificación de un conocimiento constructivo popular

Específicos:

- Generar conciencia colectiva de la necesidad de la necesidad de rescatar valores éticos y morales como el respeto al prójimo, al espacio público, a la naturaleza.
- Incorporar pautas de convivencia en el trabajo comunitario.
- Lograr sentimientos de pertenencia en la comunidad educativa.
- Poner en práctica conocimientos disciplinares.

3.2 Contenidos disciplinares

Como concepto para el rescate de conocimientos sin salirse de las pautas fijadas por los organismos responsables de la enseñanza; se incorporaron durante todo el proceso y en forma paralela al desarrollo de las actividades específicas de diseño y planeamiento de construcción del aula-taller. Manteniendo las premisas devenidas de la hipótesis, se incorporan conocimientos dentro del mismo marco conceptual que el estudiante viene desarrollando, para luego evaluar su incorporación al campo cotidiano.

Los espacios curriculares abajo descriptos desarrollarán los contenidos que se detallan:

- Historia y Geografía: Técnicas de construcción antiguas - Estudio de caso: Construcciones de Santa Fe la vieja (Cayastá) - Recuperación de la tradición oral; Recursos naturales y desarrollo sustentable;
- Biología y Química: Implementación de una galería con la técnica de techo verde con vegetales autóctonos; Composición del barro y de los otros materiales destinados a la construcción; Aprovechamiento de la energía solar como recurso para generar calor y electricidad;
- Física: Unidades del simela; Método científico; Conceptos de incertezas y factores que la originan; Representación gráfica de sistemas de fuerzas; Interpretación de interacciones cotidianas mediante los principios de la dinámica; Resolución de situaciones problemáticas que involucren cuerpos vinculados por fuerzas, sogas, cuerdas, poleas, etc; Diferenciación de los conceptos de calor y temperatura;
- Físico-Química: Los recursos naturales y su transformación física; Materiales. Energía;
- Tecnología: Proyecto tecnológico; Transformación de los recursos naturales; Herramientas; Análisis de productos tecnológicos; Impacto tecnológico;
- Educación Artística (Plástica): El espacio tridimensional. En relación con la producción; La organización espacial a través del diseño en la bidimensión: relaciones de proporción, distancia, volúmenes, espacio y puntos de vista; Espacios interiores y exteriores: características, tratamientos, diseños para su decoración; La modificación de superficies como transición entre el plano y el volumen: modelado con arcilla, tratamiento de la materia y selección de herramientas;
- En relación con las Artes Visuales y su contexto histórico: Reconocimiento de distintas concepciones en el abordaje del espacio: Construcciones ancestrales con raíces en comunidades originarias y Bioarquitectura.

4 EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

4.1 Etapas:

- Motivación: A través de la cátedra de lenguajes artísticos musicales, los alumnos investigan el saber popular (folklore) y las raíces culturales mas ancestrales de la América Precolombina. Surge de este estudio la íntima coherencia e interacción social de las formas colectivas del hacer que ejercitaban nuestros ancestros, tanto en la música como en cualquier otra forma del quehacer cotidiano. Vivenciamos el ARTE;
- Investigación: Recopilación de información de diferentes fuentes: manuales de construcción natural, datos empíricos de personas mayores que han vivido en casas de barro, observación y relevamiento fotográfico de ejemplos construidos en la actualidad, proyección de videos temático;
- Capacitación: Jornada de capacitación para los alumnos, docentes y directivos que se suman al proyecto, sobre construcción con tierra cruda en el taller El Hornero, bajo la supervisión de la Arq. María Carolina Lazzarini, y la colaboración de la Universidad Tecnológica Nacional de Santa

Fe. Conocimientos de dosajes, preparación y mezcla o pisado del barro, aplicación en diferentes técnicas constructivas;

- Diseño: Búsqueda de la forma que alojará apropiadamente la función de aula taller. Nociones de espacialidad, geometría sagrada, diseños bioclimáticos, inercia térmica y aislación térmica, materiales biodegradables y de bajo impacto ambiental, elección de soluciones constructivas adecuadas y más convenientes económicamente. Dibujo y noción de planos y escalas. Planta. Corte. Vista. Cómputo y presupuesto de materiales necesarios;
- Presupuestos: Recopilación de presupuestos y donaciones de los vecinos para la ejecución de las tareas previas al embarrado. Evaluación de costos y elección del contratista para la ejecución del techo, cimientos y contrapiso;
- Ejecución de tareas previas: Comienzo de las obras por cuenta de terceros contratados por los alumnos.
- Minga (tradición precolombina de trabajo comunitario o colectivo voluntario con fines de utilidad social).Tareas de embarrado con la ayuda de la comunidad educativa, padres y vecinos. Pisado del barro, colocación de aberturas, armado de los entramados para la Tapia Francesa, previsión de las cañerías de electricidad, llenado de las paredes, revoques, frisos escultóricos, mosaiquismo, aplicación de las técnicas y conocimientos oportunamente adquiridos (Figuras 3 a 6).



Figura 3. (a) Amasando barro (González-Lazzarini) (b) En contacto con el material (González-Lazzarini)



Figura 4. (a) Durante la construcción (González-Lazzarini) (b) En plana tarea (González-Lazzarini)



Figura 5. Trabajando y aprendiendo juntos (González-Lazzarini)



(a)

(b)

Figura 10. (a) Vista exterior (González-Lazzarini) (b) Vista interior (González-Lazzarini)

4.2 Colaboraciones y financiamiento

Los recursos materiales necesarios para la concreción del proyecto fueron provistos por la Asociación Cooperadora de la Escuela y por la donación y esfuerzo de la comunidad educativa.

También se contó con ayudas desde el senado provincial para la construcción de la cubierta de paja y con aportes de la comuna de la localidad para las terminaciones de la obra.

5 LOS LOGROS

5.1 Premio feria de ciencias; aceptación social

El ministerio de Educación de la provincia de Santa Fe realiza anualmente una Feria de ciencias entre las escuelas de la provincia; en esa instancia el trabajo realizado por docentes, alumnos y comunidad educativa fue premiado por su originalidad y calidad, enorgulleciendo a todos los que lo hicieron posible.

Otro indicador del éxito del proyecto es la apropiación del espacio por parte de los alumnos; que con este accionar dicen SI al aula construida con tierra.

6 CONCLUSIONES

La participación de padres, docentes y alumnos; la incorporación de nuevos saberes desde una forma del aprender-haciendo y que a su vez se amalgama con los contenidos de los programas vigentes; las referencias que los participantes del proceso aportaron desde su conocimiento de historias de vida y también la aplicación de los conocimientos adquiridos en la construcción del aula en una edificación llevada adelante por la familia de uno de los estudiantes; habla de el alineamiento entre los objetivos marcados por la hipótesis de trabajo con los logros obtenidos.

Esto alienta a mejorar y proponer esta metodología en escuelas rurales de la zona y también a adaptarlas a otras realidades socio culturales y geográficas.

Del taller de cierre surge la siguiente reflexión colectiva: “Comprometiendo las manos y el corazón, se hizo un sueño realidad y por sobre todas las cosas, se fomentó el compromiso social...aportando esfuerzo individual a una tarea solidaria; recuperando ancestrales formas de

asociación y trabajo como las MINGAS... creando sueños comunes y generando vínculos para hacerlos realidad... padres, docentes, directivos, políticos, profesionales... y los principales actores: jóvenes alumnos, se solidarizaron y hermanaron con un objetivo común...que en este caso es apenas una pequeña excusa que atesora un sueño mayor... la construcción de una sociedad más justa e inclusiva”.

REFERENCIAS

Minke, G. 2005 Manual de construcción en tierra. Montevideo:Editorial Fin de Siglo.

Minke, G. 2007. Cúpulas de adobe. In *Apuntes* v.20 n.2 Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana

Rotondaro, R. et al 2013. Construcción con tierra en áreas urbanas. In 13° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra - Siacot. Valparaíso

Pelli, V.S. 2007. Habitar, participar, pertenecer. Buenos Aires: Ed. Nobuko.

Kaufmann, R. 2000 Hitos de Santa Fe La Vieja. In *Segundas Jornadas de Historia del Litoral*. Santa Fe

González, A. et al 2010. La Obra Escuela Experiencias de capacitación en tecnologías alternativas – In III Jornadas RedVITEC *Libro de Actas: La Vinculación Tecnológica en el Bicentenario: Desafío para las Políticas Públicas, la Sociedad y la Universidad*.

Charpentier, J. Et al 1981. Aprender haciendo: Una experiencia de formación- investigación- acción. In *Documento de trabajo de IN.CU.PO*.

Paucke, F.; Wernicke E. 2010. Hacia allá y para acá. Editorial: Espacio Santafesino Ediciones ISBN:9789872630102

Aranda, J. Y. et al 2006. La arquitectura con tierra y su variabilidad de experiencias. In *Construcción con tierra v.2* ISSN 1669-8932

Preceitos de sustentabilidade utilizados em parque ecológico em Minas Gerais, Brasil

Regina Ângela Mattaraia

Departamento de Construção Civil e Arquitetura, Universidade Federal do Piauí- DCCA/CT/UFPI.
re.mattaraia@gmail.com

Wilza Gomes Reis Lopes

Departamento de Construção Civil e Arquitetura,, Universidade Federal do Piauí- DCCA/CT/UFPI.
izalopes@uol.com.br

Karenina Cardoso Matos

Departamento de Construção Civil e Arquitetura, Universidade Federal do Piauí- DCCA/CT/UFPI.
kareninamatos@hotmail.com

ABSTRACT: The implementation of any enterprise directly affects the environment and can cause impact of positive or negative way in the place in which it is inserted. It is necessary, this way try to minimize the negative impacts through sustainable buildings. This paper aimed to describe and analyze the design and construction of the Parque Ecológico Pico dos Cabritos, located in Extrema, Minas Gerais, Brazil, identifying the sustainability criteria used. Literature review was accomplished, focusing on the characteristics of sustainable buildings, followed by analysis of the architectural design, identifying the criteria of sustainability deployed. The park is intended to accommodate groups for events, sports activities, and therapeutic studies. In the project was proposed the valuation of natural lighting and ventilation, use of rainwater and use of local materials, from the use of wattle and daub, traditional construction techniques with land and reuse of glass in the window frames, from scrap, actions considered sustainable.

Keywords: sustainability, construction techniques, materials reuse, earth architecture.

RESUMO: A implantação de qualquer empreendimento interfere diretamente no meio ambiente, podendo impactar, de maneira positiva ou negativa, o local em que foi inserido. É necessário, então, que se tente minimizar os impactos negativos por meio de construções sustentáveis. Este trabalho tem como objetivo descrever e analisar o projeto e a construção do Parque Ecológico Pico dos Cabritos, localizado em Extrema, Minas Gerais, Brasil, identificando os critérios de sustentabilidade utilizados. Foi realizada revisão bibliográfica, enfocando características das construções sustentáveis, seguida de análise do projeto de arquitetura, identificando os critérios de sustentabilidade implantados. O parque tem a finalidade de receber grupos para realização de eventos, atividades esportivas, terapêuticas e estudos. No projeto foi proposta a valorização da iluminação e ventilação naturais, aproveitamento da água de chuva, utilização de materiais locais, a partir do uso da taipa de mão, técnica construtiva tradicional com terra e reutilização de vidros nas esquadrias, provenientes de sucata, ações consideradas sustentáveis.

Palavras-chave: sustentabilidade, técnicas construtivas, reuso de materiais, arquitetura de terra.

1 INTRODUÇÃO

A deterioração da relação homem e natureza intensificou-se após o advento da revolução industrial, que causou a aceleração do processo de fabricação e o conseqüente uso dos recursos naturais de forma mais intensa que a natureza é capaz de repor.

Somente em meados do século XX, as questões ambientais começaram a ser discutidas, devido, principalmente, à crise energética e mudanças climáticas. A geração e o consumo de energia constituem-se sérios problemas enfrentados atualmente pela humanidade, devido à crescente escassez de fontes e recursos e ao desperdício da energia disponível.

A construção civil é um dos fatores que mais contribuem para o aumento dos impactos ambientais, pois os materiais de construção provêm de fontes finitas e para sua extração é necessário a degradação do meio ambiente. Krüger (2003) alertou para o fato que, a atividade de construir constitui uma intervenção no meio ambiente, modificando drasticamente, não só o local da construção, como também refletindo em grande número dos recursos ambientais, envolvidos no processo.

Neste sentido, Morel et al. (2001) afirmaram que, em toda parte do mundo, a indústria da construção civil é responsável por altos níveis de poluição do meio ambiente, em decorrência da energia consumida durante as etapas de extração, processamento e transporte da matéria prima.

Kronka (2001) indicou aspectos relacionados ao projeto, implantação e utilização do terreno, materiais construtivos e equipamentos que devem ser considerados, visando à obtenção de uma arquitetura ambientalmente correta e sustentável. A escolha correta dos materiais construtivos garante a sustentabilidade do sistema, pois materiais sustentáveis significam baixa energia embutida e menor impacto ambiental. Entre os pontos a serem observados destacam-se: o uso de materiais encontrados no local, reduzindo desta forma a energia gasta com o transporte, e, também, a opção por materiais que utilizem baixo consumo de energia em sua produção.

Para Agopyan & John (2011), “as decisões de projeto, como localização das obras, a definição do produto a ser construído, o partido arquitetônico e a especificação de materiais e componentes, afetam diretamente o consumo de recursos naturais e de energia”, o que reforça a importância de uma visão sistêmica na implantação de empreendimentos construtivos.

Macedo (2011) defende que é papel do arquiteto proporcionar uma integração entre os conceitos adotados no projeto e os materiais que o compõem, inclusive, por meio da recuperação e do aperfeiçoamento de técnicas inspiradas em tecnologias ancestrais.

Salgado et al. (2012) aprofundam a questão, destacando que a “troca de informações, entre as diferentes especialidades, deve ter início, obrigatoriamente, na fase da concepção arquitetônica”, em que a participação de diversos especialistas da área da construção civil, relacionados, por exemplo, à estrutura, iluminação, térmica ou acústica, desde o início do projeto, pode contribuir para a produção de construções mais sustentáveis.

Este trabalho teve como objetivo descrever e analisar o projeto e a construção do Parque Ecológico Pico dos Cabritos, localizado em Extrema, Minas Gerais, Brasil, identificando os critérios de sustentabilidade utilizados.

2 SUSTENTABILIDADE NAS CONTRUÇÕES

Foi, apenas, no final do século XX que as principais nações se reuniram para efetivar posturas que permitissem uma sobrevivência ao planeta. A Declaração de Estocolmo, ocorrida em 1972, é tida como marco na discussão de problemas ambientais como também, o relatório “Nosso Futuro Comum”, da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), lançado em 1987, que apresentou um conceito para desenvolvimento sustentável. Outros compromissos internacionais foram assinados, destacando-se a Declaração do Rio de Janeiro, a Agenda 21 Global, a Convenção do Clima e a Convenção da Biodiversidade, todos de 1992. “Todos esses documentos têm a questão da informação e os indicadores como peça-chave na estratégia para a mudança de padrões de consumo e produção mais alinhados com a ideia de desenvolvimento sustentável (Malheiros et al., 2013).

Segundo Silva (2009), “o crescimento industrial, sobretudo após a II Guerra Mundial, trouxe consigo elementos indesejáveis que resultaram em poluição atmosférica e degradação ambiental, provocadas pelo uso de combustíveis fósseis e seus subprodutos gasosos”, levando a surgir, os Protocolos de Montreal e de Kyoto, que objetivavam controlar o uso de alguns gases prejudiciais à vida e ao meio ambiente. O Protocolo de Montreal, lançado em 1987, previa a redução do uso de produtos que utilizam Substâncias Destruídas da Camada de Ozônio (SDOs). Já o Protocolo e Kyoto, criado em 1997, propôs metas para a redução da emissão de CO₂.

Para Sachs (2002), o desenvolvimento sustentável está fundamentado “na harmonização de objetivos sociais, ambientais e econômicos”, que englobaria oito critérios de sustentabilidade, definidos no encontro de Estocolmo, relacionados aos aspectos: social, cultural, ecológico, ambiental, territorial, econômico, política (nacional) e política (internacional). Dessa forma, a procura pela integração destes critérios é um importante passo a ser trilhado entre as estratégias ambientais.

De acordo com Pol (2003), toda intervenção no meio ambiente provoca impactos ambientais, que têm, pelo menos, uma dimensão física e uma dimensão social, alterando (positiva ou negativamente) o ecossistema, o comportamento e o bem-estar das pessoas. Destaca-se, ainda, que, embora o objetivo fim do desenvolvimento sustentável seja comum para toda a humanidade, para cada local devem ser traçadas estratégias e orientações de ações específicas, para se alcançar os objetivos imediatos.

A construção civil é tida como uma das atividades mais impactantes do meio ambiente, devido tanto ao uso de recursos naturais como matéria-prima, como também, pela energia consumida durante as etapas de extração, processamento e transporte desses materiais, além da considerável quantidade de entulho produzida nas obras. Daí, a importância de estudos que visem à produção de construções sustentáveis.

O termo arquitetura sustentável, segundo Lamberts (2004), “surgiu a partir dos anos 90 como um meio de reconhecer na construção umas das principais fontes de degradação dos recursos ambientais e, potencialmente a principal fonte de renovação dos mesmos”.

Na construção sustentável, destaca-se o conceito de Arquitetura Bioclimática, caracterizada por Francisco e Ino (2009), pela aplicação dos elementos arquitetônicos com a intenção de criar um ambiente construído com alto grau de conforto higrométrico e pequeno consumo energético.

Para Nunes et al. (2009), ao se “adotar como padrão de construção”, a arquitetura sustentável, também conhecida como arquitetura verde ou arquitetura ecológica ou ecoarquitetura, é possível ocorrer a “ampliação do conforto ambiental e à economia de recursos naturais, tais como água e energia elétrica”.

Figueiredo (2011) refere-se à construção verde como aquela que deve “respeitar as normas para redução de danos ambientais e ser projetada, construída e mantida com o mínimo consumo de água e energia, dando prioridade a materiais que não poluem o ambiente durante sua produção e não provocam danos à saúde dos usuários”.

Desta forma, é importante a escolha adequada, tanto do processo construtivo, como dos materiais a serem empregados, visando a redução do consumo de energia. Neste contexto, destacam-se as técnicas construtivas de terra, consideradas de baixo impacto ambiental e ecologicamente sustentáveis.

Ainda hoje, construções com terra podem ser encontradas em diferentes recantos do planeta, utilizando-se técnicas variadas, adaptadas ao clima e aos condicionantes físicos, adequando-se às particularidades de cada região. Dentre as técnicas construtivas com terra utilizadas no Brasil, destaca-se a taipa de mão (pau-a-pique, *bahareque*, *quincha*), que é um sistema construtivo artesanal misto, fundamentado no emprego de madeira e terra.

As técnicas de construção com terra apresentam as vantagens de serem facilmente assimiladas por mão de obra não qualificada, de terem baixo dispêndio de energia, de apresentarem um bom desempenho climático, de usarem materiais renováveis e de não poluírem o meio ambiente.

Além destes fatores, é relevante destacar a sustentabilidade presente nas técnicas de construção com terra. Segundo Craterre et al. (2009), construir com terra é reformular “o emprego de recursos de nosso planeta, associando terra, água e sol num verdadeiro desafio técnico, cultural, social, econômico e ambiental. [...] É revalorizar, adaptar e transformar mais de 11.000 anos de conhecimento e capacidade, e associar um material secular a uma arquitetura inovadora”.

3 O PARQUE PICO DOS CABRITOS

O Parque Pico dos Cabritos está situado, a 1.470,00 m de altitude, na Serra da Mantiqueira, no município de Extrema, localizado a 476,00 km de Belo horizonte, Minas Gerais, em ambiente montanhoso, região de Mata Atlântica, possuindo vista privilegiada de todo o entorno da serra. A importância ambiental do município de Extrema se deve, principalmente, às suas nascentes que, canalizadas pelo Rio Jaguari, são responsáveis por parte do abastecimento do Sistema Cantareira, que atende à população da cidade de São Paulo.

Antes da implantação do parque, o local foi utilizado, durante vários anos, como pastagem para criação de cabritos, sofrendo processo de degradação, que resultou em perda de parte de sua mata nativa, contribuindo para o aparecimento de voçorocas. Com a implantação do parque, foi possível o restabelecimento da vegetação e a preservação do local.

A região montanhosa atrai visitantes interessados em esportes de aventura, passeios e trilhas por proporcionar uma melhor qualidade de vida se comparada à grande metrópole. Distando apenas 100 km de São Paulo torna-se um local de acesso fácil.

A criação do Parque se deveu à proposta de um local a ser utilizado como espaço de atividades de lazer e educação ambiental, além de restaurar e preservar a sua flora e fauna, bastante degradadas devido a anos de exploração. A implantação foi feita de forma a permitir a recuperação da mata, bem como a reestruturação da fauna local. A consciência ecológica foi a linha mestra do processo projetual do parque e permaneceu como norteador das ações desenvolvidas em seu espaço. Segundo Adam (2001), a consciência ecológica pode ser caracterizada “mais como uma forma ética de pensar e comportar-se” que uma “disciplina científica”.

Criado com a finalidade de realizar eventos empresariais, cerimônias e atividades terapêuticas, educacionais, esportivas e recuperadoras do meio ambiente, a estrutura do parque é formada por seis edificações de apoio: casa do guarda do parque, administração, sala de eventos, restaurante, sanitários e Spa, contando, ainda, com local para estacionamento, horta, viveiro de mudas e pequeno lago onde se situa a roda d’água.

O processo contínuo de recuperação da flora é feito por meio da criação de canteiro de mudas, sendo utilizado, também, como programa de educação ambiental junto às escolas da região. Foi realizada, ainda, a limpeza da área circundante ao olho d’água, existente próximo ao local, em que foram implantados os edifícios e feito o replantio de espécies adequadas à Mata Atlântica.

3.1 O projeto

A qualidade de vida dos usuários do parque e a recuperação e preservação do ambiente físico foram pontos norteadores do processo de implantação do projeto. Não apenas a qualidade física, mas a psicológica e a social foram levadas em consideração neste processo. Desta forma,

o parque foi planejado para proporcionar ao usuário um local de equilíbrio físico, psíquico, saudável e socialmente responsável.

A paisagem, o entorno e o respeito à natureza foram determinantes na implantação dos edifícios, de forma a proporcionar contemplação, busca pelo autoconhecimento, além de local que permitisse a realização de eventos esportivos, aperfeiçoamento de Recursos Humanos e desenvolvimento de projetos de educação ambiental. A proteção e recuperação da flora, também, foram consideradas nas prioridades do projeto.

A consequência destes princípios conceituais foi a determinação do partido arquitetônico, em que se optou por construir nas áreas mais planas do terreno, para minimizar a movimentação de terra e tirar proveito da insolação e ventilação naturais, considerando que por estar situado na serra, o local está sujeito a invernos frios e verões amenos. Além disso, procurou-se de tirar partido das vistas panorâmicas, que se abrem em trechos do parque.

As edificações principais foram projetadas e executadas com materiais naturais e sustentáveis. A estrutura independente foi executada em eucalipto roliço tratado, as vedações em taipa de mão utilizando solo local, as esquadrias foram envidraçadas com vidros reciclados e os telhados foram projetados como teto verde (restaurante) e como captação para o reaproveitamento da água de chuva (administração e sala de eventos). Utilizou-se a roda d'água para captação de água do riacho sem prejuízo de seu fluxo hidrológico.

Foi previsto em projeto, porém não executado, o reaproveitamento da água de chuva, proveniente dos telhados das salas de administração e de eventos, canalizada por meio de grelha para reservatório, situado em patamar abaixo ao nível dos edifícios.

3.2 A implantação

Para permitir a insolação e a circulação do ar neste local, além de minimizar a impermeabilização contínua do solo, a implantação dos edifícios foi feita em blocos, permeados por verde e caminhos. Segundo Jourda (2012), “uma boa insolação é fundamental para a obtenção de energia solar passiva, assim como para o conforto e a qualidade de vida de seus usuários”.

O projeto consta de seis edificações de apoio: casa do guarda parque, administração, sala de eventos, restaurante, sanitários e spa, contando, ainda, com local para estacionamento, horta, viveiro de mudas e pequeno lago onde se situa a roda d'água.



Figura 1. Vista geral das edificações (Google, 2007).

Os blocos principais, administração, sala de eventos, banheiros e restaurante estão situados próximos, formando um conjunto arquitetônico permeado por caminhos, rampas e escadas.

Adotou-se como partido arquitetônico, edifícios sextavados, distribuídos em blocos separados de modo a permitir maior circulação de vento e incidência solar e romper uma possível continuidade na impermeabilização do solo (Fig. 1).

Esta tipologia de implantação permitiu, também, a manutenção de áreas com vegetação mais relevante. Os caminhos e elementos já existentes no local tais como grandes pedras, árvores, bosque, também, foram incorporados ao projeto (Fig. 2).

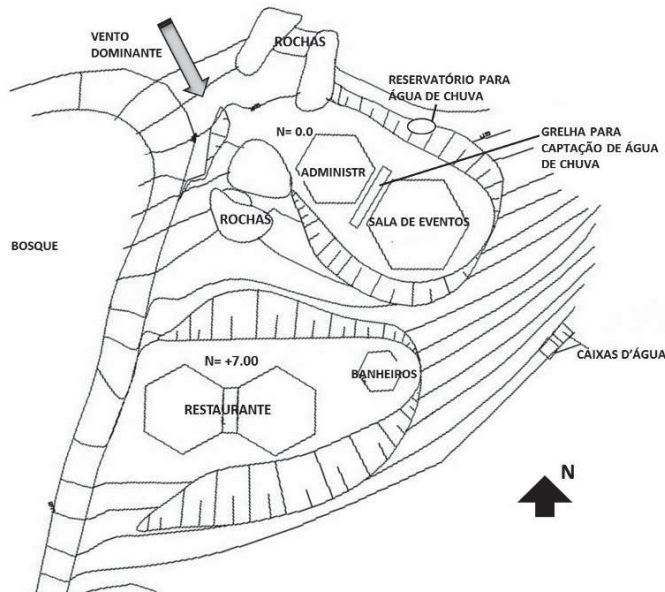


Figura 2. Implantação dos edifícios principais com localização dos ventos dominantes

A área do bosque existente próxima às edificações foi utilizada como local de descanso e contemplação, viabilizado por meio da colocação de bancos e mesas, executadas com troncos de local, remanescentes de um incêndio ocorrido no parque, em 2008.

3.3 Descrição das edificações e do processo construtivo

As edificações principais, restaurante, administração e sala de treinamento, foram projetadas com estrutura independente em eucalipto (*Eucalyptus sp.*) roliço tratado e vedação em taipa de mão (Fig. 3). A opção por materiais naturais foi motivada pelo baixo consumo energético em seu ciclo de vida, facilidade de obtenção da matéria prima, no caso da terra, melhor conforto térmico nas edificações, além de propiciar um ambiente saudável. ADAM (2001, p. 106) afirma que a industrialização dos materiais de construção eleva o custo ambiental ao consumir “excessiva energia em seu processamento”, e muitos deles possui “composições químicas agressivas à saúde”.



Figura 3. (a) Estrutura em eucalipto e cobertura em telha de barro da administração. (b) Painéis sendo barreados na sala de eventos

A arquitetura de terra, devido a sua versatilidade, é encontrada em diversas partes do mundo, por meio de diferentes técnicas. Em cada região é adaptada ao clima, aos condicionantes físicos existentes e aos materiais encontrados, possibilitando suprir as necessidades construtivas locais.

A estrutura em eucalipto roliço foi projetada de forma independente e afastada das vedações a fim de evitar as patologias causadas pela movimentação na interface entre os pilares e os painéis de taipa de mão (Fig. 4).

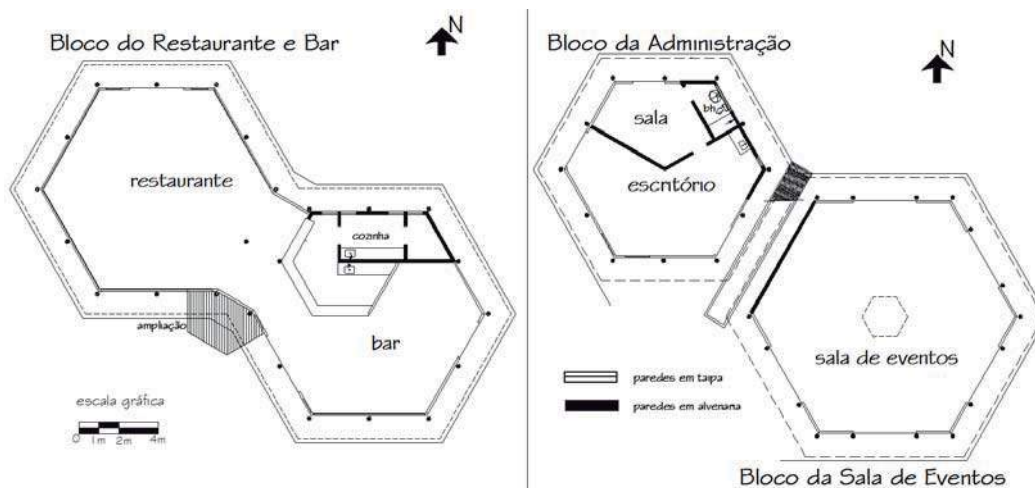


Figura 4. Plantas baixas das edificações em taipa de mão

A vedação em taipa de mão foi utilizada na construção do restaurante, da administração e da sala de eventos. Para os outros equipamentos e áreas molhadas, foi utilizado, como material de vedação, blocos de concreto, considerando-se o uso público e intenso desses locais. Dessa forma, o Spa, o bloco de sanitários, as áreas referentes à cozinha do restaurante, o banheiro e copa do bloco administrativo foram executados em alvenaria de blocos de concreto (Fig. 5).



Figura 5. Restaurante executado em taipa de mão (à direita) e área da cozinha, executada em bloco de concreto (à esquerda).

Na execução da taipa de mão foi utilizada a terra do local, com acréscimo de palha e água. A terra local foi classificada como solo arenoso, após a realização dos ensaios de teste da queda da bola e o teste do vidro, conforme apresentados por Neves et al. (2010).

Diversos autores, dentre eles Doat (1979) e Frota & Le Roy (1978), indicam o solo argiloso para a técnica de taipa de mão, enquanto outros, como Mditieri et al. (1987), afirmam que a terra local pode ser empregada sem muita restrição, no que concerne a sua granulometria, podendo, também, ser utilizada a terra arenosa, com cerca de 60% de areia.

Para o entramado foi previsto, no projeto, o uso de painéis pré-fabricados em madeira, executados em serraria próxima. Devido à dificuldade de transporte e seu custo final, optou-se

por fazer o entramado *in loco*, juntamente com o barreamento e a argamassa de revestimento. Foram utilizadas madeiras de sobra de serraria para a fabricação do entramado (Fig. 6a). Estes painéis foram barreados *in loco* e revestidos de argamassa de cal, terra e areia.

As paredes de taipa de mão foram executadas com 12 cm de espessura e altura de 3,00 m, apoiadas sobre baldrame de concreto e estruturadas, em sua parte superior, por peças de 12x12 cm. (Fig. 6b). O barreamento foi executado em duas camadas, sendo que a segunda foi aplicada após a primeira secar completamente.



Figura 6. (a) Entramado das vedações. (b) Barreamento do restaurante

Após a secagem dos painéis foi aplicada argamassa de revestimento feita de cal, terra local e areia no traço 1:1:2 (cal:terra:areia), baseado em Mattaraia (1998). A areia quartzosa foi adquirida no comércio local, especificada como areia média e a cal hidratada utilizada foi a CHII.

A argamassa foi aplicada em duas camadas. A primeira com variações de espessura de 2 a 3 cm e a segunda, após a secagem da primeira, com 0,5 cm de espessura. A primeira camada foi aplicada, de forma a uniformizar o painel (camada de regularização, ou emboço) e a segunda camada foi aplicada para dar o acabamento (reboco).

3.4 O acabamento

Foram utilizados materiais naturais e reciclados em várias etapas da construção, em especial nos detalhes e acabamentos. Para o fechamento de todas as esquadrias foram utilizados vidros de ônibus, adquiridos em sucata. No calçamento externo dos edifícios foram utilizados cimento e sobras de cerâmicas (Fig. 7).



Figura 7. Portas com vidros reutilizados

As luminárias do restaurante foram confeccionadas com papel e as externas foram feitas aproveitando sobras de tubos de PVC e folhas de flandres. As bancadas do banheiro foram executadas com sobra de madeira, assim como as bicas enquanto que para execução das pias foram vasos de concreto adaptados (Fig 8).

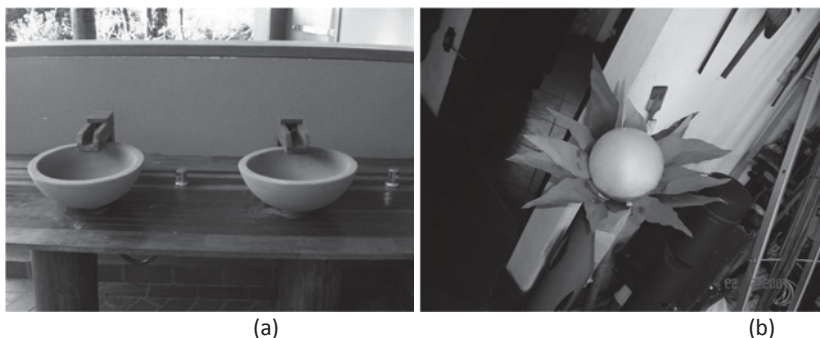


Figura 8. (a) Bancada e bica em madeira reaproveitada. (b) Luminária externa em tubo de PVC e folha de flandres

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A localização das edificações no terreno de forma distribuída permitiu a circulação do ar entre as edificações, contribuindo para a salubridade, melhorando o conforto das construções durante o período quente. Esta implantação também diminuiu a impermeabilização contínua do solo e permitiu a integração dos elementos do entorno como árvores, pedras e caminhos.

O uso da técnica vernacular da taipa de mão nas construções, mostrou a integração com contexto de sustentabilidade do parque, na medida em que ao se utilizar material natural local, foram minimizados os custos energéticos com transporte e a poluição provocada pelos materiais convencionais em sua cadeia produtiva, além eliminar a geração de entulhos. A promoção de um material local, barato e disponível coloca as construções em terra como uma alternativa ecológica e econômica aos materiais utilizados atualmente nas construções, materiais estes nocivos ao meio ambiente. Destaca-se, ainda, que o reuso, reciclagem e transformação dos materiais reduziu o impacto da produção de novos materiais.

Deste modo o projeto do parque ecológico contribuiu para a recuperação do equilíbrio ambiental e o fortalecimento da integração do homem com a natureza, em que o homem é apenas uma parte nesta relação.

REFERÊNCIAS

- Adam, R. S. 2001. Princípios do ecoedifício: interação entre ecologia, consciência e edifício. 128p São Paulo: Aquariana.
- Agopyan, V. & John, W. 2011. O desafio da sustentabilidade na construção civil. São Paulo: Blucher.
- Brundtland, Gro Harlem. 1987. Our common future: The World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University.
- Craterre et al. 2009. Habiter la terre: Manifeste pour le droit de construire en terre crue. In *Ecologik*, n. 12: 64-65.
- Doat, P. et al. 1979. Construire em terre. Paris: Éditions Alternatives.
- Figueiredo, C. R. 2011. Critérios de sustentabilidade adotados em um edifício residencial no Setor Noroeste de Brasília. In VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. *Livro de Actas*. Vitória: ANTAC.
- Francisco, M. L.; Ino, A. 2009. Análise da incorporação de estratégias bioclimáticas buscando a eficiência de habitação no meio rural. Caso: Assentamento rural Sepé Tiarajú (Serra Azul-SP). In: Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis 3., 2009, Recife. *Livro de Actas*. Recife: ANTAC.
- Frota, P. & Le Roy, L. 1978. A casa de taipa em São Miguel do Tapuio. Brasília, 88p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura) Departamento de Arquitetura. Brasília :UNB - Universidade de Brasília.
- Jourda, F. H. 2012. Pequeno Manual do Projeto Sustentável. Barcelona: Gustavo Gili.

Kronka, R. C. 2001. Arquitetura, sustentabilidade e meio ambiente. In: Encontro Nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis, 2., 2001, Canela, RS. *Livro de Actas.* : 67-72. Porto Alegre: ANTAC.

Lamberts, R. et al. 2004. Eficiência Energética na Arquitetura. 2 ed., revisada. São Paulo. Editora ProLivros.

Lopes, W. G. R. 2003. Aspectos construtivos de Taipa de Mão. In Proterra. *Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra.* Salvador: PROJETO PROTERRA/CYTED

Macedo, F.H.T.M.B. 2011. A expressividade dos eco materiais. Trabalho apresentado na Disciplina Estratégias Bioclimáticas. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa (UTL).

Mattaraia, R. A. 1998. Argamassa de revestimento para terra crua: Terra-palha, taipa de mão, solo-cimento. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: Universidade de São Paulo – EESC/USP.

Malheiros, T. F. et al. 2013. Desafios do uso de indicadores na avaliação de sustentabilidade. In: Philippi JR., A. & Malheiros, Tadeu Fabrício (Org.). *Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental.* Coleção Ambiental, 12. Barueri: Manole.

Mitidieri, J. et al. 1987. Transferência de tecnologia em habitação e saneamento: proposta de ação conjunta. Rio de Janeiro: IBAM.

Morel, J. C. et al. 2001. Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction. In *Building and Environment.* n. 36 : 1119-1126. Pretoria.

Nunes, I. H. O. et al. 2009. A arquitetura sustentável nas edificações urbanas: uma análise econômico-ambiental. In *Arquiteturarevista.* Vol. 5, n. 1:25-37

Neves, C.; Faria, O. de B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P. S.; Hoffmann, M. V. 2010. Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. PROTERRA

Pol, E. 2003. A gestão ambiental, novo desafio para a psicologia do desenvolvimento sustentável. In *Estudos de psicologia.* vol.8, n.2 : 235-243. Natal.

Sachs, I. 2002. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond.

Salgado, M. 2012. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. In *Ambiente Construído.* v. 12, n. 4 : 81-99. Porto Alegre: ANTAC..

Silva, D. H. da. 2009. Protocolos de Montreal e Kyoto: pontos em comum e diferenças fundamentais. In *Rev. Bras. Polít. Int.* 52 (2): 155-172.

Silva, D. N. A. C. & Carvalho, R. 2007. Construções Ecológicas e Sustentáveis: Análise Comparativa de Custos entre Painéis em Bambu e Barro com Alvenaria de Bloco. In: *TecBahia: Revista Baiana de Tecnologia.* vol. 22, n. 1-3. Salvador

Earthen construction opportunities after the new Brazilian building performance standard.

Ana Cristina Villaça

University of Wollongong, Faculty of Engineering and Information Sciences, Wollongong, New South Wales, Australia
anavillaca@gmail.com

ABSTRACT: The ABNT NBR 15.575, published in July 2013, is a watershed in common Brazilian construction practices because it establishes for the first time performance-based building standards. This regulation affects not only the way buildings are constructed but also how they are maintained and sold. The new standard will induce architects and engineers to search for better construction solutions. Within this context, earthen constructions have the potential to meet the new standard's performance requirements. This article aims to (i) briefly present the main aspects of the new performance standard, (ii) contextualise this standard within the evolution of building codes and (iii) point out how earthen techniques can satisfactorily meet the building performance standards recently established.

Keywords: building performance, technical standard NBR 15.575, innovation, earthen construction.

1 INTRODUCTION

Building energy performance optimisation has been gaining increasing attention as one of the most efficient strategies to conserve energy, and while relevant measures have been adopted by developed countries for regulating the way buildings consume energy, Brazil only has a first version of a building performance-based technical standard in 2008 (as a voluntary process), which became mandatory, after some review processes, in 2013. The technical standard NBR 15.575 establishes the requisites and criteria for building system and subsystem assessment for residential buildings (ABNT, 2013). In the next few years, this standard is very likely to have an effect on the construction industry supply chain, including final consumers.

Architects, engineers and contractors (AEC professionals) have already started to search for new materials, products, technologies and best practices to meet new performance demands. Among the available building technologies, earthen construction techniques have currently been applied in several places around the world. Known for their thermal performance, abundant availability and favourable aesthetics, earthen techniques have been receiving more attention in recent decades from those who are in search of more environmentally friendly techniques.

This influence could only be analyzed after a minimum of 5 years after the standard is introduced, as this is the average time that buildings take to be designed, licensed, built and inhabited in Brazil. In the meanwhile, this article aims to (i) briefly present the main aspects of the new performance standard, (ii) contextualise this standard within the evolution of building codes and (iii) point out how earthen techniques can, even today, satisfactorily meet the standards of the new Brazilian standard

2 BUILDING CODES AND TECHNICAL STANDARD NBR 15.575:2013

Various forms of building codes have existed for thousands of years. These have been driven by a range of factors such as structural security and the impact of catastrophic events. The first contemporary building code, however, was published in 1905 in the United States. This was known as the National Building Code and concerned building structure security. Four decades

later, the installation of fire alarms and risk isolation in buildings were made mandatory (McFann, 2013). That was probably the first time people's comfort and safety was taken into account in building regulations. Most of the prescriptive building codes in the past established minimum and maximum areas, lengths and other dimensions a building should have. They were short and simple, but they established the rules with reference to many other rules, standards, codes, patterns and guidelines with which it was necessary to be familiar. These simple but extremely detailed codes asked for a high level of professional specialization for their interpretation, and they were overly restrictive to innovation and changing practices in building design.

Following the Second World War, developed nations were worried about the quality and performance of large-scale constructions. As energy consumption is directly related to welfare, building performance standards started to be considered and this resulted in the establishment of technical standard ISO 6241:1984 (IPT, 2012). Nowadays, there is great effort to reduce energy consumption by improving energy efficiency and buildings play an important role in this scenario as they are intensive energy consumers. Thus, developed countries have been adopting energy codes or considering energy performance in building codes in order to achieve better results than the ones achieved with the prescription codes.

As one of the first Brazilian initiatives in 1980, the Institute for Technologic Research of São Paulo (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo -IPT) formulated minimum criteria to assess the performance of low income residential buildings which was later developed and finalized in association with the Research and Project Funding Agency (Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP) and the Program for Habitat Quality and Productivity (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat -PBQP-H). This program was created in 1998 with the aim of meeting the compromise assumed by the Brazilian government in the Habitat II Conference, in 1996 (IPT, 2012) and focused on two aspects: increase the quality of the habitat and modernise the manufacturing of building products.

Another initiative is the creation of a standardised methodology to assess innovative construction systems before they can be offered on the market. With this in mind, technicians developed, in the context of the PBQP-H, the National System of Technical Assessment (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas -SINAT) and the System for the Qualification of Materials, Components and Constructive Systems (Sistema de Qualificação de Empresas de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos -SiMac). However, there are challenges to be faced. These include, for example, the composition of a board of researchers and laboratories qualified to do the analysis. To date, in Brazil there are only ten Technical Assessment Institutions (ITAs) with this accreditation to provide the Technical Assessment Document (Documento Técnico de Avaliação-DATec)(IFBQ, 2011). These few institutions are geographically concentrated in the south eastern region of Brazil and this means that the process of accepting a new technology can be long and difficult.

Before considering the whole building's performance, there were two technical standards: the one concerning energy: NBR 6401:1980, for air conditioner systems (ABNT, 1980), and NBR 5413:1992 for lightning systems (ABNT, 1992), which was replaced by ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. These norms were outdated and caused the tendency to oversize the systems (LAMBERTS et al, 2013). In 1990, Law 8.078 better known as the Brazilian Consumer Defence Code (BRASIL, 1990), started to rule consumers' relationship in order to guarantee the quality of all products on the market. Since then, all technical standards have become mandatory.

The National Policy of Conservation and Rational Use of Energy, Law 10.295, published in 2001 (BRASIL, 2001), also known as the Energy Efficiency Law, established performance standards to any energy consuming products, including buildings, based on minimum indexes of energy efficiency. This same year energy production across the country was low due to the lack of rain

and the low hydroelectric plant reservoir levels. This caused, among others measures, mandatory limitations on energy use. Four years later, the NBR 15.520:2005 outlined the volunteer process and methodology to achieve the ENCE (Brazilian National Label of Energy Efficiency) for commercial and residential buildings according to thermal requisites (ABNT, 2005). These methodologies were developed by the Brazilian Program for the Conservation of Electric Energy (PROCEL), to guide the assessment of building performance throughout the design process and after building conclusion (PROCEL, 2007). In 2011, the National Energy Efficiency Plan (Plano Nacional de Eficiência Energética -PNEf) aimed to save energy by 10.37% over a 10 year-period, based on the consumption of 1.027.879 GW. This plan has effects on education, small and medium sized companies, public lighting and other aspects of daily life (PNEF, 2011).

The prescriptive model establishes common solutions and tends to constrain innovation. In contrast, the performance model, as it specifies building requisites according to occupants' needs and exposure conditions, allows a set of solutions that stimulates innovative technologies. Today, countries concerned about energy efficiency tend to adopt building performance requirements, such as fire prevention, structural security and energy efficiency, rather than prescriptive requisites. Nowadays constructions are subject to a large number of regulations at different administrative levels including professional practice regulations, environmental and building codes and technical recommendations, from the most permissive to the most restrictive, accordingly to each situation. Performance has to do with the total building lifecycle and its surrounding environment and climate, as each building is unique in its relationship with the environment, and taking all these issues into consideration makes the task very complex.

In a general sense, Brazilian buildings have received little attention regarding the rational use of energy, probably because there was no legislation regarding these aspects. Until NBR 15.575 was published, the existing standards were not mandatory. The NBR 15.575 was first published in 2008 as a voluntary process, and after long revision, the fourth version was published in mid-2013 and is now mandatory for all new residential buildings. This norm proposes guidelines to assess and improve building performance in overall quality and energy efficiency by assessing the main building's systems during the planning phase and also onsite after building conclusion, to verify that they were designed and built according to the minimum energy efficiency performance standards established. The systems to be assessed are structure, flooring, internal and external walls, roofing and water and sewage systems and the methods to assess them are also established by this technical standard.

3 EARTHEN BUILDINGS IN BRAZIL

Earth is the oldest and most widely used building material on the planet (Rael, 2009), recognised for providing comfortable dwellings with minimum impact to the environment, and for this reason earthen constructions can be found all over the world. In Brazil, earthen techniques were introduced by the Portuguese settlers after 1500. In a general way, rammed earth was used in the most important public buildings, sometimes mixed with masonry (stone) techniques and adobes; and the lighter techniques, like wattle-and-daub, were used to build houses. Thus, earthen techniques can be considered part of Brazilian culture and tradition, although it is not the most practiced construction technique. In fact, these techniques will not fit every occasion, as they require very specific conditions. This means that most often they are not the first choice. However, in the last 30 years, things are changing, due to the search for more environmentally friendly building materials.

In response to the need to produce safe buildings, AEC professionals started to look for new technologies, and this resulted in some ancient techniques being revived. One of these techniques, compressed earth blocks (CEB), has been being brought back into practice since the 1980s by the Research and Development Centre of Bahia (Centro de Pesquisa e

Desenvolvimento da Bahia -CEPED), when they started to test CEB samples. This resulted in the first Brazilian CEB technical standard. Recently, in 2012, five technical standards for CEB were revised and published (NBR 8.491, NBR 8.492, NBR 10.833, NBR 10.834 and NBR 10.836). These norms established the requirements for the construction of masonry without structural function, its dimensional analysis, its compressive strength and methods to test its water absorption limits. This certainly opens the possibility for other earthen techniques standards to be created. Another earthen construction technique – adobe, or sun dried earthen blocks – is now the focus of a new standard, as the Brazilian researchers from Earthen Construction Network (Rede TerraBrasil) have been working on the first draft of an adobe technical standard proposal since the last biannual meeting in 2012, in Fortaleza, Brazil.

Like any other building technique, there are pros and cons. On the positive side, earthen buildings are known for their exceptional thermal properties, providing comfort, agreeable ambiance and aesthetic appeal. On the other hand, it is very likely that the local soil will need some improvement (Hall *et al*, 2012) but this can be easily done. These constructions demand more frequent periodical maintenance than any other building technique and they also require a very well planned strategy against water, such as a well-constructed foundation and large roof (Rael, 2009).

Since 2008, the internationally recognized British Building Research Establishment (BRE) Environmental Assessment Method (BREEAM), a system of assessment for building materials, recognizes rammed earth as a sustainable A+ rated material (Hall *et al*, 2012; UEDA, 2012) because of its high thermal mass, structural performance and inherent recyclability, which result in significant environmental benefits.

Meanwhile, in Brazil, according to the PBQP-H procedures, for a technique to be considered innovative (like the improvements of earthen techniques) and be allowed to be put into practice, it has to pass through a process of assessment according to the appropriate document (Documento de Avaliação Técnica-DATec) in order to be put into practice. Although it is an opportunity for new systems to be recognized, so far current practice demonstrates that this is a complex and long process, that does not encourage the registration of such new processes. Improvements in material engineering and technology have recently provided earthen buildings with a new perspective resulting in the construction of many new earthen buildings and underpinning the possibility to guarantee the performance and quality required by building codes and technical standards. The new standard is a great opportunity for the adoption of well-designed and specified earthen construction and to highlight the performance of earth as a building material.

3.1 Brazilian conventional construction

The construction industry in Brazil generates high employment, huge consumption of non-renewable resources and energy. Its vast complexity comprises many different segments, including mining, the steel industry, the building material transformation industry, building assembly, machinery services, the financial sector, the real estate industry and the final consumer, that is, the owner or tenant. These activities generated an additional value of R\$328.5 million in 2012 with 13.4 million employees, most of whom are of low socio-economic and educational status and responsible for 8.8% of the Gross Domestic Value (FIESP, 2012).

Nevertheless, building energy consumption reaches 40% and a level of waste of 30% is high compared to developed countries. Of course, this generates unnecessary costs at the end of the construction. The building industry is also one of the biggest consumers of non-renewable natural resources. It consumes 16.6% of the fresh water supply, 25% of harvested wood (timber), and 40% of fossil fuels and manufactured materials. This industry is responsible for atmospheric pollution through high emissions of CO₂, one of the greenhouse gases (GHG). The Brazilian cement industry has a significant amount of CO₂ emissions, 6% to 8% of the total

emissions caused by anthropic activities. Because of this, the construction industry is one of the greatest polluting industries. Brazilian buildings consume during their operation phase and maintenance almost 50% of the total national energy consumption, not considering the embodied energy of building materials (John, 2000)

4 THE NBR 15.575 AND ITS LIKELY EFFECTS ON CONSTRUCTION RELATED SECTORS

Today, 54% of the world population is living in urban areas, while only 46% live in rural areas and it is expected that by 2050, 66% of the world's population is projected to be urban (WHO, 2014.). This population will need more buildings in which to live and those buildings must meet energy efficiency standards. A great part of the existing building stock was built without any consideration of building performance and this means that this population is living in uncomfortable and inefficient buildings, with electrical devices to keep them comfortable. The Brazilian standard of building performance aims to raise the bar of quality and performance in building construction, and start to provide the population with a new generation of efficient buildings.

The impacts of the changes may be not immediately perceived. They will probably take at least five years to reach all the stakeholders involved because this is the average period a building takes in Brazil to be designed, licensed, built, sold and occupied. Considering building complexity, it is reasonable to assume that the different sectors will be adapting to the new standards accordingly to the sector's demands. This may cause an imbalance in the overall performance of the sector. The building performance standards developed over recent decades, however, have raised the bar of new building quality and performance. They challenge the way buildings are designed and operated, and this also means that evaluating different design options (geometry, typology, envelopes, technologies and building interactions) is becoming harder than ever before. The major obstacles identified in the optimization of building performance are discussed through the approach of different stakeholders: AEC professionals, the building materials industry and the relations between the real estate sector and the final consumers.

4.1 AEC Professionals

Engineers' and architects' previous design practices were linear and sequential. Due to the many rules, each professional holds a specific area of knowledge and frequently must do the same task more than once. This caused delays and sometimes, as work has to be done again, it caused overspending of the project's budget. The new performance standards ask for multidisciplinary teams, and also professionals able to deal with a huge amount of information. Computer systems as a work tool are almost mandatory in this area.

In September 2014, the Brazilian Association for Technical Standardizations (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT), started the reviewing process of four norms concerning architectural and urban design processes and professional practices. As the challenge involves many different knowledge areas, professionals will have to learn how to work in multidisciplinary teams. There is also a demand from professionals to create a set of procedures and practices in order to easily exchange information. Professionals under formation have to be already prepared for the new demands. This means that faculties will have to insert energy efficiency and correlated disciplines into the curriculum, and also train more specialists in insulation. Changing what is already established is often, very difficult. It can comprise not only professional practices, design procedures, but also human resources.

4.2 Construction Industry

The PBQP-H was responsible for improvements in the construction industry supply chain in recent years. The NBR 15.575 should result in another cycle of improvements in component

quality, and also increase the competitiveness among manufacturers by launching new and innovative sustainable building materials. For the building to achieve its total lifecycle, building materials and components must have the quality compatible with the project specifications. Industry will have to provide all technical information about building materials so material performance can be specified by AEC professionals who know exactly which product fits best to a building accordingly to its projected lifetime. The performance norm establishes that all technical information about building materials should be provided by the manufacturer. Most likely, this will create a new kind of employment in the industry in order to develop new building components to meet the demand of the standards. By doing this, information quality in technical catalogues will also benefit the final consumer, who is being provided with access to information that in earlier times was not available.

4.3 The real estate industry and the final consumer or occupant

Since the publication of the NBR15.575, it is mandatory for all new building constructors to provide a guide explaining how the building's systems work and the frequency that they must be repaired. It is the occupant's obligation to proceed with the planned maintenance and keep all the maintenance service recordings. Maintenance should be conducted as set out in the building's use, operation and maintenance guide, the guidelines of which are established in NBR 14037:1998 (ANBT, 1998). The occupant agrees to comply strictly with the directions and take responsibility for proceeding and recording all the maintenance according to the guidelines (ANBT, 2013). This will also have an impact on the way contracts are drawn up and the way buildings are sold, because they will have to be more transparent and contain all technical information possible and clearly stated. All this will force occupants to be more committed to the maintenance of their building.

5 CONCLUSIONS

The 1970s energy crisis started a shift in the way everything was produced and consumed, especially regarding energy consumption. Concerning buildings, energy efficiency and performance standards started to be considered by developed countries as one of the most effective ways to reduce energy consumption in building construction and maintenance. In 2013, a building performance technical standard was launched in Brazil and established performance-based criteria to the residential building and the building's systems and the methodology to assess them. Since then, designing, licensing, constructing and occupying a building while respecting the new standards has demanded many shifts in the way buildings are designed, built, bought/sold and also occupied during their lifecycle.

The five years following the implementation of the standard are considered to be a transition period, when all the stakeholders involved in the building sector will be likely to implement new practices. Among these changes, AEC professionals will have to face a shift in some practices regarding the way buildings are designed. They will also need to establish communication among themselves, especially with professionals of different knowledge areas. To face the huge amount of information, computer systems will be needed, as industry and AEC professionals will have to produce, register and provide reliable technical information. This means that a very large amount of complex data and information will be needed to support decision-making by stakeholders in the entire building supply chain.

For the professionals who already deal with earthen construction and its many peculiarities, this can be more challenging than to the conventional constructions professionals. This is primarily due to the process of recognizing innovative improvements in earthen techniques. It can also be a way to highlight the superior performance of earth as a building material, as the recognition processes will scrutinise all the physical properties of earth as a building material.

Earthen construction techniques, due to their many favourable characteristics, are among the potential construction techniques that could satisfactorily meet the new building performance standards. Although earthen buildings require specific conditions, they can provide many benefits in regard to building performance and environmental impact. As the construction industry changes, it is necessary for earthen builders to seize the opportunity and create demand for innovative products like machinery, moulds and chemical additives.

To final consumers and occupants, another innovation brought by this standard is the mandatory systematic periodic building maintenance by the occupants in order to avoid penalties. These become the people with the responsibility for maintenance and for keeping the registers of it during its lifecycle. This is likely to improve the quality as well as the lifespan of conventional buildings although it will not impact greatly on earthen buildings because the owners and occupants of these are usually very committed to building maintenance.

The overall effects of NBR 15.575 can certainly benefit both the conventional construction supply chain and the earthen construction supply chain by the creation of new opportunities like creating new jobs, and supporting the availability of construction innovation in all the aspects of the building sector.

REFERENCES

- ABNT-Associação Brasileira De Normas Técnicas. 1980. NBR 6401: Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto. Rio de Janeiro:ABNT.
- ABNT-Associação Brasileira De Normas TécnicaS. 1992. NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT-Associação Brasileira De Normas Técnicas. 1998. NBR 14.037: Manual de operação uso e manutenção das Edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT-Associação Brasileira De Normas Técnicas. 2005. NBR 15.220:2005 Desempenho térmico - Edificações. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT-Associação Brasileira De Normas Técnicas. 2013. NBR ISO /CIE8995-1:2013 Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT-Associação Brasileira De Normas TécnicaS. 2013. NBR 15.575: Edificações habitacionais: Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT.
- Brasil. 1990. Lei 8.078 de 11 de setembro de 1990. Código de Defesa do Consumidor. <http://www.idec.org.br/consultas/codigo-de-defesa-do-consumidor> Accessed 13.05.2014
- Brasil. 2001. Lei 10.295 de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília: Lex: Diário Oficial da União.
- Brasil. 2011. PNEf - Plano Nacional de Eficiência Energética. Brasília: Ministério das Minas e Energia
- FIESP. 2012. Perfil da cadeia produtiva da construção e da indústria de materiais e equipamentos 2013 In ABRAMAT-FGV 10ª *ConstruBusiness 2012: Competitividade Sustentável* – São Paulo:Deconic/Fiesp. <http://www.fiesp.com.br/infografico-cadeia-da-construcao/> Accessed 04.06.2014.
- Hall,M.R. et al. 2012. Modern Earth Buildings: materials, engineering, constructions and applications. In *Woodhead series in energy*. Cambridge: Woodhead Publishers Limited.
- IFBQ - INSTITUTO FALCÃO BAUER DE QUALIDADE. 2011. DATec: Facilitador na concessão de créditos para empreendimentos da Construção Civil. http://www.ifbq.com.br/NL_1011_DATec.aspx Access 30.09.2014
- IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. 2012.a NORMA DE DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES nbr 15.575. Comunicação técnica no. 171000. São Paulo: IPT.
- John,V.M. 2000. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livro Docência) – São Paulo: Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo.
- Lamberts et al. 2013. Sustentabilidade nas edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área. http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/documents/sustentabilidade_nas_edificacoes_contexto_internacional_e_algumas_referencias_brasileiras_na_areasustentabilidade_nas_edificacoes_contexto_internacional_e_algumas_referencias_brasileiras_na_area.pdf Accessed 12.04.2014
- McFann, G. J. 2013. The history of building codes. <http://www.tpreia.com/historyofcodes.html> Accessed 12.05.2014

Procel 2007. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Brasília: Ministério das Minas e Energia/Eletróbrás.

Rael, R. 2009. Earth Architecture. 1st edition. New York: Princeton Architectural Press.

Ueda, J. 2012. Sustainable technology research and demonstration center for earth structures. In *Sustainability* p.2639. 4 (10), 2071-1050 Basel

WHO-World Health Organization. 2014 Urban population growth. <http://www.migrationresultin54%oftheworldpopulationlivinginurbanareaswhileonly46%live> Accessed 03.10.2014

Tradition and Continuity-Towards an Authentic Earth Architecture in Jericho

Mohammad Rujoub

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
moh_rjoub@hotmail.com

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

Nelson Pôrto Ribeiro

Federal University of Espirito Santo, Department of Architecture and Urbanism, Vitória, Brasil.
nelson.porto@pq.cnpq.br

Rute Maria Gonçalves Eires

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
rute@civil.uminho.pt

ABSTRACT: It appears that the interventions in the architectural ventures of earth are not based on concepts, strategies, and methodologies appropriate to the requirements, singularities, and scale of problems, contributing to the loss of cultural meanings and sense of identity. This paper tends to accommodate prerequisites to tap into the concept of authenticity of earthen architecture in the city of Jericho with retaining its heritage and cultural significance. In this view, a theoretical model is constructed by giving a retrospective on the application of the notion of authenticity of earth buildings. The conceptual repacking of the heritage suitcase reveals an interlinkage between maintaining the inherent significance of earth buildings and sustaining the aspirations of contemporary society. The main objective is to identify concepts and approaches that need to be tackled in order to unveil the notion of authenticity and to provide guidance for its application in present and future built environments.

Keywords: Earthen architecture, intangible heritage, Jericho, cultural property

1 INTRODUCTION

Over the centuries, reliance on earth as a construction material has revealed a merit in both human systems and ecosystems. Traditional earth building materials were the backbone of many past societies. Ancient cultures used earth as a construction material not only for homes but for religious buildings as well. Some earth building techniques are still used today in developing countries and the use of mechanical and electrical ramming along with refined formwork makes it relevant to industrialised countries as well. It is estimated that one third of the world's population are living in buildings made of earth (Hall et al. 2012, Minke 2006). Thus, earthen architecture is part of the cultural heritage which is derived from the activities of humankind. The cultural heritage of earth encompasses not only material objects but also the meanings of heritage items to people, i.e, tangible and intangible components. Tangible refers to the physical material of the place while intangible refers to the non-physical components (Judson & Iyer-Raniga 2000). It is also believed that using earth as a building material is as ancient as the walls of Jericho, a city located in the Jordan Valley of Palestine, dated back to 10,000 B.C. Jericho and mud goes way back since the emergence of one of the first human settlements. Earth buildings of Jericho embrace unseen ecological and sustainable profits and their inherited affinity for natural features and processes, both historically and in modern times, has proven their adaptation to climate changes. Despite the city's history in using earth as a building material, mud has fallen

out of fashion and the recognition of earth is no longer as simple as its very nature. The idea of adopting traditional earth materials in modern buildings may oppose the critique of neoteric engineers, contractors and tradesmen who promptly reject anything conventional or unfamiliar (Merrill 1947). It is unfortunate that many practitioners do not appreciate the authentic characteristics of earth buildings due to the ravages globalisation has made in vernacular practices by imposing new aesthetic standards and labelling the archaic patterns as outdated. Thus, it is worthwhile to provide a retrospective on the concept of authenticity of earthen architecture and to put forward the rationale principles required to merge it today with modern construction industries.

As a matter of fact, it is not a new issue when people have launched their interest to address the need for renovating the heritage of earth. In more recent times, much of this interest among the growing global audience is almost absent. Cassell (1993) pointed that after World War II earth material had been looked on as a substandard due to the abundance and low labor intensity of other building materials. The severe environmental impacts of using modern building materials, accompanied with the mounting reliance on non-sustainable resources, have led researchers to tackle the issue. Money and studies have been invested worldwide to emphasise the necessity of learning from the past. Only few have tapped into the communal sentiment related to the recognition of earth material. The discovery of *pisé de terre*, the rammed earth architecture of the rural French countryside, was first made by the French architect Cointeraux who is considered the father of modern earthen architecture (Rael 2009). Hassan Fathy, the middle east's father of sustainable architecture, was pursuing his own battles against the modern ideologies of architecture by restoring and improving the vernacular architecture of Egypt (Rael 2009). Fathy proposed in his book "Architecture for the Poor" a new form of partnership between people and earth material as, at essentially, no cost building material (Fathy 1976). More recently, a small Palestinian architecture firm, named ShamsArd, has started new initiatives in ancient Jericho related to use mud as an ideal building material. Another commitment deserves to mention is a theme that has been set forward by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO) in the city of Jericho. Their strategy aims at utilizing mud bricks as the lever for change to raise the mutation towards sustainability in the construction sector in the area (Tina & Antonelli 2013). Residential, commercial and social buildings have been recently put up using different earth techniques and methods. Such buildings are deemed as part of the cultural built heritage of Jericho. Nevertheless, modern humanity appears to have great faith in highly manufactured and sophisticated elements (Hall et al. 2012). The customary approach of presenting the heritage of earthen architecture to the public does not implicate the utmost virtuous influence. Most physical assessment tools, such as LCA, do not take into consideration the intangible values of earth (Judson & Iyer-Raniga 2000). On the other hand, Avrami (2011) discusses that although some LCA studies have in fact demonstrated their capability of saving energy and reducing carbon impact of restoring a historic building versus building a new one. Yet these studies are small in scope and LCA tools, with their high degree of variability, are still not a consistent requirement of green building rating systems and codes (Avrami 2011, Vierra 2014). Although engineers contend that such methods do consider non-physical values, these methods have their weaknesses and many argue that life cycle assessments alone cannot produce an adequate analysis of the value of cultural heritage (Judson & Iyer-Raniga 2000). Such methods require large-scale and multi-typology energy audit surveys to acquire reliable data, "as are more sophisticated LCA tools that address the complexities of existing buildings and historic materials" (Avrami 2011).

Nowadays, new frameworks and practices need to be developed. Droste and Bertilsson discusses, in their research paper on authenticity and world heritage, that there is a serious imbalance between the intangible inheritance and people's cultural needs (Larsen 1995). In this connection, such imbalance has continuously paved the way for the opposition and criticism of both practitioners and the public. The major implication of attaining the acceptance and adoption of

earth in modern buildings is the misinterpretation of earth that is no longer implies a self-commitment to human's culture and lifestyle. Jericho's experience is somehow a novel lead which is subject to review. ShamsArd has implemented this experience, pertained to earth construction in the context of contemporary architecture, as an empirical evidence to gauge the acceptance of the local community. A great example of architecture that responds to natural and cultural settings is La Luz project, a community of 96 adobe homes in Albuquerque, New Mexico designed by Antoine Predock (Pressman 2012). This pragmatic phase represents one aspect of drawing near to the applause and recognition of earth material. Hence, to maintain the authenticity of earthen architecture in contemporary contexts is not only to promote a type of traditional techniques that once was fashionable and all the rage. The leading line, still, is how to fulfil society's aspirations and to provide a guidance towards actions in terms of adopting earth material in modern built environments. It is also paramount to illustrate the way in which policies, favouring earth recognition, can be redeveloped and presented in a contemporary perspective to give people an idea of what building with earth entails.

Praising the economic and environmental values of earthen architecture is deemed outside the scope of this study since the advantages of earth are by now well known to a growing global audience, (Mileto et al. 2012). This paper is an endeavour to elaborate on the theme of cultural built heritage from an ideological perspective. Understanding the intangible heritage of earthen architecture provides a retrospective on the application of the concept of authenticity in relation to social assets and cultural values. This approach constitutes an important and innovative discourse to help to understand the traditional construction practices that can authenticate new structures in the field of earth heritage in which the global community of onlookers does not uphold this concept beyond any doubt. It is, indeed, the non-physical entities that remain the quintessence of the quality of life as they form the basis for the understanding and appreciation of the physical legacy (Larsen 1995). Therefore, the study barges into the intangible heritage of earthen architecture so as to create a balance between maintaining the heritage significance of earth and meeting society's aspirations (Correia et al. 2014). To achieve the aim of this paper, the authors tend to carry out a diagnostic analysis for the meaning of values of earthen architecture through understanding its intangible heritage from a human-centred point of view. The diagnosis helps to create a dynamic interlinkage between concepts and cultural properties and thereafter to propose approaches essential to advocate and promote heritage as part of the public agenda.

2 METHOD

As mentioned a head of time, to understand earth heritage is to understand the cultural and traditional properties. The following sections essentially identifies the various dimensions to the concept of earth authenticity and its relevance to cultural and traditional connections. The value of built heritage is interpreted and extended to environmental performance. In pursuance of that, the study defines three main themes within the scope of concepts and normative notions. Finding out what building with earth is, where its heritage exists, and how it contributes to social and traditional assets performs the main incentives to assess the values of earth heritage resources. These conceptual components are directly linked to a broader context of collective inherited values and sociocultural attributes. The latter constitutes one's goals, expectations and actions related to the cultural and traditional properties of the study region. Briefly, the study first provides a holistic understanding of values attributed to the cultural heritage of earth buildings. Then a third dimension, transversal to human activities, is employed to understand the ways by which society perceives earth heritage. However, the commonality between these different conceptual incentives, values, and sociocultural inputs is ascertained to establish a dynamic interlinkage that represented an "as-needed" basis to attain the study objectives.

2.1 Utterance of authenticity

There is a broad knowledge that earth legacy gives a scope of profits including economic, cultural, social and, above all, environmental (Judson & Iyer-Raniga 2000). It is necessary to understand the cultural value of existing building stock to make the built heritage of earth valued among people in present time. Judson and Iyer-Raniga (2000) argue that the integration of concept of authenticity into the cultural heritage realm will assist understanding of the contribution of earth buildings to sustainable development. Therefore, this section aims at exploring the broad values attached to cultural built heritage of earthen architecture, and explaining how to change in emphasis from tangible to intangible attributes of heritage. In view of this, first we need to understand what the term “value” implies in a perspective of cultural heritage. Thereafter, the authors will outline the values represented by the cultural built heritage of earth and their relevance to human and sustainable development.

2.1.1 Value and heritage

A perusing of the literature has revealed numerous previous studies on the values of built heritage. Different simplifications of “value” were upheld by crowdsourcing some of these studies. According to Judson and Iyer-Raniga (2000) value implies the importance, worth or usefulness of something. This indicates that to value something is to consider something to be important or beneficial in the present age. Some studies have placed value, heritage, and cultural patrimony on equal sense. Throsby (2007) argues that when we talk about the significance or worth or importance of an item of heritage, we are really making a statement about value: what it means, who experiences it, how it is determined. Judson and Iyer-Raniga (2000) redefine value as a criterion that gives something's significance over others and thereby transforms some objects and places into “heritage”. The scope of heritage comprises both intangible and tangible cultural values. Intangible values refer to the non-physical components including traditions, social practices, skills and memory. The latter represents the fabric or physical material of the place including buildings, objects and artefacts. However, intangible values of earth buildings, such as social significance, can be inherited but may not be evident in the fabric or apparent to an impartial spectator (Ahmad 2006, Judson & Iyer-Raniga 2000). Subsequently, the significance of earthen architecture needs to be illuminated in favour of its intangible cultural values and the meaning of heritage that earth enumerates.

2.1.2 Significance of earth built heritage

Earth Built heritage envelopes an extensive domain of different buildings and is not restricted to the grand or outstanding. Even modest buildings may be perceived for their heritage significance (Judson & Iyer-Raniga 2000). Rodwell (2009: 206) states that Heritage buildings and areas represent a non-renewable capital resource - of materials, energy and financial investment - as well as cultural one. The historic mud buildings of Jericho, as an example, represent important entities in terms of the local and even the national history or culture. Earth construction is part of the region's shared heritage. The oldest excavated adobe structure, found in Jericho, dates back to 8300 BCE (FoEME 2011). Not only does the earth heritage of Jericho provide an insight into ordinary everyday life in the past, its intangible values likewise expresses the local and national identities, it recounts a story and helps define who we are. Moreover, intangible cultural heritage perceives social and aesthetic values as part of cultural significance (Ahmad 2006). A recent endeavour has considered the preservation of intangible values of heritage buildings is the UNESCO's convention that was held in Paris in the year of 2003. Intangible cultural heritage was alluded to as an integral aspect of heritage significance, a mainspring of cultural diversity and a guarantee of sustainable development (UNESCO 2003). Earth legacy is also perceived for its value as an asset for both human and sustainable development (World Commission on Culture and Development 1996). Judson and Iyer-Raniga (2000) indicate that cultural and heritage

diversity is seen as an essential aspect of human development. Contemporary mud brick buildings in Jericho provide a unique and an exceptional testimony to now resuscitated cultural traditions and values of earthen architecture. They provide valuable information about architectural and craft development and the development of various earth handicrafts (UNESCO 2012). Nevertheless, earth heritage is both a cultural and an economic good which, somehow, can be conceived as a commodity that is all the while multi-sold and multi-consumed in contemporary contexts (Graham et al., 2000). Economic values account for some of the aspects of historic heritage well, but still have weaknesses and blind spots that they cannot account for the whole range of built heritage values (Mason 2005). Judson and Iyer-Raniga (2000) argue that economic and social values are inextricably linked and indivisible. Yet, a refinement of these values is paramount to enrich the notion of intangible cultural values in earth patrimony discourse.

2.1.3 The intangible of the tangible

Remains of the past are significant only if they are esteemed or used in some way. The broad spectrum of values inherent in earth buildings does not, precisely, help to heighten their significance and recognition among public and stakeholders. Though earth buildings are part of the tangible cultural heritage, still, they envelop various themes of intangible values and distinctive attributes. However, it is a contentious temporary issue the way people perceive the intangible heritage of earth. There is a considerable overlap between the different themes of values and it is conceivable to draw out some recurring aspects out them. Therefore, the intangible values of earth heritage need to be screened out to match cutting edge needs, expectations, and aspirations of contemporary social orders. Essentially, the intangible heritage of earthen architecture has primary and core values that relate directly to the heritage place. The notion of heritage place was contended to distinguish “place” from the more abstract and conceptual thought of “space” (Hague 2005). Relph (1992) argues that place is best applied to those fragments of human environments where meanings, activities and values are embroiled and enveloped by one another. Yet, earth buildings are not only valued for their intrinsic qualities, but also for their social, economic, and other dimensions derived from heritage property (Feilden & Jokilehto 1993, Judson & Iyer-Raniga 2000). The incommensurability and conflicts between economic and cultural values stem from genuine epistemological contrasts, and it also owes a lot to disciplinary detachments deeply entrenched over the 20th century (Mason 2006). Judson and Iyer-Raniga (2000) discuss that aesthetic or historic values are traditionally viewed as being the most frequent and broadly acknowledged. The functional values of heritage places, that are regularly likened with utility or economic values, are seen as secondary, and including them as a component of heritage significance would dilute focus on the intrinsic values (Judson & Iyer-Raniga 2000). In this sense, Throsby (2006) contends that a building heritage may have some commercial value as a piece of real estate, but its true value to the community is liable to have aesthetic, spiritual, and symbolic qualities that may exceed or lie outside of the economic calculus. It is attested that the “heritage aesthetic” of buildings has turned into a key factor in ensuring local distinctiveness as globalisations takes effect (Strange 1999). The emphasis on intrinsic values and cultural significance as opposed to the traditional emphasis on the fabric or physical material of the place, is an important though subtle shift (Mason 2006). This contention does not suggest that fabric and materiality are marginalised or being stooge in the assessment of earthen architecture patrimony. Anyhow, the unequivocal epistemology demonstrates that the real source of the meaning of earth heritage is ascertained by more intrinsic values that, directly, contribute to the attainment of aspirations of contemporary societies.

2.2 Socio-cultural assets

It is acknowledged that heritage is a fluid phenomenon that changes over time, not a static set of objects with a fixed meaning (Pendlebury 2009). As such, the value of heritage to society continues to evolve as new interpretations emerge. Therefore, a third dimension is gaining an

importance, a dimension that would take into account the aspect of cultural diversity, and that is the cultural dimension. Jokilehto (1995a) states that such a dimension is becoming increasingly significant in assessing the values of heritage resources in the multicultural world of today. Because of the complexity of contemporary society, it is also important to recognise the diversity of potential stakeholders - they include, but are not limited to, the individual, the family, and the local community (Avrami & Mason 2002). This section demonstrates the way cultural and social attributes contribute to the development of policies favouring earthen architecture acceptance and recognition and to sustaining its heritage resources. Some archeologists place people and their needs and understanding, on an equal, or even a superior, footing to the resource itself. Fairclough (1999), for instance, justifies this view by asserting that the remains of the past are significant only if they are valued or used in some way, not necessarily in an economic sense. Empirical and participatory processes form a basic constituents of sociocultural qualities, thus, represent an essential asset in the process of the project.

2.2.1 Innovative and participative planning

Experts base the assessment approach of earth buildings on experience and empirical knowledge of local communities. In this case, Correia (2012) relates some heritage entities to anthropological approaches, contributing with a community participatory process. Oliver (2006) states that the participation of a community members must be actively encouraged at all stages; not only in the building but in the decision making related to a site disposition, form, internal layout, roof system, construction and the development of new skills as well. It is worth mentioning that such participatory practices have taken place recently in constructing earth buildings in different parts of Jericho region. Local and international firms have adopted practical guidelines and organised communal activities to help raise the recognition of earthen architecture among the different stakeholders. Schemes have been put and executed by the UNESCO, NGO's and other private sector initiatives, like ShamsArd, that worked within the UNESCO's framework as well. Such programs are centred on innovative and participative planning practices and community upgrading schemes. By integrating the community, through training programs, workshops and introducing the technique to a larger audience, the different initiatives were able to implement various projects of earth buildings in the region (Tina & Antonelli 2013). Such projects can only be successful with the participation of the victim communities, by aiding them in achieving their housing objectives. The possibility of indigenous population to erect their own homes invigorates sentimental and cultural bonds with this traditional form of architecture. Architects took on a role of "enabler", working onsite in an advisory capacity with the members of a local community rather than from a remote distance on large scale projects (Correia et al. 2014). Such construction practices motivate cooperative attitudes and community solidarity. Yet, the full participation of communities in the shaping and construction of earth buildings is customarily nominal, seeking professional, political and legal engagement rather than the active participation of the people (Oliver 2006).

2.2.2 Quality of cultural heritage

Active community involvement and cultural values, jointly, have potentials to determine the quality and relevance of earthen architecture to the notion of authenticity. Earth buildings, as part of the cultural built heritage, are subject to the evolutionary process and diversification of cultural and traditional notions. Such diversification has been variously distinguished in its relevance to the development of earth cultural values. Droste (1995) discusses that the positive effect of cultural evolution is that new cultural patterns and traditions emerge and replace older ones. The negative side of it is that people become rootless, losing contact with their traditions and the material expressions of their own culture. Accordingly, the evolution of cultural infrastructure may involve the loss of national and regional characteristics of earthen architecture. This rather pessimistic approach could also be seen in the sense that cultures evolve over time

and tend to give variety or diversity or to enrich local culture and traditions. Henri Bergson, a french philosopher, identifies such cultural diversification as the central substance of the evolutionary process which ought to be seen as the persistent creation and development of new forms by an enduring “vital impulse” (Bergson APUD Jokilehto 1995a). Such cultural evolution strings along with the redevelopment of earth construction in Jericho where the wisdom of the builders has been improved into a sophisticated knowledge that matches the local culture and climate (Tina & Antonelli 2013). With an organisational and regional conduct, the locals of Jericho have shown an implicit knowledge and retention of earth heritage which is still “authentic” and showing the glory of the past.

3 PERSONAS OF “EARTH AUTHENTICITY”

It has become broadly significant the way people perceive earth as part of their cultural patrimony. Understanding the true meanings of earth intangible values, applying empirical and participatory processes, and matching social and cultural assets, all together have shown a genuine narratives that relate directly to the main questions. The main core of these approaches relates to a human-centred view that constitutes a paramount variable in creating dynamic linkages among human systems and ecosystems. This likely human-centred view is advocated by others including Fairclough (1999) who considers sustaining the contribution that the past can make to present and future environments. He continues that this way of looking at sustainability, of sustaining character and user rather than tangible and physical remains, brings to the fore the concepts of perception and valuation, and therefore people (Fairclough 1999).

3.1 Definition and meaning

A community is made up of individuals whose understanding and appreciation of qualities like authenticity depend on the professional or cultural context in which they see heritage (Larsen 1995). Nonetheless, the relation between inherited implications and society is reciprocal as values imply meanings that are, simultaneously, perceived by individuals. Meanings hold potentials to reveal earth values that are most pragmatic when they are viewed in a context of society’s involvement and participation. Hall (1997) argues, in this sense, that they are the individuals, in society within human culture, who signify and make things mean. He continues that it is by our use of things, and what we say, think and feel about them - how we represent them - that we give them a meaning (Hall 1997: 3). One may argue that magnitude of earth is abundantly acknowledged by people’s perception of the true meaning of its built heritage qualities, which is subject to society’s involvement and contribution. Though earth buildings of Jericho have myriad of expressions and forms, thanks to the richness of its geography and culture, it is still critical for individuals to rediscover and perceive their cryptic attributes. This suggests and highlights the creative side of man who discovered diverse means to express himself aesthetically and artistically through nuances of nature (Sharma 2003). Actions undertaken by international and local firms in the context of Jericho have had its major influence on the way society utilise and value the entities of earth buildings. On the other hand, meanings of earth qualities also regulate and organize our conduct and practices by helping set rules, norms and conventions (Graham et al. 2000). Generated norms, in turn, promote the perception of earth values into a leading role where earthen architecture starts to symbolise a new era of building affordably and sustainably.

3.2 Place and identity

Earth heritage is inherently a spatial phenomenon that determines the relationship between a heritage object, building, association or idea and its place. A number of norms is essential to demonstrate this relationship, they include the location, distribution, and scale of space where earth built heritage exists. Graham (2000) states that if heritage occurs somewhere then the traditional geographical questions of “where?” and “why is it there?” are relevant. Despite the

fact that built heritage is correlated with individuals, even if constructed from nonhuman components, not all earth heritage is certain to particular places. In this view, Hague (2005) argues that the underlying meanings are rarely decoded and that “place” is defined through visual qualities that imply meanings, sentiments, and stories rather than by a set of coordinates. Thus, sensual experiences and interpretations generate a visual consistency between earth buildings and the “place” in which they are constructed. On the other hand, the visual and tactile characteristics of earth material may assure this visual consistency by giving a building and its “place” the same materialistic traits. However, the significance of earth heritage being attached to a place is seen as a normative initiative of cultural evolution. Furthermore, heritage of earth buildings can be moved across space within a hierarchy of spatial scales. Places therefore have a heritage at local, regional, national, continental and international scales, while a particular heritage artefact can function at a variety of scales (Graham et al. 2000). The sense of belonging to place can be visualised as a multi-faceted phenomenon that embraces a range of human attributes, including the shared interpretations of the past (Guibernau 1996). Heritage places, accordingly, are distinguished from each other by many attributes that contribute to their identity and to the identification of individuals and groups within them (Graham et al. 2000).

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Although contemporary earth buildings of Jericho represents a de facto model for re-acknowledging earth material, there are still social and cultural constraints that need to be assessed in a sense of totalitarianism. One may justify such constraints by the shared misinterpretations of earth inherited qualities from one hand, and their irrelevance to geographic attributes from another. This testifies a need for acquiring more logistic approach to embrace the whole set of cultural heritage values that may contribute to the deceptive realm of modern earth authenticity. However, the elusive character of authenticity in earth cultural heritage relates to the ways by which engineers and the public assimilate it through utilitarian approaches and legislative instruments. The conceptualisation of earth heritage as meanings rather than artefacts definitely assures that it is a field of social conflict, conveys varying, and incongruent implications all the while. Modern earth buildings of Jericho have, somehow, convey an integration of these elements by lending status to simplicity. They serve as a reminder that simple is possible and acceptable by creating an awareness of what humankind is capable of in streamlining modern social needs. Good earthen architecture gives simple buildings huge credibility in understanding the relationship between architecture, culture, and society. One of the requirements should doubtlessly be that the techniques applied ought to expand on what has been learnt from the past while profiting from the advancements that modern construction technologies had brought. On the other hand, the process comes up short when architects disregard the cultural and traditional values, buildings skills, experience, and wisdom of the communities whose aspirations need to be attained. Therefore, it is necessary to carry out studies approaching the knowledge of people who still hold constructive culture of earth patrimonial legacy. Legitimately the genuine wellspring of earth legacy significance needs to be concentrated out of the diverse intangible attributes. Earth intangible inheritances, the values people draw from them, the functions they serve for society, and the uses to which heritage is put constitute the real source of the meaning of earth patrimony. It provides people with a sense of identity and continuity, therefore emboldening respect for cultural diversity and human creativity. Finally, the authenticity of earth built heritage is not all that simple to patronise due to the absence of an agreeable refinement between those who create it and those who use it. As a building culture, we will need to move from veneers to substance, from disposable building and thinking to sustainable communities. Earth building industry will need to move from a small capacity to permit a stretched reach and intricacy of ventures. Yet, it takes courage for many architects and engineers to grasp what have all the earmarks of being a step backwards in technology.

REFERENCES

- Ahmad, Y. 2006. The Scope and Definitions of Heritage: From Tangible to Intangible. *International Journal of Heritage Studies* 12(3): 292–300.
- Avrami, E. 2011. Sustainability and the Built Environment: Forging a Role for Heritage Conservation. In *Conservative Perspectives, The GCI Newsletter* : n. pag. The Getty Conservative Institute. The J. Paul Getty Trust. Web. 14 April 2015.
- Avrami, E. & Mason, R. (eds.) 2002. *Values and Heritage Conservation*. Los Angeles: The J. Paul Getty Trust.
- Cassell, R. O. 1993. *Rammed Earth Construction*. <<http://webs.ashlandctc.org/jnapora/hum-faculty/syllabi/trad.html>>. 19 October 2014.
- Correia, M. 2012. Which Course of Action for Earthen Architectural Heritage Preservation. In Mileto, C. Vegas, F. & Cristini, V. (eds.) *Rammed Earth Conservation*. London: Taylor & Francis Group.
- Correia, M. Carlos, G. & Rocha, S. (eds.) 2014. *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development*. London: Taylor & Francis Group.
- Droste, B. V. 1995. Authenticity in the World Heritage Sense. In Larsen, K. E. (ed.) *Nara Conference on Authenticity in Relation to the World Heritage Convention*. Japan: UNESCO World Heritage Center.
- Fairclough, G. 1999. The “S” Word - or sustaining Conservation. In Clark, K. (ed.) *Conservation Plans in Action: Proceedings of the Oxford Conference*. Oxford: English Heritage.
- Fathy, H. 1976. *Architecture for the Poor: an experiment in rural Egypt*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Feilden, B. M. & Jokilehto, J. I. 1993. *Management Guidelines for World Cultural Heritage Sites*. Rome: ICCROM.
- FoEME. 2011. Reemergence of Earth Construction. <<http://foeme.wordpress.com/2011/11/09/earth-construction-mud-foeme/>>. 22 October 2014.
- Graham, B. Ashworth, G. J. & Tunbridge, J. E. 2000. *A Geography of Heritage: Power, Culture & Economy*. London: Arnold.
- Guibernau, M. 1996. *Nationalisms: The Nation-State and Nationalism in the Twentieth Century*. Cambridge: Polity Press.
- Hague, C. 2005. Planning and Place Identity. in Hague, C. & Jenkins, P. (eds.). *Place Identity, Participation and Planning*. London and New York: Routledge.
- Hall, M. Lindsay, R. & Krayenhoff, M. (eds.) 2012. *Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions and Applications*. UK: Woodhead Publishing Limit.
- Hall, S. (ed.) 1997. *Representation: Cultural Representations and Signifying Practices*. London: Sage/Open University.
- Jokilehto, J. 1995a. Authenticity: a General Framework for the Concept. In Larsen, K. E. (ed.) *Nara Conference on Authenticity in Relation to the World Heritage Convention*. Japan: UNESCO World Heritage Center.
- Judson, P. & Iyer-Raniga, U. 2000. Reinterpreting the value of built heritage for sustainable development. In Avrami, E. Randall, M. & de la Torre, M. *Values and Heritage Conservation: research report*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Larsen, K. E. (ed.) 1995. *Nara Conference on Authenticity in Relation to the World Heritage Convention*. Japan: UNESCO World Heritage Center.
- Mason, R. 2005. *Economics and Historic Preservation: A Guide and Review of the Literature*. The Brookings Institution Metropolitan Policy Program.

- Mason, R. 2006. Theoretical and Practical Arguments for Values-Centered Preservation. CRM: The Journal of Heritage Stewardship 3(2): 21-48.
- Merrill, A. F. 1947. The Rammed Earth House. New York: Harper.
- Mileto, C. Vegas, F. & Cristini, V. (eds.) 2012. Rammed Earth Conservation. London: Taylor & Francis Group.
- Minke, G. 2006. Building with Earth: design and technology of a sustainable architecture. Germany: Birkhauser - Publishers for Architecture.
- Oliver, P. 2006. Built to Meet Needs: cultural issues in vernacular architecture. Oxford: Elsevier Ltd.
- Pendlebury, J. 2009. Conservation in the Age of Consensus. Abingdon: Routledge.
- Pressman, A. 2012. Designing Architecture: The Elements of Process. New York: Routledge.
- Rael, R. 2009. Earth Architecture. New York: Princeton Architectural Press.
- Relph, E. 1992. Modernity and the Reclamation of Place. In Seamon, D. (ed.) Dwelling, Seeing , and Designing: Toward a Phenomenological Ecology. New York: State University of New York Press.
- Rodwell, D. 2009. Conservation and Sustainability in Historic Cities. Oxford: Blackwell Publishing.
- Sharma, J. 2003. Architectural Heritage: Ladakh. New Delhi: Har-Anand Publications.
- Strange, I. 1999. Urban Sustainability, Globalization and the Pursuit of the Heritage Aesthetic. Planning Practice & Research 14(3): 301-311.
- Throsby, D. 2006. On the Sustainability of Cultural Capital. <http://www.businessandconomics.mq.edu.au/our_departments/Economics/Econ_docs/research_papers2/2005_research_papers/cult_cap_throsby.pdf>. 9 November 2014.
- Throsby, D. 2007. The Value of Heritage: Heritage Economics Workshop. <<http://www.environment.gov.au/system/files/resources/da10a766-2ef7-4989-b202-edac0f5d6f3e/files/economics-value.pdf>>. 11 November 2014.
- Tina, M. Y. & Antonelli, G. F. 2013. Reviving Earthen Architecture in the Jordan Valley Towards Adequate Housing for Marginalized Communities. In CESB13 - Central Europe towards Sustainable Building 2013. 26-28 June 2013. Prague.
- UNESCO. 2012. Ancient Jericho: Tell es-Sultan. <<http://whc.unesco.org/en/tentativelists/5704/>>. 14 November 2014.
- Vierra, S. 2014. Green Building Standards and Certification Systems. <<http://www.wbdg.org/resources/gbs.php>>. 14 April 2015.

Procedimentos expeditos para medição in loco de patologias de paredes de taipa

Ana Carolina Veraldo

Universidade do Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

anacarolinaveraldo@hotmail.com

Andrea Naguissa Yuba

Universidade do Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

naguissa@gmail.com

Ana Paula da Silva Milani

Universidade do Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

ana.milani@ufms.br

ABSTRACT: In earthen architecture, pathology studies are important not only for technological improvement, but to enable massive production. This paper aims to identify and measure pathologies on rammed earth walls, based on a housing prototype's case study. It is shown the whole construction process, the pathologies and measurement procedures, aiming to develop a quick method, simple and that can be used in the field. Five types of pathologies were found: cracks/fractures, pullout, disaggregation between layers, efflorescence, mixture's heterogeneity, superficial marks/deformations. This paper is limited to measurement, because the relevance's evaluation for performance analysis depends on further researches. Complementary, the comparison with other researches data is limited to the quantitative approach, because of different production and exposure conditions.

Keywords: rammed earth, pathology, measurement.

RESUMO: Na arquitetura de terra, o estudo de patologias é importante para, além do melhoramento tecnológico, viabilizar a técnica para o uso em escala. Este trabalho objetiva identificar e medir as patologias que se manifestam nas paredes de taipa, tendo como estudo de caso a construção de um protótipo de habitação. É apresentado todo o processo construtivo, as patologias e os procedimentos de medição elaborados, tendo em vista a construção de um método expedito, simples e aplicável em campo. Foram encontrados cinco tipos de defeitos nas paredes do protótipo: fissuras e trincas; arrancamentos; desagregação entre camadas; eflorescência; heterogeneidade da mistura; marcas e deformações superficiais. O trabalho foi limitado à medição, pois a avaliação do grau de relevância para o desempenho das paredes depende de estudos complementares. Da mesma forma, a comparação com dados de outros autores também fica limitada à abordagem quantitativa, pela diferença de produção e de condições de exposição.

Palavras-chave: taipa, patologia, medição.

1 INTRODUÇÃO

Os avanços da tecnologia e o paradigma da construção sustentável vêm estimulando inovações à arquitetura de terra, para agregar qualidade e produtividade na execução de paredes. A mudança do processo artesanal para a introdução de racionalizações é visível na técnica de taipa (terra compactada).

Experiências comerciais, mais frequentes na Austrália e EUA, por exemplo, tem mostrado que a mecanização da produção em paredes de taipa, além do aumento de produtividade, melhoram a compacidade do material, dando uniformidade à parede e melhorando o seu desempenho estrutural (SUZUKI e KRAYENHOFF, 2014).

Para que essa alternativa tecnológica também possa ser viável em uma escala ampliada para o contexto brasileiro são necessárias ainda ações setoriais e de desenvolvimento tecnológico, com a criação de normas nacionais, um sistema padronizado de controle de qualidade, de modo que construtores e usuários possam ter parâmetros para atestar e garantir a qualidade das paredes, atendendo as exigências básicas dos usuários elencadas na ISO 6241/84 e NBR 15575/13.

Nesse contexto, o estudo de patologias é importante, para que se possa verificar o grau de comprometimento (estrutural, durabilidade, estética, salubridade), os limites de tolerância de cada um, as técnicas de correção e também para retroalimentar e aprimorar o processo, evitando as suas causas.

Entendendo que tais patologias não se originam de fatores isolados, mas da influência de um conjunto de variáveis construtivas e funcionais, este trabalho objetiva **identificar e medir as patologias** que se manifestam nas paredes de taipa, tendo com estudo de caso a construção de um protótipo de habitação, construído no Canteiro Experimental da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

2 A CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

O terreno, originalmente inclinado, foi aterrado e finalizado com um talude, para acomodar a edificação. Todo o solo necessário para o aterramento e a execução das paredes (latossolo vermelho-escuro) foi adquirido de uma jazida localizada a cerca de 20km do local.

O projeto arquitetônico da habitação social rural tem a concepção de dois blocos unidos por uma varanda. A área coberta corresponde a 105m² e a área útil com a varanda é de 52m². O protótipo tem paredes portantes de 20cm de espessura, construídas sobre a fundação rasa tipo radier, de concreto usinado com adição de macrofibra de polipropileno.

Com o intuito de proteger a base das paredes de taipa da umidade, foi executado, um baldrame de 10 cm de altura e 20 cm de espessura, acima do radier e ao longo de toda a extensão das paredes.

As paredes foram executadas em sequência de 1 a 6 (Figura 1), sendo 3 retas (P1, P4 e P5) e 3 em L (P2, P3 e P6), com alturas variáveis e algumas com inclinação (mínimo de 2,70m e máximo de 3,50m), sendo intercaladas com trechos de paredes de alvenaria de tijolos maciços aparentes nas fachadas, para encaixe das esquadrias. Esse detalhe eliminou a necessidade de vergas e contravergas.



Figura 1. Ordem de execução das paredes do protótipo de habitação.

Uma cinta de amarração de madeira foi chumbada sobre as paredes prontas para distribuir de maneira uniforme as cargas da cobertura (telhas metálicas tipo “sanduíche” com isolamento de isopor). As tubulações da instalação elétrica são aparentes e nas áreas molhadas, foram

executadas paredes em alvenaria de blocos cerâmicos, revestida, para embutimento das tubulações de hidráulica e esgoto. Todos os encontros entre paredes foram solidarizados com barras de aço a cada 5 fiadas, visando dar unidade ao conjunto.

A forma utilizada na produção das paredes, em estrutura metálica (aço) e moldes de chapas de compensado plastificado (20mm), sem parafusos transpassantes (Figura 2), foi parafusada na base *radier*, sendo o prumo, ajustado por um sistema de rosqueamento em uma das extremidades das treliças. A primeira fileira dos moldes é colocada antes do início da produção, sendo as demais posicionadas à medida que as paredes vão sendo produzidas até atingir-se a altura necessária. Os moldes foram untados com óleo diesel.



Figura 2. Formas metálicas treliçadas para produção de paredes de taipa.

O solo utilizado, classificado como areia-siltosa pelo diagrama trilinear do Bureau of Public Roads/EUA e A2-4 pelo sistema Bureau of Public Roads e AASHTO (empregado na engenharia rodoviária) apresentou a composição granulométrica 77% de areia, 3% de silte e 20% de argila (BARBOZA, 2014). A massa específica dos sólidos foi de $2,825 \text{ g/cm}^3$ e caracterizou-se como solo não-plástico.

A estabilização adotada para as paredes foi com solo-cimento no traço 1:12 e adição de 1,4% de microfibras em relação à massa do cimento, com exceção da parede 1 (traço 1:10, sem microfibras). Para o preparo da mistura, foi utilizado uma betoneira estacionária convencional de 400 litros. A homogeneização seguiu as recomendações contidas em ABCP (1948) sendo feita em duas etapas, sendo a primeira antes da incorporação da água (solo solto) e a segunda com a pulverização da água, feita com um regador.

A produção da parede se inicia com o lançamento de uma camada de 20 cm da mistura que após a compactação resultaram em camadas com alturas de 10 a 11cm. Para o acabamento em 45° dos cantos (arestas vivas), foram posicionadas no interior da forma, antes do lançamento da mistura, cantoneiras de madeira em recorte triangular. A desforma acontece após a compactação da última camada.

A compactação pneumática, conforme orientações de Heise, Minto e Hoffmann (2012), foi efetuada pelo mesmo operador, com intuito de ganhar produtividade. O grau de compactação foi atingido controlando-se o número de passadas do compactador e acompanhamento visual do operador - quando não era mais observado o desprendimento de solo-cimento em estado solto e o impacto do compactador não marcava significativamente o solo compactado, configurava-se o momento ideal para finalização do procedimento. Paralelamente a este procedimento, foi realizado o controle tecnológico, determinando-se o teor de umidade e a massa específica aparente seca à partir da retirada, pesagem e secagem de amostra de material compactado *in situ* e cálculo dos valores de grau de compactação (%), que atingiram valores entre 95% a 105% (VERALDO et al, 2014).

A quantidade de água foi estimada de acordo com o ensaio de Proctor-NBR 7182 (ABNT, 1986), sendo considerada 12% a umidade ótima da mistura utilizada. Tendo sido na obra utilizado o teste do “bolo” para a avaliação. O método expedito “Speedy” (DNER-ME 052/94) foi adotado

para a verificação da umidade higroscópica do solo no momento anterior ao preparo. A cura das paredes foi feita sob lona plástica durante 14 dias.

3 MEDIÇÃO DAS PATOLOGIAS

Para o registro do processo executivo, o acompanhamento da obra foi feito com preenchimento de planilhas, registro fotográfico e vídeo. O mapeamento das patologias foi feito com suporte em revisão de literatura, paralelamente ao desenvolvimento de procedimento de medição. Algumas patologias surgiram durante e outras, após o término da execução das paredes.

Tendo-se em vista a construção de um método expedito, simples e aplicável em campo, baseou-se referências em NEVES (1993), complementado com dados de BUI et al (2009). A comparação dos dados obtidos com os de tais autores foi limitada aos dados quantitativos, pois a avaliação de significância depende de ensaios de resistência no protótipo e a consideração das diferenças de processo produtivo e clima.

Foram detectados cinco tipos de defeitos nas paredes do protótipo: fissuras e trincas; arrancamentos; desagregação entre duas camadas; eflorescências; heterogeneidade; marcas e deformações superficiais.

3.1 Fissuras e trincas

As causas mais comuns apontadas na literatura para a ocorrência de trincas e fissuras em paredes de solo-cimento são (ABCP, 1948):

- Retração do material;
- Deformação das estruturas (recalques da fundação);
- Movimentações térmicas;
- Movimentações higroscópicas (variações volumétricas ao variar o teor de umidade);
- Movimentações da forma.

Paredes em menores extensões, podem reduzir esforços de tração a limites compatíveis com a resistência do material, evitando assim o surgimento de trincas irregulares (ABCP, 1948). No estudo de fissuração executado pelo CEPED (1984), concluiu-se que a distância máxima entre guias deve estar entre 2,50 a 3,50m, dependendo do teor de areia do solo. Os valores típicos indicados em Walker e Standards Australia (2002) para painéis de taipa são de 2,5-5,0m. Esses autores indicam que, em geral, a localização de juntas de controle em paredes estruturais deve seguir as prática aceitas para estruturas de alvenaria.



Figura 3. Etapas da medição das fissuras e trincas.

A abertura das fissuras (até 0,6mm) e trincas (acima de 0,6mm) no protótipo foi medida com um fissurômetro a cada 15cm (em média, no sentido do comprimento) e a extensão foi medida em desenho feito sobre a imagem, utilizando o software AutoCad, cujo transferência foi feita em escala, através da barra branca (Figura 3), para a demarcação ponto a ponto da fissura/trinca (comando insert/attach para inserir a figura; comando align para alinhar a régua de 1m com uma reta de 1m, desenhada no arquivo de desenho).

Foram identificadas fissuras e trincas nas paredes P1, P4 e P6 (Tabela 1), sendo:

Tabela 1. Medições e mapeamento das fissuras e trincas.

Parede	P1 (reta 4,37m)	P4 (reta 3,32m)	P6 (em L 7,19m, com vão de 0,97m)	
Estabilização	solo-cimento 1:10, sem fibras	solo-cimento 1:12 com fibras	solo-cimento 1:12, com fibras	
Fissura	atravessa a parede	atravessa a parede	atravessa a parede	
Comprimento	1,65m 1,62m em linha reta	1,41m 1,37m em linha reta	esquerda	direita
			1,14m 1,02 em linha reta	1,25m 1,18m em linha reta
Abertura (mm)	mín: 0,5	mín: 0,5	mín: 0,1	mín: 0,1
	máx: 0,9	máx: 1,0	máx: 1,5	máx: 2
	média: 0,66	média: 0,54	média: 0,67	média: 0,66
	n:10	n:11	n:10	n:8
Posição na parede				
	% em relação a altura da parede no eixo da fissura	55,3% (de 2,93m)	48,5% (de 2,82m)	36,4% (de 2,80m)

Fissuras menores do que 0,1mm não foram medidas; n=número de pontos aferidos; linhas paralelas: projeção da parede de alvenaria, perpendicular à parede de taipa.

Comentários: a maior fissura (55,3% da altura da parede) ocorreu na parede 1, sem microfibras, que também é a única parede que tem 4 módulos contíguos, totalizando 4,37m de comprimento. Apesar de corresponder a mais da metade da altura da parede, tem abertura menor do que 1mm. O surgimento da fissura é anterior à execução da parede perpendicular, de alvenaria. Já as fissuras com maior abertura (atingiram 2mm) ocorreram na parede P6, onde também foi registrado um rompimento de um dos moldes durante a compactação da segunda fileira (de baixo para cima), no trecho entre as duas fissuras. A direção e o tamanho das aberturas variam, sendo que os trechos mais abertos estão localizados nas regiões centrais de cada fissura.

3.2 Arrancamentos

Na retirada das formas, mesmo com as formas untadas, trechos de material ficaram aderidos aos moldes e foram arrancados, em profundidades variadas. Apesar de superficiais, esse defeito, em função da área proporcional ao total da parede, causa um desconforto estético.



demarcação da área sobre a imagem


 execução de *grid* com fita crepe

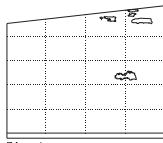
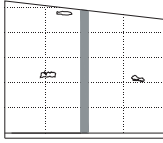
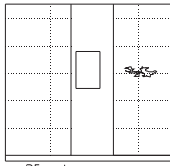
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0
5	.	.	4	5	2	3	.	.	.
10
15	.	3	5	4	5	5	3	5	.
20	.	.	2

tabela de anotação da medição (mm)

Figura 4. Medição dos arrancamentos, onde (.) = 0 mm (zero).

Para a medição da profundidade, uma malha 5 x 5 cm de fita crepe foi colada sobre as áreas defeituosas e, com uma vareta e régua, mediu-se a profundidade das intersecções indicadas no esquema abaixo (Figura 4 e Tabela 2).

Tabela 2. Medições e mapeamento dos arrancamentos.

	P1		P4		P5
Parede	reta 4,37m		reta 3,32m		reta 3,27m
	área 12,85m ²		área 9,97m ²		área 9,40m ²
	1:10, sem fibras		1:12, com fibras		1:12, com fibras
Arrancamento	externa: 0,29m ²	interna: 0,11m ²	externa: 0,12m ²	interna: 0,10m ²	0,08m ²
Profundidade média	3,94mm	3,44mm	3,22mm	3,42mm	3,18mm
	n: 90	n:58	n:49	n: 14	n: 43
Posição na parede					
	% em relação à área	2,2%	0,9%	1,2%	1,1%
% em relação à profundidade	2,0%	1,7%	1,6%	1,7%	1,6%

n=número de pontos aferidos; as linhas vermelhas indicam a projeção da parede de alvenaria no encontro com a parede de taipa

Comentários: a parede 01 foi a que apresentou maior área de arrancamentos (3,11% da área interna e externa), em relação às demais, apesar das diferenças não serem significativas. Essa parede é a que não recebeu adição de microfibras e foi a primeira a ser executada, estando os operadores ainda em treinamento. Quanto à profundidade, os arrancamentos em geral, não excederam 4mm (2% da espessura da parede).

3.3 Desagregação entre duas camadas

Na execução do protótipo, logo após a desforma, foi observada a ocorrência de desagregação (material solto e de fácil remoção) na parede 2, ao longo de toda a sua extensão, na junção entre duas camadas, sendo a inferior compactada em um dia e a seguinte compactada após um intervalo de 12 a 15 horas (Figura 5).

Walker e Standards Australia (2002) e CEPED (1984) indicam para esses casos, que a camada inferior deve ser escarificada, produzindo ranhuras na diagonal à face da parede (profundidade e largura de cerca de 0,5cm), ser limpa e, se necessário, tratada com um agente de ligação para assegurar a resistência à flexão.

É fato que o problema pode ser agravado sob o efeito abrasivo do vento, desgaste por atrito (abrasão) ou erosão. Foi analisado por BUI et al (2009), a erosão superficial por estereofotogrametria, em muros de taipa expostos por 20 anos às condições climáticas do oeste da França, tendo encontrado uma profundidade média de cerca de 2mm (0,5% da espessura da parede) nos muros estabilizados com 5% em massa de cal e, de cerca de 6,4mm (1,6% da espessura da parede) nos muros não estabilizados com aditivos. Estes autores salientam que a erosão de uma parede de taipa não é uma função linear do tempo, sendo que durante a primeira hora após a construção, a parede pode demonstrar mais desagregação na superfície, que, em seguida, se estabiliza. Nesse caso, é devido à perda de energia de compactação em contato com a forma durante a produção, por causa do atrito.

O estudo evidenciou também uma heterogeneidade da erosão, nas partes superiores das amostras, que mais protegidas da chuva pelo telhado erodiam menos e nas camadas compactadas, devido à variação da densidade em toda a sua altura.

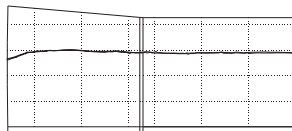
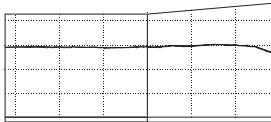
O procedimento para medição da profundidade da desagregação registrada na P2, foi similar ao das fissuras/trincas. A profundidade foi aferida a cada 10cm, com o auxílio de régua e vareta

(Figura 5). Três pontos extras foram medidos na extremidade da parede 2 (espessura da parede), por apresentarem profundidade visualmente significativa (Tabela 3). Não foram identificadas áreas de desagregação na superfície.



Figura 5. Medição da desagregação

Tabela 3. Medidas e mapeamento da desagregação

Parede	Em (L): 6,49m, traço 1:12 com fibra. Largura 20cm		
	P2 externa	P2 (extremidade)	P2 interna
Profundidade	Mín: 1 mm	Mín: 11 mm	Mín: 2 mm
	Máx:20mm	Máx:45mm	Máx:14mm
	Media: 7,77mm	Media:24,66mm	Media: 6,73mm
	n: 35	n: 3	n: 46
Posição na parede			
	% em relação a altura	3,9%	12,3%

n=número de pontos aferidos

Comentários: A profundidade média na face externa da parede é de 7,8mm e na face interna é de 6,7mm. Considerando a somatória da média das duas faces encontra-se o valor de 14,5mm, que representa 7,25% da espessura da parede.

3.4 Eflorescências

As paredes que ficaram expostas à ação de chuva intensa, por dias seguidos e tiveram a sua superfície manchada por eflorescências esbranquiçadas, possivelmente oriundas do carbonato de cálcio, dado que a mistura utilizada no protótipo contém cimento. As paredes que apresentaram manchas foram P1, P2, P3, P6 não tendo sido medidas (Figura 6).



Figura 6. Eflorescências na taipa

3.5 Heterogeneidade

A formação de esferas (ou grumos) na homogeneização da mistura (aumentam de tamanho pelo rolamento de aglomerados de cimento e argila, nas betoneiras tradicionais), pode interferir na

densidade, pois mesmo com a compactação grandes espaços vazios se fazem presentes dentro das paredes (Jaquin, 2008).

A microfibras, incorporada na mistura, no estado seco, também não foi homogeneizada completamente, permanecendo tufo visíveis na parede pronta.



mistura heterogênea mistura com grumos compactada tufo de microfibras de polipropileno
 Figura 7. Aparência da mistura utilizada para a produção das paredes de taipa.

A mistura da parede P6, por ter sido preparada com a introdução de um triturador no processo produtivo, foi a única que não apresentou heterogeneidade por esferas ou tufo de microfibras.

3.6 Marcas e deformações superficiais (por formas, ferramentas)

Marcas (linhas tênues) na superfície da parede são decorrentes das juntas entre os moldes de compensado da forma. Foi identificado também que as formas não estavam niveladas entre si e que durante a compactação, houve abaulamento das chapas de compensado, prejudicando a planicidade da superfície de todas as paredes (Figura 8).

Detectou-se também a variação do prumo (20 a 24cm). Desta forma, o assentamento das portas demandou a execução de cortes, para correções. Além disso, as práticas inábeis na execução (modo de desformar, cortar, perfurar e golpear os instrumentos na parede pronta), geraram defeitos que prejudicaram as características originais da superfície das paredes.



junta dos moldes desnivelamento cortes com serra-mármore falta de prumo
 Figura 8. Marcas e deformações das paredes de taipa (imagem "falta de prumo" de BARRETO e AJIKI, 2015).

Comentários: na análise geral, as marcas detectadas em todas as paredes têm em comum o fato de terem sido causadas por problemas relacionados ao desempenho da forma e equipamentos ou ineficiência das práticas executivas e falta de controle do processo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos adotados para medição foram, de modo geral, de fácil execução, demandando poucas ferramentas especializadas, sendo a mais complexa o software gráfico (AutoCad). Foram elaborados para serem de fácil apropriação, de modo que pode ser aplicado em outros estudos, contribuindo para a formação de um banco de informações. Futuramente, tal banco pode ser utilizado para verificar a tolerância aos defeitos, assunto que tem poucas referências disponíveis.

Quanto aos defeitos medidos, os arrancamentos totalizaram 0,7m² em 175m² de superfície de parede (0,4%) e todas estão localizadas na metade superior. O tempo entre compactação e

retirada das formas pode ter interferido nessa ocorrência, assim como a deformação das formas ou ainda a falta de uniformidade na compactação, cabendo então análises subsequentes sobre cada hipótese. Sobre as fissuras, essas ocorreram na metade inferior das paredes, tendo como possibilidades de causa: deformação da fundação (radier), retração do material (pela extensão da parede), movimentação das formas ou impacto da construção de outras paredes. Para a desagregação, dado que ocorre nos dois lados da parede e em toda a extensão, cabem análises complementares sobre a segurança estrutural, em relação aos esforços excêntricos. Os dados obtidos, sistematizados, conferem informações objetivas (medidas) para avaliações de desempenho futuras.

O trabalho limita-se à medição, pois a avaliação do grau de relevância da patologia ou do desempenho das paredes, visando resultados conclusivos depende de estudos complementares sobre a unidade prototípica. A comparação com dados de outros autores também foi limitada à abordagem quantitativa, pois há diferenças de produção e de condições de exposição, que interferem no desempenho ao longo da vida útil das edificações.

Cabe ainda ressaltar que, dos defeitos relatados, há os que nem sempre são considerados problemas. Com exceção dos que oferecem riscos aos usuários, a tolerância para cada defeito, ou seja, sua aceitabilidade, depende de cada observador, até mesmo para considerá-los como um problema de fato ou apenas como mera característica da técnica.

AGRADECIMENTOS

Patrocinadores: FUNDECT, CNPq, UFMS, Taipal Construções em Terra, Construgreen, Neomatex, Votorantim Cimentos, Sermix, Batlab, Ecomáquinas, Quartzolit, SF Formas, Mineração Xerez, Cerâmica Volpini. Imagens: Maria Claudia Bensimon Gomes, Mylla Frota Barreto e Camila Ajiki.

REFERÊNCIAS

ABCP-Associação Brasileira de Cimento Portland. 1948. Casas de parede de solo-cimento. Boletim de informação N. 54, p. 521 a 540.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1986. NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013. NBR 15575: Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos.

Barboza, C. S. 2014. Avaliação físico-mecânica do solo-cimento autoadensável para fabricação de paredes monolíticas. Dissertação (Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade) - UFMS, Campo Grande.

Bui Q.B., Morel J.C, Venkatarama Reddy B.V, Ghayad W. 2009. Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering. *Building and Environment*, Volume 44, ed.5: 912-919. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=699793882&_sort=r&_st=13&_view=c&_md5=6e7812a5fa34be9c069daebe1ef16880&searchtype=a. Acesso em 15 nov. 2014

CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. 1984. Manual de construção com solo-cimento. 1984. 3ª. Edição. São Paulo: CEPED/ BNH/ URBIS/ CONDER/ PMC/OEA/CEBRACE/ ABCP. 147 p.

DNER-ME - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. 1994. DNER-ME 052/94: Solos e agregados miúdos – determinação da umidade com emprego do “Speedy”. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/NORMAS/DNER-ME052-94.PDF>. Acesso em: 15 nov. 2014.

González, F. D. 2006. Geometrias da Arquitetura de terra: A sustentabilidade Geométrica das construções em Terra Crua. Lisboa: Universidade Lusíada Editora, 203p.

Heise, A. F., Minto, F. C. N., Hoffmann, M. V. 2012. Proposta de contribuição para análise do desempenho técnico-construtivo das paredes de taipa de pilão. In: CONGRESSO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL, 4., Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: UFC, 2012.

ISO-International Organization for Standardization. 1984. ISO 6241/1984: Performance standards in building -- Principles for their preparation and factors to be considered. Disponível em http://www.usp.br/fau/fau/administracao/congregacao/planodiretor/site_antigo/material/leitura_tecnica/01_tabela_iso_6241.pdf. Acesso em: 06/06/2013.

Jaquin, P.A. 2008. Analysis of historic rammed earth construction. Tese de doutorado - Durham University, Durham. Disponível em: <http://etheses.dur.ac.uk/2169/>. Acesso em 15 de janeiro de 2015.

Neves C. 1993. Desempenho de paredes de edificações em uso: metodologia de avaliação. In: Simpósio Ibero-Americano sobre Técnicas Construtivas Industrializadas para Habitação de Interesse Social, 3. e Fórum Brasileiro da Construção Industrializada-Habitação, 1. São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPT/CYTED/ABCI, 1993.

Suzuki, D., Krayenhoff, M. 2014. Sirewall: stabilizer insulated rammed earth. Disponível em: <http://www.sirewall.com/about/sirewall-system/>. Acesso em: 12 mar 2014.

Veraldo, A. C., Paz, J. G. S., Yuba, A. N., Milani A. P. S. 2014. Análise do processo de produção de paredes maciças de solo estabilizado a partir do uso de mecanização. In: Congresso De Arquitetura E Construção Com Terra No Brasil, 4. Viçosa. **Anais...**Viçosa: UFV, 2014.

Walker, P., Standards Australia. 2002. The Australian Earth Building Handbook. Watford, BRE Bookshop.

Tsuchikabe e o Protagonismo do Trabalhador

Bianca dos Santos Joaquim

Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

bijoaquim@gmail.com

Akemi Hijioka

Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

ahijiok@uol.com.br

Akemi Ino

Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

inoakemi@sc.usp.br

ABSTRACT: In 2013 the course "Canteiro Escola Taipa Japonesa" (Construction School Japanese Taipa, literally) took place at the Institute of Architecture and Urbanism of USP (São Carlos, Brazil). The event presented *tsuchikabe* technique, Japanese version of wattle and daub. However, unlike the rough appearance that often this technique is implemented in Brazil, the Japanese one has undergone extreme improvement, it has a wide range of tools and the procedures are outlined in detail. The practice of the *tsuchikabe* remains handcrafted and depends on the mastery of a worker to be properly implemented. From the observation of the technical implementation during the course, this paper aims to discuss different perspectives involving the manufacture of Brazilian and Japanese versions of wattle and daub. Regarding the differences that involve the demonstration on a school and the implementation in the construction site, aspects such as physical exertion, satisfaction and autonomy of workers will be assessed. This review will be based on the Sergio Ferro's concept of Trabalho Livre (freedom labor, literally).

Keywords: wattle and daub, *tsuchikabe*, technology transfer, Trabalho Livre

RESUMO: Em 2013 ocorreu no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP (São Carlos, Brasil) o curso "Canteiro Escola Taipa Japonesa". O evento apresentou a técnica denominada *tsuchikabe*, versão japonesa da taipa de mão. No entanto, diferentemente do aspecto frequentemente rudimentar com que tal técnica é empregada no Brasil, a técnica japonesa passou por extremo aperfeiçoamento, conta com amplo ferramental e procedimentos minuciosamente delineados. A execução do *tsuchikabe* permanece artesanal e depende da maestria de um trabalhador para que possa ser empregada. A partir da observação da execução da técnica no evento supracitado, este trabalho pretende discutir diferentes perspectivas que envolvem a manufatura de versões brasileira e japonesa da técnica mista. Guardadas as devidas diferenças que envolvem uma demonstração em um canteiro escola e a execução em canteiro de obras, serão avaliados aspectos como esforço físico, satisfação e autonomia dos trabalhadores, tendo como base o conceito de Trabalho Livre de Sérgio Ferro.

Palavras-chave: taipa de mão, *tsuchikabe*, transferência de tecnologia, Trabalho Livre

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, em conformidade com o crescimento de estudos acerca do tema sustentabilidade, a terra como material de construção vem sendo anunciada como capaz de atender a demandas do setor construtivo com redução significativa de impactos ambientais.

São diversos os aspectos positivos: trata-se de matéria prima farta, frequentemente disponível no local da obra, que requer baixo consumo de energia para produção/transformação, que não

leva queimas e que, portanto, emite quantidades mínimas de CO₂. Em termos de implicações no ambiente construído, pode proporcionar excelente conforto térmico e acústico, além de contribuir para a regulação da umidade dos ambientes. Ao final de seu ciclo pode ser descartada sem prejuízos de contaminação de solo e água, é reabsorvida rapidamente pelo ambiente ou então, pode ser reciclada, voltando a ser barro para preparação de novos elementos construtivos.

Entretanto, se é admissível que há aspectos positivos tanto no que diz respeito à diminuição da degradação ao meio ambiente quanto na promoção de resultados benéficos ao desempenho das edificações, coloca-se em questão se, nos canteiros de produção da arquitetura e construção com terra, as condições de atuação dos trabalhadores também se configuram como favoráveis.

O trabalho é pesado, a quantidade de esforço físico necessária para a execução das diversas atividades que envolvem a produção da arquitetura e construção com terra é alta, podendo ser excessiva e até degradante se as condições de operação no canteiro não estiverem devidamente equacionadas.

Dada a altíssima frequência das situações de intensa exploração no setor da construção civil no Brasil e considerando o caráter fortemente artesanal da construção com terra, faz-se necessário conhecer como ocorre a produção desta arquitetura. Neste sentido, este trabalho se propõe a avaliar preliminarmente a atuação do mestre em *tsuchikabe*, técnica mista de construção com terra do Japão empregada no Brasil no início do século XX por imigrantes oriundos daquele país.

Em 2013 ocorreu no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (São Carlos, SP, Brasil) o curso de extensão "Canteiro Escola Taipa Japonesa". Como se fosse uma taipa japonesa, o *tsuchikabe* é similar à taipa de mão, nome comumente dado às técnicas mistas de construção com terra no Brasil. No entanto, diferentemente do aspecto muitas vezes rudimentar com que tais técnicas são empregadas no Brasil, a técnica japonesa passou por extremo aperfeiçoamento, conta com amplo ferramental e procedimentos minuciosamente delineados.

Apesar de tais características e de os japoneses contarem com o auxílio de máquinas para misturar e transportar o barro, a execução do *tsuchikabe* permanece essencialmente artesanal e, por isso, depende da sabedoria de um trabalhador para que possa ser empregada em edificações.

A partir da observação da execução da técnica no evento supracitado, este trabalho pretende discutir as diferentes perspectivas que envolvem a manufatura das versões brasileira e japonesa da técnica mista. Guardadas as devidas diferenças que envolvem uma demonstração em um canteiro escola e a execução em um canteiro de obras, serão avaliados aspectos como esforço físico, satisfação e autonomia dos trabalhadores, tendo como base o conceito de Trabalho Livre de Sérgio Ferro (2006).

2 TRABALHO LIVRE

Em seu trabalho *O Canteiro e o Desenho*, o arquiteto Sérgio Ferro faz uma leitura do canteiro de obras a partir de Marx e de sua crítica da economia política. Numa apresentação bastante resumida da tese em questão, o autor aponta o desenho como instrumento de controle do canteiro e a arquitetura como mercadoria cuja função única é a geração de lucro: "a elaboração material do espaço é mais função do processo de valorização do capital que de alguma coerência interna da técnica" (Ferro, 2006, p. 107).

O autor define o canteiro de obras como um local de prática da manufatura, onde a produção é caracterizada por sucessão de operações e divisão acentuada do trabalho (trabalhadores atuando de forma heterônoma). Nesse sentido, o instrumento utilizado para reunir tantas tarefas e trabalhadores é o desenho. No entanto, no contexto do canteiro, trabalhadores que

são meros executores de trabalhos desconexos mal podem ler tal conjunto de códigos: “decodificados pelo mestre e comunicados como ordens de serviço, comandam o trabalho dividido” (Ferro, 2006, p. 108).

No contexto desta crítica e pautando-se na máxima de Willian Morris que afirma que a arte é o trabalho realizado com alegria (“Art is joy in labour”), Sérgio Ferro formula o conceito do Trabalho Livre como uma possível resposta à atual conjuntura de produção da arquitetura. Portanto, Trabalho livre seria aquele que vai além de mera troca de horas de atividade ou esforço físico por remuneração. É um momento em que se atua com autonomia, autogestão e produção de conhecimento, onde a todos os envolvidos é permitido criar, colaborar, discordar, assentir.

Nas palavras do autor:

“E o que é trabalho livre? Nada a ver com arbitrariedade, improvisação ou preguiça. O trabalho livre é quando realiza o melhor possível em dada situação, o melhor do ofício, o melhor objetivamente inscrito no material, o melhor projeto social. A liberdade, ensina Hegel, não se opõe à necessidade: ambas consistem em ter todas as razões para serem o que são em si mesmas. A verdadeira autonomia é intrinsecamente racional” (Ferro, 2006, contracapa).

E complementa:

“O que hoje concentra todas as desgraças do mundo operário (o canteiro heterônomo da construção, os mais baixos salários, a mais longa jornada de trabalho, as mais altas taxas de acidentes e de doenças de trabalho etc.) pode tornar-se já o lugar de uma das mais belas expressões do espírito, da comunidade livre” (Ferro, 2006, p. 416)

3 TÉCNICAS MISTAS DE CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL

Técnica mista é termo recente (Araújo, 2007) adotado pela Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra – PROTERRA para designar as técnicas de construção com terra que se utilizam de uma estrutura suporte (entramado), constituída por materiais como a madeira e o bambu, para sustentar uma argamassa de barro de recobrimento. Tratam-se das técnicas popularmente conhecidas no Brasil pelos termos taipa de mão, pau-a-pique, taipa de sopapo, taipa de sebe. Em outros países são utilizados os termos estuque (Portugal), *bahareque* (Colômbia e Equador), *quincha* (Argentina, Bolívia, Chile e Peru), *torchis* (França) e *wattle and daub* (EUA, Inglaterra).

No Brasil, segundo Lopes & Ino (2003), “o tipo mais comum de trama consiste no uso de paus roliços no sentido vertical, e de varas flexíveis horizontais, fixadas dos dois lados e amarradas através de fibras vegetais. Contudo, pode apresentar variações quanto à forma, quanto aos materiais utilizados e ainda, quanto ao modo de produção”.

A execução completa da técnica consiste em construir o entramado, recobrir com uma camada de terra em estado plástico – quando o material se configura como modelável, com umidade intermediária, mas não muito líquida.

Por apresentar umidade elevada, o solo aplicado na parede passa por um processo de retração. Após a secagem da parede, esta deve ser revestida com o objetivo de preencher/cobrir as fissuras que porventura surgirem.

Uma das demandas que mais sobrecarregam os trabalhadores na produção da taipa de mão é a preparação do barro plástico. Por ser pesado, devido à grande quantidade de água adicionada ao solo, e por adquirir consistência bastante ‘grudenta’, trata-se de tarefa bastante difícil de ser realizada apenas com ferramentas. A maneira mais tradicional de preparar a massa é com os pés, usando o peso do próprio corpo para amassar o barro. Ferramentas como enxadas e pás são utilizadas esporadicamente para revirar parte da massa e alcançar uma mistura mais homogênea.

Esta dificuldade pode ser potencializada pois, muitas vezes, além de terra e água, é necessário

adicionar palha à mistura. Este material é incluído pois diminui de maneira significativa a quantidade e o tamanho das fissuras, tão comuns à execução da técnica. As palhas utilizadas são das mais diversas origens, exemplos: feno (gramíneas diversas), palha de trigo, palha de bambu, etc.

Algumas metodologias de trabalho misturam a palha ao barro à mão, no momento do recobrimento, conformando ‘pães’ que são ‘apertados’ e acomodados sobre o entramado. Em outras, ele é adicionado no momento da mistura do barro à água, utilizando os pés.

Este último método, além de prolongar a tarefa de mistura, potencializa o surgimento de cortes nos pés dos trabalhadores. Apesar de se constituírem em feridas pequenas, estes arranhões estarão em contato com o barro, o que pode resultar em pequenas infecções que agravam o ferimento. E o que poderia ser uma solução, ‘virar’ a massa com botas, dificulta e prolonga ainda mais o processo.

Em comparação com as demais técnicas de construção com terra, as técnicas mistas costumam ser as de teor mais leve. Investe-se trabalho no entramado, que é executado a partir de noções ou conhecimentos mais profundos de carpintaria – conforme a complexidade da estrutura auxiliar adotada. Esta trama, por sua vez, sustenta o barro, exigindo assim menor espessura de parede, ou seja, menor quantidade de terra precisará ser preparada para a execução da técnica.

As tarefas de recobrimento e revestimento, quando separadas da tarefa de preparo do barro, não são especialmente pesadas e exigem tempo de execução similar a uma alvenaria e seu revestimento convencional.

4 TSUCHIKABE, A TÉCNICA MISTA JAPONESA

A palavra *tsuchikabe*, grafada em japonês, é composta pelos ideogramas 土壁 (土 terra, 壁 parede). Literalmente, o termo significa parede de terra. Diz respeito à técnica mista de vedação que se utiliza da terra misturada à palha aplicada sobre estrutura auxiliar de madeira e bambu. Diferentemente dos sistemas de técnica mista presentes no Brasil, no modelo japonês, além do equivalente aos esteios, existem malha estruturante e o entramado. Os esteios de sarrafos verticais e horizontais têm a função de travamento do vão. Em seguida são colocados bambus roliços como malha estruturante sobre as quais é amarrado um entramado de bambus partidos.

A terra utilizada no recobrimento da estrutura é preparada com meses de antecedência. Água, terra e palha são misturadas e passam por processo de fermentação.

A história do *tsuchikabe* tem início no século VII e o aperfeiçoamento da técnica ocorreu de modo gradativo, evoluindo de uma rusticidade inicial a um acabamento polido aprimorado. Os procedimentos são numerosos e detalhados e um grande número de ferramentas foi desenvolvido para uma execução mais ergonômica e mais precisa.

A técnica apresenta diversas variantes, dentre elas *shinkabe*, *ookabe*, as quais são usadas principalmente em residências. Na primeira, a estrutura periférica (pilares e vigas) permanece à mostra; já na segunda, essa estrutura fica oculta, ou seja, pilares e vigas são incorporados à parede. No curso de difusão de que trata este trabalho, a modalidade experimentada foi o *shinkabe*.

4.1 Tsuchikabe no Brasil

A versão japonesa da técnica mista foi fortemente empregada no início da imigração de japoneses ao Brasil, nas colônias da região do Vale do Ribeira, ao sul do estado de São Paulo.

Dentre os imigrantes, a ocupação majoritária era a agricultura, embora houvessem alguns poucos cujo ofício era a carpintaria e *sakan* – termo para pedreiro, construtor. Ainda assim, sob a orientação daqueles que possuíam conhecimento técnico, cada família se incumbiu da construção

de sua própria moradia. Baldus & Williams (1941) ressaltam que as habitações construídas pelos imigrantes eram sempre de boa qualidade, mesmo para as famílias menos abastadas.

Análises parciais mostram que nestas construções houve a manutenção da técnica japonesa com substituição total dos materiais da estrutura auxiliar por materiais encontrados na região. Alguns exemplares examinados revelam que, diferentemente da taipa de mão brasileira, cujas paredes variam de 10 a 15 cm de espessura, as paredes das casas dos imigrantes japoneses do Vale do Ribeira têm entre 5 a 7 cm de espessura (Hijioka et al. 2014).

4.2 O evento Canteiro Escola Taipa Japonesa

Organizado pelo grupo de pesquisa Habis e pela Comissão de Cultura e Extensão, ambos do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, o curso de extensão ‘Canteiro Escola Taipa Japonesa’ ocorreu em 2013, foi evento gratuito, aberto à comunidade, contou com o apoio da Fundação Japão e da Pró-Reitoria de Cultura e Extensão da USP. Por razão do envolvimento destas instituições, foi possível trazer do Japão o professor Kinzo Nakao (Tajima Technical Institute), mestre em *tsuchikabe* com aproximadamente 50 anos de experiência.

O método adotado para o curso foi a demonstração seguida de prática. Para tanto foram preparados sete painéis, sendo dois para demonstração e cinco destinados aos grupos de trabalho. A explicação simultânea à ação foi um importante diferencial. O mestre executava em seu painel explicando os detalhes de cada passo. Em seguida, os grupos executavam em seus respectivos painéis.

4.3 Execução da técnica

A seguir serão descritos os procedimentos de execução da técnica demonstrados no curso. São bastante similares ao da construção propriamente dita, com a diferença de estarem sendo empregados em painéis, ao invés de em uma edificação. Ainda assim, aquele a que se observa é um mestre em *tsuchikabe*, no papel de professor (*Sensei*), e que carrega consigo uma vivência de décadas para com o ofício.

Vale salientar, entretanto, que no cotidiano do ofício do *sakan*, assim como em outros diversos ofícios tradicionais, há um consenso de que a apropriação desses saberes requer anos de prática. Seu conhecimento não é ensinado, mas desenvolvido na relação entre mestre e aprendiz.

4.3.1 Preparação prévia dos materiais de construção

Antes do início da confecção da parede é necessário preparar os materiais que serão empregados na execução da técnica.

Os bambus foram de colhidos na região com o uso de facões e serras. As peças foram preparadas em tamanhos e formas diferentes. O corte transversal do bambu foi feito com serras de mão. Uma vez cortados no comprimento desejado, os bambus são cortados também na longitudinal, divididos em seis taliscas. Essa operação foi realizada com uma ferramenta em ferro fundido, similar a uma roda dividida em seis setores, denominada *takewariki*, que significa partidor de bambu.

No caso da terra, foi extraída por máquinas do próprio campus da USP. O material foi peneirado manualmente, depositado em baias, onde foi umedecido com água adicionada ao longo de dois dias. Uma porção de palha foi acrescentada à mistura e revolvida com os pés e ferramentas (pás e enxadas) diversas vezes ao longo de três meses. No Japão, o preparo da terra é feita com meses, e até anos de antecedência. Isso é feito para que o material se beneficie dos processos bioquímicos que ocorrem na mistura, que melhoram a trabalhabilidade do material.

Antes da aplicação do barro na parede, houve o ajuste granulométrico com adição de areia conforme orientação do mestre japonês. Tal encaminhamento foi dado após testes sensoriais, ou seja, através do manuseio e observação que o mestre fez do material.

4.3.2 Armação da estrutura auxiliar

A primeira etapa é a armação da estrutura auxiliar, sobre a qual será aplicado o barro. Este entramado está subdividido em três níveis: uma trama estruturante, uma trama intermediária e uma malha de preenchimento.

Os dois primeiros níveis seriam similares à montagem do conjunto de esteios e montantes da taipa de mão. Entretanto, diferentemente dos diversos tipos de trama brasileiros – que costumam empregar na componente vertical da trama peças mais robustas que nas componentes horizontais – a trama estruturante, primeiro nível da estrutura auxiliar, é composta por sarrafos de mesma dimensão nos sentidos verticais e horizontais, de modo a compor módulos de dimensão menor que 90 cm de lado. Estes sarrafos, denominados nuki, são engastados nas extremidades da estrutura periférica (pilares e vigas), que sustenta paredes e cobertura, ou seja, a estrutura principal da edificação (Fig. 1).

A trama intermediária, segundo nível do entramado, é executada através da fixação de peças roliças de bambu, tanto na horizontal quanto na vertical. Tais peças são denominadas mawatashi-dake. O objetivo é obter um quadriculado com distância de cerca de 30 cm entre bambus, a partir de uma distância de aproximadamente 6 cm das bordas. Estas peças de também têm suas pontas inseridas na estrutura periférica através de encaixes simples na madeira.

Por último, para formar a malha de preenchimento, taliscas de bambu são atadas, conformando-se uma malha com vazados de aproximadamente 3 cm (tanto na vertical como na horizontal). Neste nível todas as peças são amarradas na malha estruturantes, tanto as taliscas desta malha quanto os bambus roliços da trama intermediária. As inúmeras amarrações seguem procedimento delineado e padronizado que economiza repetições de esforços e materiais. (Fig. 2)



Figura 1. Kinzo Nakao executando a trama auxiliar. Foto: Seiji Yoneda, 2013. Figura 2. Amarração da malha de preenchimento. Foto: Seiji Yoneda, 2013.

4.3.3 Aplicação da primeira camada de terra

O barro preparado é aplicado, primeiramente, sobre uma das faces da estrutura auxiliar (entramado). A aplicação é feita pressionando o barro de modo que o material extravase o vão da malha pelo outro lado, conformando um engaste (Fig. 3). A espessura é motivo de cuidado durante todo o procedimento, quanto mais nivelada a primeira camada, menor quantidade de material será empregada na segunda camada.

A primeira camada do verso da parede é executada após a etapa uragaeshi (descrita a seguir) e após um descanso de um a alguns dias para que o barro sofra parte da retração.



Figura 3. Barro que extravasa pelo verso da parede. Foto: Akemi Ino, 2013.

4.3.4 *Uragaeshi*

Etapa de cuidados com o verso da parede (painel, no caso), consiste em regularizar as saliências deixadas na sequência anterior. Isso ocorre pois há um controle para que a espessura do barro seja uniformizada. A quantidade de material em excesso que é retirada será incorporada à primeira camada de barro neste lado do painel (Fig. 4).



Figura 4. Primeira camada concluída, após secagem parcial e retração da argila. Foto: Akemi Ino, 2013.

4.3.5 *Nukifuse e tirimawari*

Procedimento empregado para tratamento da interface entre barro e madeira. Executado tanto na região das bordas quanto na região dos sarrafos da trama estruturante.

O barro aplicado apresentará espessuras diferentes sobre o bambu e sobre os sarrafos, o que implicará no surgimento de fissuras distintas, provocadas pela retração do material. Esta etapa consiste em minimizar tal ocorrência. O tratamento necessário corresponde ao acréscimo de fibras (sisal desfiado, no caso do curso). Sobre os sarrafos são aplicadas de forma ordenada, na transversal em relação à peça, sobre o barro úmido. Já nas bordas são acrescentadas telas de linho (produto japonês industrializado) ou as mesmas fibras vegetais, aplicadas ao longo de todo seu comprimento.

4.3.6 *Muranaoshi e nakanuriri*

O termo *muranaoshi* significa “consertar o desigual”. Esta etapa tem por objetivo a regularização da superfície deixada pelo tratamento anterior. O preenchimento deverá ser feito com o barro utilizado na primeira camada.

Já o termo *nakanuri* significa “aplicação da camada do meio” (ou da camada interna). Com a mistura apropriada para a segunda camada, a superfície é uniformizada aplicando-se o barro a uma espessura de cerca de 2 mm. Esta mistura é mais arenosa e possui fibras de menor comprimento. O aumento da concentração de areia e o acréscimo das fibras, embora diminuam a resistência do barro, ajudam a minimizar o surgimento de fissuras.

4.3.7 Uwanuri

A expressão uwanuri significa “aplicação da camada de cima”. Esta etapa refere-se à camada de finalização e apresenta uma grande variedade de materiais e técnicas. O processo de preparo do barro desta camada é a etapa que mais apresenta características regionais. É também a etapa que evidencia o apuro técnico do *sakan*. O acabamento pode ser feito à base de cal, areia e terra com diferentes cores, misturadas a aglomerantes diversos, como goma à base de algas e resinas à base de vegetais.

4.3.8 Pormenores da execução da técnica

Inúmeros detalhes da execução da técnica foram suprimidos desta resumida apresentação devido ao tamanho da publicação. No entanto faz-se necessário salientar que para cada atividade descrita acima haviam pormenores. Como exemplo podemos citar os cuidados com a espessura das camadas, a ordem de aplicação do barro na parede (que se dá com a mesma orientação que se escreve ideogramas), o cuidado com a preservação e limpeza das vigas e pilares de madeira (o barro é um material que pinta a estrutura, gerando trabalho posterior), o cuidado com desperdício de material (não se deixa cair barro no chão, conforme ocorre com argamassas de cimento cotidianamente em obras convencionais no Brasil), entre outros.

4.4 Ferramentas



Figura 5. Parte das ferramentas do *sakan*. Foto: Seiji Yoneda, 2013.

Além do partidor de bambu mencionado acima, diversas ferramentas foram trazidas pelo mestre (Fig. 5). Dentre elas destaca-se o *kote*, que é análoga à colher de pedreiro usada no Brasil mas que possui desenho adequado ao trabalho com o barro. A colher de pedreiro, no Brasil, tem o cabo posicionado na extremidade. Já o *kote* tem o cabo posicionado numa parte mais central da placa. Essa pequena diferença reflete no rendimento, na qualidade do trabalho e no desgaste do trabalhador. Ao aplicar o barro no painel, o movimento exercido pela primeira exige grande esforço no pulso, formando uma espécie de alavanca. Com a “colher japonesa”, a força aplicada é transmitida diretamente pelo centro do punho, o que faz com que o esforço nas articulações seja menor e a precisão dos movimentos maior.

No Japão, é comum um bom profissional ter umas centenas de *kote*. No referido curso, foram apresentados cerca de 30 tipos principais, das quais cerca de 10 foram utilizadas de acordo com as etapas executadas.

A variedade do *kote* é muito grande, segundo Nishiyama (2007), são mais de mil tipos. As especificidades de cada etapa da construção do *tsuchikabe* tiveram sua correspondência com *kote* que varia em forma, tamanho, espessura e flexibilidade. A fabricação das ferramentas teve sua evolução mais significativa no final do período *edo* e início do *meiji* (séc. XIX) (Yamada, 1985). Esta época corresponde ao fim do sistema feudal. O fim da classe do samurai, assim como o desuso da espada, permitiu que parte da especialidade do ferreiro, dedicada à espada, fosse transferida para a fabricação do *kote*. A ferramenta é considerada a extensão da mão do *sakan*, desta forma, a customização era feita de acordo com a empunhadura de cada profissional, seus

gestos e técnicas, o que responde o porquê do grande número de variedades que a ferramenta apresenta na atualidade.

Outro fator importante que vale destacar é que, no Japão, devido à escassez de mão de obra e à valorização de sua remuneração, investe-se em melhores condições de produção. Por isso, os trabalhadores que executam esta técnica contam com a disponibilidade de misturadores de argamassa para misturar o barro, sistema de bomba e mangueiras para transportar o material dentro do canteiro de obras, entre outras facilidades.

5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A PRODUÇÃO DO *TSUCHIKABE*

Kinzo Nakao, ou Nakao *Sensei*, trabalha com o *tsuchikabe* há praticamente 50 anos e, a beleza de sua grande experiência e do saber-fazer da técnica reside em seus gestos, em suas ferramentas, em sua postura e na paixão com que transmite seus conhecimentos, mesmo que seja a pessoas desconhecidas e distantes, como um grupo de brasileiros interessados na técnica japonesa e na arquitetura e construção com terra.

Foi possível observar no mestre, durante a demonstração das aplicações do barro nos painéis, a eficiência de seus movimentos. Sua ação diante do painel era de gestos mínimos e eficientes: sem se sujar, sem desperdício de materiais e com excelente resultado. O curso também foi pontuado com relatos de suas experiências profissionais e sua postura com relação ao ofício. Isto proporcionou reflexões a respeito do conhecimento integral, intelectual e manual desse tipo de profissional. Isto é, o pensar (criar) e fazer são indissociáveis para o *sakan*. A atitude do mestre no canteiro escola, participando intensamente para o bom funcionamento do trabalho como um todo foi marcante. À medida que o curso avançava, pôde-se perceber uma mudança na postura dos participantes. Grupos inicialmente isolados passaram a interagir de maneira mais ativa, abastecendo os demais com materiais, atentando para limpeza do canteiro e manutenção das ferramentas. A experiência do curso mostrou também que o *tsuchikabe* não é uma receita pronta e replicável, feita de terra, areia, palha e boas ferramentas. É, na verdade, resultado de saberes e fazeres acumulados ao longo de mais de um milênio, envolvendo constante diálogo entre homem, material e meio.

O desenvolvimento e a complexidade que alcançou a estrutura auxiliar do *tsuchikabe*, aquela que recebe o barro, parece estar ligado a uma economia do emprego do barro que, por demandar preparo mais pesado e demorado, deve ser aplicado com moderação. Portanto investe-se tempo na confecção do entramado para depois economizá-lo em esforços físicos e em material no momento do barreado.

Além disso, a inclusão de máquinas e outras engenhosidades permitem promover a inexistência de trabalhadores que executam tarefas desconectadas do todo no processo, atuando como meros carregadores ou misturadores humanos. A inexistência da figura do servente, que é substituída em parte pela ação de máquinas e em parte pelo auxílio do aprendiz, associada ao aprimoramento contínuo da execução das técnicas, confere ao ofício a possibilidade de se constituir numa sequência de momentos de aprendizado.

Enfim, o *tsuchikabe* apresenta componentes artísticos e científicos, extrapolando a esfera do trabalho e confundindo-se, em alguma medida, com a prática relacionada ao conceito de *Do* na cultura japonesa – o caminho do autoconhecimento. Na perspectiva ocidental, pode-se associar tal prática ao trabalho livre, uma vez que permite que os trabalhadores atuem com protagonismo e autonomia.

Observar a prática do *tsuchikabe* nos revela que a arquitetura e construção com terra pode delinear uma outra história, futura, em que tal arquitetura pode prosseguir na história da técnica humana, sem que para isso comunidades e trabalhadores tenham de passar por penúrias. Pelo contrário, poderá ser uma dentre as arquiteturas que permitirão a construção de sociedades mais justas e mais livres.

6 PROTAGONISMO DO TRABALHADOR NA PRODUÇÃO DO *TSUCHIKABE*

A diversidade de habilidades demandadas de um mestre que emprega o *tsuchikabe* transfere ao trabalhador o poder que poderia estar depositado no capital, que requereria grande excedente para que se tivesse o domínio dos meios de uma produção industrializada, conforme ocorre em países mais centrais do capitalismo, caso do Japão. Além disso, o conjunto de operações realizadas pelo *sakan* não podem ser facilmente desagregadas e divididas entre diversos trabalhadores, como ocorre nas manufaturas de países periféricos do capitalismo, onde a produção é composta por um quadro de trabalhadores heterônomos, que executam tarefas únicas e repetidas, conforme ocorre em canteiros de obra do Brasil.

O domínio do saber-fazer da técnica associado à constante possibilidade de aperfeiçoamento revelam o protagonismo do mestre em *tsuchikabe*. Promover uma arquitetura e construção com terra que preserve tal autonomia pode repercutir em bons resultados não apenas para o meio ambiente e para o ambiente construído, mas também para o trabalhador, que no cotidiano da construção civil convencional costuma atuar como mero executor de tarefas, totalmente desconectado dos motivos e da tomada de decisões que envolvem o projeto arquitetônico.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Japonesa ou brasileira, as variedades de técnica mista de construção com terra advêm de um saber tradicional, repassado de pessoa a pessoa, por centenas de anos (milênar no caso do Japão). No entanto, o quanto cada uma delas ainda é valorizada em seu país reflete no quanto se manteve do saber fazer da técnica. No caso japonês, por razão de se tratar de um país que valoriza os saberes artesanais e por ser uma técnica empregada muitos séculos antes de se iniciar o uso das vertentes brasileiras, o aperfeiçoamento de etapas de execução e ferramental foi abundante.

No Brasil, a desvalorização pela qual passou a técnica a partir do século XIX repercutiu em perda de saberes que resultou em exemplares executados sem rigor e muitas vezes de maneira imprópria. Os trabalhadores da construção civil desconhecem a taipa de mão como ofício, apesar de muitos na juventude terem testemunhado ou participado da execução de tal técnica.

REFERÊNCIAS

Araújo, G.B. 2007. Recomendações para melhoria tecnológica da vedação vertical em técnica mista em habitação de interesse social: um estudo de caso no bairro do Alegre em São Sebastião do Passé. Dissertação de mestrado. Salvador: Universidade Federal da Bahia.

Baldus, H. & Williams, E. 1941. Casas e túmulos de japoneses no Vale do Ribeira de Iguape. São Paulo: Revista do Arquivo Municipal

FERRO, Sérgio. O canteiro e o desenho. In: Arquitetura e trabalho livre. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

Hijioka, A. & Joaquim, B. & Ino, A. 2014. Minka - The houses of Japanese immigrants in Ribeira Valley, São Paulo, Brazil. In: Correia, M. & Carlos, G. & Rocha, S. Vernacular Heritage and Earthen Architecture - Contributions for sustainable development. London: Taylor & Francis Group.

Lopes, W.G.R. & Ino, A. 2003. Aspectos construtivos da taipa de mão. In: Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra. Salvador: PROTERRA/CYTED.

Yamada, Kouichi. 1985. 日本の鏝 鏝はいきている [‘Desempenadeira’ japonesa – a *kote* está viva]. Tokyo: INAX Booklet.

Nishiyama, Marcelo. 2007. Bulletin of Takenaka Carpentry Tools Museum No.18. Kobe.

CHAPTER 6 | CAPÍTULO 6 | CAPÍTULO 6

Rural housing, technologies and building cultures

Construção rural, cultura e tecnologias de edifícios

Construcción rural, tecnologías e cultura de la construcción



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Apresentação de um Modelo de Apoio à Gestão de Projetos no Contexto da Construção Sustentável

Daniel Reis

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, São Carlos, São Paulo, Brazil
danielreis@usp.br

Andreia Martins

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, São Carlos, São Paulo, Brazil
andreiamartins@usp.br

José Sousa

Polytechnic of Porto, Institute of Engineering, Department of Civil Engineering, Porto, Portugal
jso@isep.ipp.pt

Márcio Fabrício

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, São Carlos, São Paulo, Brazil
marcio@sc.usp.br

ABSTRACT: For the magnitude of the environmental, social and economic impacts, the construction industry is today one of the most human activities that represents greater challenges in establishing a harmonious relationship between Man and the intents of sustainable development. Thus, the concerns surrounding issues related with sustainable construction led to development of methodologies that aim to mitigate, or at least, reduce these impacts to acceptable values. Considering that the design phase is crucial for achieving the goals of sustainable construction, this paper proposes to present a model to support the development of projects for residential buildings, in order to achieve with more effectively and efficiently the possibility of introduce sustainable solutions, throughout the various stages of a project development.

Keywords: Design management, LEED, BREEAM, LíderA, SBTool^{PT}

RESUMO: Pela magnitude dos impactos ambientais, sociais e económicos, a indústria da construção é uma das atividades humanas que maiores desafios apresenta hoje na definição de uma relação harmoniosa entre o Homem e os desígnios do desenvolvimento sustentável. Assim, a preocupação que envolve as questões relacionadas com a construção sustentável conduziu ao desenvolvimento de metodologias que visem mitigar ou, no mínimo, reduzir até valores aceitáveis esses impactos. Considerando que a fase de projeto é fundamental para atingir os objetivos da construção sustentável, o presente artigo propõe apresentar um modelo de apoio ao desenvolvimento de projetos de edifícios residenciais, de modo a que se consiga, de uma forma mais eficaz e eficiente, introduzir medidas e soluções sustentáveis ao longo das várias etapas de desenvolvimento de um projeto. O modelo foi desenvolvido durante o curso de Mestrado, recorrendo a uma pesquisa bibliográfica sobre o tema.

Palavras-chave: Gestão de Projetos, BREEAM, LEED, LíderA, SBTool^{PT}.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção representa um dos maiores e mais ativos sectores da economia mundial. Movimenta uma considerável percentagem de recursos que, por sua vez, são transformados, transportados, aplicados e no final do seu ciclo de vida são demolidos e reciclados, originando todo este processo, juntamente com a produção de resíduos, utilização

de água e energia um elevado impacto ambiental. Para além disto, o conceito de “construção sustentável” implica a necessidade de considerar igualmente os aspetos económicos e sociais. Para responder a estas exigências têm surgido ao longo das últimas duas décadas vários sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios ou empreendimentos. A nível internacional destacam-se o *Building Research Establishment’s Environmental Assessment Method* (BREEAM) e o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) (internacionais); em Portugal destacam-se o SBTool^{PT} e o Líder A. Estes sistemas baseiam-se numa ponderação entre diversas categorias e indicadores que, no final, resultarão na classificação da sustentabilidade do edifício. Existem também ferramentas baseadas nos sistemas de Análise de Ciclo de Vida (ACV) que quantificam, com elevado rigor, todos os impactos ambientais do ciclo de vida, desde a extração dos recursos naturais até à deposição, reciclagem ou reutilização dos produtos finais resultantes. Ainda sobre este aspeto, a União Europeia através do Comité Técnico CEN/TC 350 tem vindo a desenvolver uma série de normas para avaliar a sustentabilidade na construção (EN15643-1, 2010), abordando aspetos ambientais (EN15643-2, 2011) (15978, 2011), aspetos sociais (EN15643-3, 2012) e aspetos económicos (EN15643-4, 2012).

Por sua vez, e sobre o conceito de projeto, vários autores reconhecem a importância desta fase para se atingirem níveis mais elevados de sustentabilidade no ambiente construído. Na realidade, é durante as fases de concepção e projeto que são definidos a maioria dos materiais e métodos de construção, bem como são determinadas as questões relacionadas com a funcionalidade e qualidade do edifício (Mills & Glass, 2009). É durante a fase de projeto que se torna possível encontrar as sinergias e as soluções mais equilibradas que tornam possível atingir os objetivos da construção sustentável (Kohler & Moffatt, 2003). Por outro lado, o desenvolvimento de projetos de edifícios sustentáveis, usualmente requerem uma abordagem integrada e de cooperação entre as várias especialidades, tais como a arquitetura, estruturas, equipamentos e instalações mecânicas e elétricas, equipamentos e instalações de água e esgotos e gestão de resíduos. (Magent, et al., 2009).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é propor um modelo que permita auxiliar os projetistas, orientado o desenvolvimento do projeto para soluções sustentáveis ao longo das várias etapas do mesmo – programa base, estudo prévio, anteprojeto e projeto de execução. Para tal foi efetuada uma pesquisa bibliográfica com recolha de informação que, posteriormente, permitiu a criação de um conjunto de matrizes, cada uma contendo uma lista ordenada e seriada de procedimentos, tendo por base os seguintes referenciais de sustentabilidade: i) LEED *new construction and major renovations* – versão v3.0 de 2009; ii) BREEAM *International New Construction* – versão de 2013; iii) LíderA sistema de avaliação da sustentabilidade – versão v2.0; e iv) SBTool^{PT}-H – versão de 2009. Dos quatro referenciais mencionados, o LEED, o BREEAM, o Líder A e o SBTool^{PT} encontram-se em vigor e tem aplicabilidade em Portugal. A opção de inclusão destes sistemas no presente modelo deve-se ao fato do LEED e BREEAM, dentro deste segmento de mercado, serem muito utilizados internacionalmente; por outro lado os sistemas LíderA e SBTool^{PT} serem uma referência em Portugal.

Pensa-se que da adequada aplicação do deste modelo, resultará um maior equilíbrio económico, social e ambiental, permitindo um melhor desempenho da construção ao nível destes três pilares do desenvolvimento sustentável.

Torna-se importante referir, que o modelo apresentado neste artigo, parte do pressuposto que a introdução em projeto, de medidas e soluções sustentáveis expressas nos sistemas LEED, BREEAM, LíderA e SBTool^{PT} correspondem a um ganho do edifício no ponto de vista da sustentabilidade, mesmo tendo em consideração que atualmente ainda não existem certezas acerca de qual a melhor metodologia a utilizar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas e ferramentas de avaliação da sustentabilidade de edifícios

Devido à crescente importância do conceito de construção sustentável, desde a década de 1990 até aos dias de hoje, têm surgido, um pouco por todo o mundo sistemas que visam caracterizar o edifício em termos de sustentabilidade (Ding, 2008). Neste enquadramento, o BREEAM foi o primeiro sistema deste género a ser desenvolvido no Reino Unido, com aplicabilidade internacional; Portugal não foi exceção, tendo também surgido estes sistemas, sendo alguns adaptações de outros sistemas internacionais e outros desenvolvidos de raiz (embora também baseados nos conceitos fundamentais de sistemas internacionais já em uso).

Em consequência da crescente gravidade dos problemas ambientais, alguns destes sistemas tendem a atribuir uma maior importância a este fator, descurando um pouco os fatores sociais e económicos. No entanto, qualquer sistema de avaliação de sustentabilidade deverá considerar a ideia de que todos os aspetos da sustentabilidade estão interrelacionados, de que o edifício interage com a envolvente e de que qualquer construção nova deverá contribuir positivamente para a melhoria do local onde este se insere. Apesar de existirem diferentes abordagens nos vários sistemas de avaliação, existem alguns objetivos comuns, tais como: a otimização do local de implantação do edifício, a minimização do consumo energético, a utilização de materiais ecoeficientes, a contribuição para a preservação da identidade cultural regional, a garantia de conforto e segurança para dos utilizadores, a minimização dos custos do ciclo de vida, entre outros (Bragança, et al., 2006). Os sistemas de avaliação de sustentabilidade de edifícios têm como principal objetivo avaliar quantitativamente os aspetos da sustentabilidade dos edifícios, recorrendo a um conjunto de indicadores de diversas categorias e comunicar os resultados decorrentes da avaliação através de um relatório de fácil interpretação, mesmo quando consultado por pessoas não especializadas na área (Bragança, et al., 2010) (Cole, 1999). Devem, também, disponibilizar informação relevante para auxiliar a tomada de decisão na fase de concepção e projeto, bem como direcionar a construção para as melhores práticas construtivas, diminuindo os impactos ambientais do edifício e promover o seu potencial de melhoria (Ferreira, et al., 2013) (Cole, 1999).

2.2 Fases de desenvolvimento de um projeto

A elaboração de um projeto é um processo iterativo, realizando-se sucessivas aproximações ao pretendido pelo dono de obra (Pereira, 2014). As várias fases de desenvolvimento do projeto formam uma sequência de estados que proporciona ao gestor do projeto uma estrutura básica para a sua gestão, independentemente do tamanho e complexidade que este possa apresentar. Para elaboração de um projeto, as etapas previstas são definidas através dos requisitos expressos na Portaria 701-H/2008 de 29 de Julho, que distribui o seu faseamento de acordo com a figura 1.

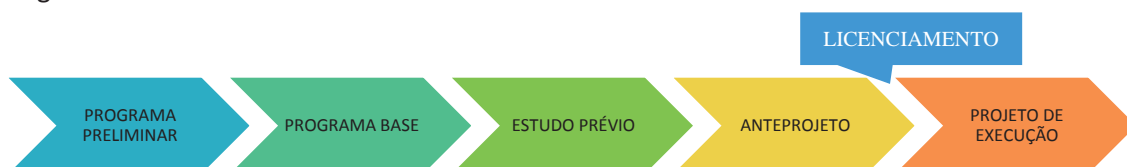


Figura 1. Principais etapas de projeto segundo Portaria 701-H/2008, de 29 de Julho.

A legislação portuguesa, através da norma 701-H/2008, de 29 de Julho estabelece o grau de pormenorização que cada uma destas etapas deve possuir, bem como o conteúdo da documentação a produzir. O modelo que o presente artigo se propõe a apresentar, assenta nos requisitos previstos na Portaria supracitada; contudo, não foi incluído o programa preliminar, pois, admite-se que as decisões mais importantes em termos de sustentabilidade, nomeadamente o tipo de produto, características e nível de desempenho ocorram nas fases do

programa preliminar, estudo prévio, anteprojecto e projecto de execução.

2.3 A importância do projecto na construção sustentável

Os edifícios têm incorporados em si, ao longo das várias fases do seu ciclo de vida, impactos ambientais, sociais e económicos, podendo ser directos ou indirectos, mais ou menos graves. Na fase de projecto, os impactos directos a considerar são insignificantes. Realmente fundamental nesta fase são as opções tomadas no que diz respeito às opções de projecto, pois afetarão todo o restante processo até ao final do ciclo de vida do edifício (Pinheiro, 2006). A importância de considerar os aspectos da sustentabilidade na fase de projecto vem no sentido de encontrar soluções a longo prazo, que garantam o bem-estar dos usuários e minimizar as necessidades de recursos naturais, biodiversidade, água, ar e energia (Bragança, et al., 2014). Ainda segundo Kohler & Moffatt (2003), se o projecto for bem planeado desde o seu início, incluindo os critérios de sustentabilidade logo nesta fase inicial, a possibilidade de reduzir os impactos negativos é maior, bem como o custo de implementação será menor. Por estes motivos, as decisões tomadas na fase de projecto é condição fundamental para se conseguir incorporar no edifício, medidas e soluções construtivas com princípios de sustentabilidade. Contudo, relativamente a este aspecto, ainda não é atribuída a sua real importância e, conseqüentemente acaba por impedir que se atinja níveis de desempenho superiores à prática.

Por outro lado, os sistemas de avaliação de sustentabilidade podem desempenhar um papel importante na procura da sustentabilidade na construção, não só pela facilidade de compreensão que estes sistemas permitem, mas também pela escala de representação do desempenho do edifício em classes hierárquicas compreensíveis (Ding, 2008) (Ferreira, et al., 2013). É importante assumir os parâmetros e critérios definidos nestes sistemas logo na fase inicial de concepção de projecto, permitindo uma colaboração precoce entre as equipas de projecto e as questões de sustentabilidade que se pretendem alcançar (Ding, 2008). Actualmente, um dos principais desafios passa por desenvolver e implementar uma metodologia sistemática que sirva de suporte ao processo de concepção de um edifício. Esta metodologia deve contribuir para o equilíbrio mais adequado entre as diferentes dimensões de sustentabilidade, sendo ao mesmo tempo prático, transparente e suficientemente flexível (Bragança, et al., 2010).

Com base neste enquadramento, o presente trabalho, procurou desenvolver um modelo inovador, que pretende não só disponibilizar informação técnica para auxiliar a tomada de decisão dos projetistas ao longo das várias etapas de desenvolvimento de um projecto, mas também, fornecer ao gestor do projecto um maior e mais eficiente controlo no que se refere à introdução de medidas e soluções sustentáveis em projecto. Para atingir este objetivo, o trabalho recorre a quatro sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios – LEED, BREEAM, SBTool^{PT} e Líder A.

3 MODELO PROPOSTO

Conforme referido no capítulo anterior, é fundamental levar em consideração as três dimensões do desenvolvimento sustentável (ambiental, económica e social) logo na etapa de concepção de projecto (Bragança & Mateus, 2006). Neste sentido o presente modelo, tem como objetivo criar uma abordagem que, de uma forma integrada e coordenada, permita orientar o desenvolvimento de soluções sustentáveis ao longo das diversas etapas de um projecto (programa base, estudo prévio, anteprojecto e projecto de execução). Não deverá apresentar dificuldades acrescidas à equipa projetista e disponibiliza os elementos necessários no momento preciso. Tem como alvo, o desenvolvimento de projectos de edifícios residenciais multifamiliares, podendo ser novos ou em reabilitação.

Através da adequada aplicação deste modelo é possível acompanhar as diferentes fases de desenvolvimento de um projecto, assumindo em qualquer altura os princípios de

sustentabilidade assentes nos quatro sistemas de certificação – LEED, BREEAM, Líder A e SBTool^{PT}.

Salienta-se que o modelo deve ser aplicado numa etapa inicial do projeto, preferencialmente logo no programa base, de forma a orientar as fases subsequentes do mesmo, permitindo assim, um balanço equilibrado entre o pretendido pelo dono de obra e os níveis de sustentabilidade a serem considerados. Com o desenvolvimento do projeto, do estudo prévio ao projeto de execução, é espectável que as medidas prescritivas devam evoluir para se adequarem ao níveis de desempenho pretendidos.

3.1 Organização do Modelo

O presente modelo foi desenvolvido recorrendo aos critérios e orientações definidos nos sistemas de avaliação de sustentabilidade Líder A, LEED, BREEAM e SBTool^{PT}. Conforme elucidado na figura 2, o modelo encontra-se organizado em função de três abordagens distintas, nomeadamente:

- Abordagem segundo os sistemas de avaliação da sustentabilidade, correspondendo ao número 1 da figura 2;
- Abordagem segundo as etapas de projeto, correspondendo ao número 2 da figura 2;
- Abordagem segundo os intervenientes do projeto, correspondendo ao número 3 da figura 2.

Importa referir que as matrizes foram elaboradas através das folhas de cálculo do “MS Excel”, distribuindo-se da seguinte forma: quatro folhas para os sistemas de avaliação de sustentabilidade; quatro folhas para as etapas de projeto; e cinco folhas para os intervenientes de projeto. As folhas referentes às etapas e intervenientes do projeto encontram-se interligadas às folhas dos sistemas de avaliação de sustentabilidade , de modo a que qualquer alteração nestas últimas, resulte numa atualização automática das restantes (etapas e intervenientes de projeto).

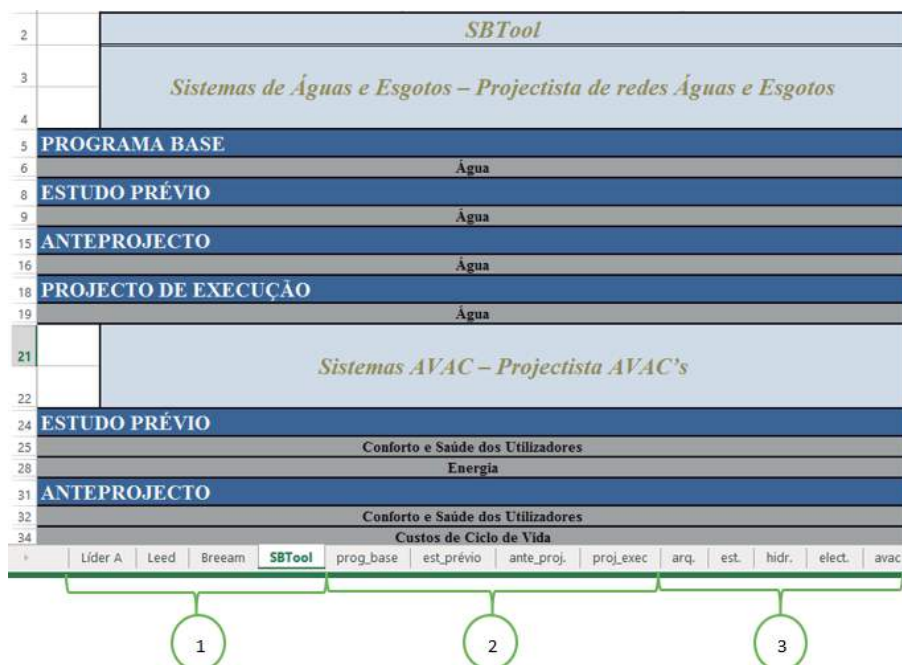


Figura 2. Organização geral do modelo.

Seguidamente irá ser descrito como se encontram organizadas cada uma das três abordagens mencionadas que, de forma conjunta, constituem o modelo proposto. As figuras referentes ao modelo, expostas nos subcapítulos seguintes apenas representam uma pequena parte do

mesmo sendo apresentadas unicamente para que o leitor sinta uma maior facilidade em entender o funcionamento do modelo.

3.1.1 Abordagem segundo os sistemas de avaliação de sustentabilidade

Nesta primeira secção foram elaboradas quatro matrizes, uma por cada sistema de avaliação de sustentabilidade - Líder A, LEED, BREEAM e SBTool^{PT}.

Cada uma das quatro matrizes desenvolve-se em função das várias especialidades de projeto (arquitetura, estruturas, instalações hidráulicas, elétricas e de AVAC). Por sua vez, cada especialidade encontra-se subdividida em função das várias etapas de projeto, permitindo que em cada etapa se disponibilizem diferentes indicadores/diretrizes que, seguidos cronologicamente, irão permitir incluir no projeto soluções sustentáveis, de acordo com o sistema adotado (LEED, BREEAM, Líder A ou SBTool^{PT}). À medida que o projeto evolui ao longo do seu faseamento, as medidas vão sendo cada vez mais pormenorizadas.

A figura 3, representa parte da matriz do modelo segundo o sistema SBTool^{PT} e alguns indicadores a considerar na categoria “conforto e saúde dos utilizadores”, na especialidade de arquitetura e na fase de anteprojecto. Para além do SBTool^{PT} existem mais três matrizes semelhantes, correspondendo aos indicadores do Líder A, LEED e BREEAM.

Os vários indicadores de sustentabilidade não são mais que linhas de intervenção e orientação, necessárias para que o edifício possa atingir um determinado desempenho de sustentabilidade. Estes indicadores permitem, ao gestor do projeto, interagir nas várias fases e nas várias especialidades, propondo procedimentos que possibilitem maximizar a sustentabilidade do edifício.

75		<i>Projecto de Arquitectura – SBTool</i>
76		
115	ANTEPROJECTO	
116		Energia
118		Materiais e Resíduos Sólidos
121		Conforto e Saúde dos Utilizadores
		* Caso a ventilação do edifício se processe recorrendo à ventilação natural, deve-se ter as seguintes considerações: 1. Ventilação Cruzada a) O caminho percorrido pela corrente de ar entre duas fachadas paralelas não deverá ser superior a 5 vezes o pé direito livre (ex.: pé direito de 2,40m a profundidade não deverá ser superior a 12,00m. b) A ventilação cruzada também é possível se o compartimento tiver janelas em fachadas adjacentes, desde que as dimensões máximas do compartimento sejam 4,5m×4,5m. c) A área dos componentes que podem ser abertos (janelas, grelhas de ventilação, etc.) deve ser no mínimo 5% da área útil do pavimento. 2. Ventilação Unilateral a) Só é uma solução eficaz quando a profundidade do compartimento não excede 2 vezes o pé-direito do mesmo (ex.: para um pé direito de 2,40m, a profundidade do compartimento não deverá ser superior a 4,80m); b) Se a entrada e saída de ar se fizer a uma distância mínima de 1,5m, a distância máxima eficaz de ventilação será 2,5 o pé direito (ex.: para um pé direito de 2,40m, a profundidade do compartimento não deverá ser superior a 6,00m). c) A área dos componentes que podem ser abertos (janelas, grelhas de ventilação, etc.) deve ser no mínimo 5% da área útil do pavimento. * Colocar protecções solares nas janelas de modo a que no verão seja possível captar luz solar sem haver o risco de sobreaquecimento no interior. * Preferir janelas altas em vez de janelas largas e baixas.
122		
123		
124		
125		Custos de Ciclo de Vida
127	PROJECTO DE EXECUÇÃO	
128		Alterações Climáticas e Qualidade do Ar Exterior
130		Uso do Solo e Biodiversidade
134		Energia
136		Materiais e Resíduos Sólidos
143		Conforto e Saúde dos Utilizadores
148		Sensibilização e Educação para a Sustentabilidade
153		Custos de Ciclo de Vida
		> Líder A Leed Breeam SBTool prog_base est_prévio ante_proj. proj_exec arq.

Figura 3: Alguns Indicadores na categoria "conforto e saúde dos utilizadores", no método SBTool, na especialidade de arquitetura e para a fase de anteprojecto.

3.1.2 Abordagem Segundo as Etapas de Projeto

Nesta secção foram desenvolvidas mais quatro matrizes, uma para cada etapa do projeto - programa base, estudo prévio, anteprojecto e projeto de execução. Conforme referido, estas matrizes encontram-se interligadas com as quatro matrizes de avaliação de sustentabilidade,

definidas no subcapítulo 3.1.1.

Considerando que as categorias de sustentabilidade variam de acordo com o sistema de sustentabilidade em questão, nesta secção, houve necessidade de proceder a uma sistematização destes indicadores. Com efeito, e com o objetivo de agrupar e organizar o modelo, foram criadas novas categorias de acordo com as áreas abordadas pelos sistemas de sustentabilidade, nomeadamente:

- Cargas ambientais e impactos na envolvente: Aborda as questões referentes às cargas geradas pelo edifício, tais como resíduos sólidos, efluentes líquidos, ruído, emissões de Gases com Efeito de Estufa e poluição ilumino-térmica;
- Integração local: Aborda as questões relacionadas com a localização do edifício, impactos ecológicos sobre o terreno, amenidades e mobilidade local;
- Recursos: Aborda as questões relativas aos recursos naturais, tais como água, sol, vento, materiais e alimentares;
- Ambiente interior: Aborda as questões relacionadas com a qualidade do ar interior, conforto térmico, acústico, higrotérmico, ventilação, luminosidade e bem-estar dos usuários;
- Planeamento, durabilidade e adaptabilidade: Aborda as questões relacionadas com a fiabilidade, manutenção, flexibilidade e adaptabilidade da construção para responder a eventuais alterações durante a fase de utilização;
- Gestão ambiental e inovação: Aborda as questões relacionadas com a gestão do edifício, medição e verificação;
- Aspectos socioeconómicos: Aborda questões económicas e sociais, tais como interação do edifício com a comunidade local, características funcionais como a usabilidade e comodidade do edifício para o usuário.

A figura 4 representa parte da matriz na etapa de anteprojecto. Para cada etapa de projeto existem um conjunto de indicadores devidamente distribuídos dentro das sete categorias mencionadas acima. À medida que o projeto evolui, desde o programa base até ao projeto de execução os indicadores vão sendo cada vez mais pormenorizados de forma a auxiliar os projetistas a selecionarem as soluções que melhorem, preferencialmente de forma significativa, o desempenho global do edifício sobre as três vertentes do desenvolvimento sustentável.

3.1.3 Abordagem Segundo os Intervenientes do Projeto

Nesta secção foram elaboradas mais cinco matrizes, em função dos principais intervenientes durante a fase de projeto, arquitetura, estruturas, sistemas elétricos e hidráulicos e de AVAC. Conforme elucidado na figura 5, cada uma destas matrizes encontra-se desenvolvida em função das várias etapas de projeto, permitindo que para cada interveniente no projeto, existem um conjunto de indicadores que se encontram organizados em função das várias fases de desenvolvimento do projeto.

Os indicadores que compõem as cinco matrizes da presente abordagem encontram-se, à semelhança das matrizes das etapas de projeto abordado no subcapítulo 3.1.2, interligadas às quatro matrizes de avaliação de sustentabilidade. Conforme referido anteriormente, a principal vantagem da interligação destas cinco matrizes com as primeiras (sistemas de sustentabilidade) vai no sentido que qualquer alteração efetuada nestas últimas resulta numa atualização automática das restantes, permitindo ao utilizador uma maior comodidade e economia de tempo, tornando assim o modelo mais eficiente.

2	<i>Anteprojecto</i>										
3											
4	Sistemas de Águas e Esgotos										
9	Recursos										
24	Aspectos Políticos e Socioeconómicos										
27	Sistemas de Comunicações										
34	Aspectos Políticos e Socioeconómicos										
36	Sistemas de AVAC's										
41	Recursos										
49	Ambiente Interior										
54	Gestão Ambiental e Inovação										
57	Sistemas Eléctricos										
63	Recursos										
64	<ul style="list-style-type: none"> A iluminação exterior é feita de acordo com luminárias de alta eficiência, preferencialmente carregada automaticamente recorrendo à energia solar, não necessitando desta forma de recorrer a energia eléctrica. As luminárias exteriores devem estar limitadas a um máximo de fluxo luminoso, que não possa ultrapassar os seguintes valores: <ol style="list-style-type: none"> 5 Watts/m² para zonas de estacionamento e vias de acesso aos mesmos; 10 Watts/m² pontos de acesso pedestres às áreas de estacionamento; 2 Watts/m² para as zonas de "estacionamento" de bicicletas. Toda a iluminação do recinto deve ser ligada e desligada automaticamente, através de um sensor de luz. O nível de iluminação também pode ser reduzido para o padrão mínimo de segurança, permitindo assim economizar energia. 										
66	Gestão Ambiental e Inovação										
67	Aspectos Políticos e Socioeconómicos										
69	Ambiente Interior										
71	Planeamento, durabilidade e adaptabilidade										
74	Sistemas de Estruturas/Térmica/Acústica										
83	Recursos										
90	Cargas Ambientais e Impacte na envolvente										
93	Aspectos Políticos e Socioeconómicos										
96	...	SBTool	prog_base	est_prévio	ante_proj.	proj_exec	arq.	est.	hidr.	elect.	avac

Figura 4: Matriz do modelo na etapa de anteprojecto; apresentação de alguns indicadores na categoria de recursos e na especialidade de sistemas eléctricos

2	<i>Projecto de Arquitectura</i>										
3											
4	PROGRAMA BASE										
9	Recursos										
20	Local e Integração										
46	Cargas Ambientais e Impacte na envolvente										
54	Gestão Ambiental e Inovação										
59	Aspectos Políticos e Socioeconómicos										
70	Ambiente Interior										
74	Planeamento, durabilidade e adaptabilidade										
75	<ul style="list-style-type: none"> De forma a estender o ciclo de vida dos materiais e reduzir o impacto ambiental de novos edifícios no que se refere ao fabrico e transporte de materiais, deve-se elaborar um plano de forma a manter ao máximo a preservação da estrutura, alvenaria e fachada do edifício existente. O Leed define os créditos da seguinte forma: <ol style="list-style-type: none"> Reaproveitar 75% da superfície estrutural, não contabilizando as janelas, portas, materiais perigosos e não estruturais. Este crédito não se aplica caso a área bruta do projecto ultrapasse o dobro da existente. Reaproveitar 95% da superfície estrutural, contabilizando de forma análoga ao ponto anterior; Reaproveitar 50% da área dos elementos não estruturais, tais como paredes interiores, portas, janelas, revestimentos. Tal como o ponto 1. Este crédito não se aplica caso a área bruta do projecto ultrapasse o dobro da existente. 										
76	ESTUDO PRÉVIO										
82	Local e Integração										
95	Recursos										
115	Cargas Ambientais e Impacte na envolvente										
134	Aspectos Políticos e Socioeconómicos										
146	Ambiente Interior										
160	Planeamento, durabilidade e adaptabilidade										
166	ANTEPROJECTO										
169	Recursos										
174	Local e Integração										
177	Cargas Ambientais e Impacte na envolvente										
180	...	SBTool	prog_base	est_prévio	ante_proj.	proj_exec	arq.	est.	hidr.	elect.	avac

Figura 5: Matriz do modelo na especialidade de arquitetura; apresentação de alguns indicadores no programa base na categoria de planeamento, durabilidade e adaptabilidade

4 CONCLUSÕES

Foi apresentado um modelo de apoio ao desenvolvimento de projetos de edifícios sustentáveis, recorrendo a uma abordagem integrada, permitindo que, de uma forma mais eficaz e eficiente, orientar o desenvolvimento de soluções sustentáveis em projeto.

O modelo procura desmistificar a complexidade às vezes gerada na implementação de medidas e soluções sustentáveis que colocadas por si próprias e no momento exato não constituem um fator de incremento de entropia no seio da equipa projetista.

Relativamente a evoluções futuras, estas podem passar por calibrar e otimizar o presente modelo através da efetivação de casos práticos e o desenvolvimento de fichas de registo de forma a veicular a informação para cada um dos intervenientes permitindo, desta forma, controlar se os requisitos expressos estão a ser devidamente introduzidos no projeto.

5 AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

Bragança, L. & Mateus, R. 2006. Sustentabilidade de soluções construtivas. Congresso sobre Construção Sustentável. Porto, Portugal.

Bragança, L.; Mateus, R. & Koukkari, H. 2010. Building Sustainability Assessment. Sustainability. Vol. 2: 2010-2023.

Bragança, L.; Vieira, S.M. & Andrade, J.B. 2014. Early stage design decisions: the way to achieve sustainable buildings at lower costs. The scientific world journal. Vol. 2014: 1-8.

BREEAM. 2013. Building Research Establishment's Environmental Assessment Method. International New Construction.

Cole, R.J. 1999. Building environmental assessment methods: clarifying intentions. Building Research and Information. Vol. 27: 230-246.

Ding, G.K.C. 2008. Sustainable construction - The role of environmental assessment tools. Journal of Environmental Management. Vol. 86: 451-464.

EN15643-1. 2010. Sustainability of Construction Works. Sustainability Assessment of Buildings. Part 1: General Framework. Comité Europeu de Normalização.

EN15643-2. 2011. Sustainability of Construction Works - Assessment of Buildings - Part 2: Framework for the Assessment of Environmental Performance. Comité Europeu de Normalização.

EN15643-3. 2012. Sustainability of Construction Works e Assessment of Buildings e Part 3: Framework for the Assessment of Social performance. Comité Europeu de Normalização.

EN15643-4. 2012. Sustainability of Construction Works e Assessment of Buildings - Part 4: Framework for the Assessment of Economic Performance. Comité Europeu de Normalização.

EN15978 Sustainability of construction works. 2011. - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method. Comité Europeu de Normalização.

Ferreira, J.; Pinheiro, M.D. & Brito, J. 2014. Portuguese sustainable construction assessment tools benchmarked with BREEAM and LEED: An energy analysis. Energy and Buildings. Vol 69: 451-463.

iisBE Portugal. 2009. International Initiative for a Sustainable Built Environment Portugal, Guia de avaliação do sistema de avaliação e certificação da sustentabilidade "SB Tool-H".

Kohler, N. & Moffatt, S. 2003. Life-cycle analysis of the built environment. UNEP Industry and Environment: 17-21.

LEED. 2009. Leadership in Energy and Environmental Design for New Constructions and Major Renovation with Alternative Paths for Projects Outside of US USGBC, 2009.

Magent, C.S.; Korkmaz, S.; Klotz, L.E. & Riley, D.R. 2009. A design process evaluation method for sustainable buildings. Architectural engineering and design management. Vol. 5: 62-74.

Mills, F.T. & Glass, J. 2009. The construction design manager's role in delivering sustainable buildings. Architectural engineering and design management. Vol. 5: 75-90.

Pereira, T.D. 2014. Gestão de projeto e contratação de empreitadas de obras. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.

Pinheiro, M.D. 2006. Ambiente e Construção Sustentável. Instituto do Ambiente.

Pinheiro, M.D. 2010. Líder A - Sistema Voluntário para a Sustentabilidade dos Ambientes Construídos.

Mutirão x organicidade: a construção coletiva dos habitats dos assentamentos do MST

Cecília Marilaine Rego de Medeiros

Arquiteta e urbanista, Grupo de Estudos em Reforma Agrária e Habitat, Rio Grande do Norte, Brasil
cecilia.marilaine@yahoo.com.br

Amadja Henrique Borges

Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
amadjaufrn@gmail.com

ABSTRACT: This work deals with the relationship between the processes of collective construction of habitats of rural settlements coordinated by the MST and its organicity, taking as references four experiments advised by GERAH/UFRN. Aims to contribute to the understanding of the importance of “collective effort” for organicity in the settlements, aiming at effective participation of its bases in the conduct of the struggles and achievements. The theoretical-methodological framework is based on participatory research and the foundations of the sociology of everyday life of Henri Lefebvre. Two settlements organized in Núcleos de Base, who had their homes built between 2003 and 2004, and two others originally organized in Núcleos de Base and currently in associations, whose dwellings were built between 2008 and 2011 were analyzed. The research developed as dissertation (Medeiros, 2013), investigated the process of collective construction of habitats of rural settlements coordinated by MST contributes to the organicity of the target group and how this occurs.

Keywords: social housing in the countryside, collective effort, MST, rural settlements, organicity.

RESUMO: Este trabalho trata da relação entre os processos de construção coletiva dos habitats dos assentamentos rurais coordenados pelo MST e a sua organicidade, tendo como referências quatro experiências assessoradas pelo GERAH/UFRN. Visa contribuir com a compreensão da importância desses mutirões para a organicidade nos assentamentos, objetivando a efetiva participação das suas bases na condução das lutas e conquistas. O referencial teórico-metodológico baseia-se na pesquisa participante e nos fundamentos da sociologia da cotidianidade de Henri Lefebvre. Foram analisados dois assentamentos organizados em Núcleos de Base, que tiveram suas habitações construídas entre 2003 e 2004, e outros dois organizados originalmente em Núcleos de Base e atualmente em associações, cujas habitações foram construídas entre 2008 e 2011. A pesquisa, desenvolvida enquanto dissertação (Medeiros, 2013), investigou se o processo de construção coletiva dos habitats dos assentamentos rurais coordenados pelo MST contribuiu com a organicidade do grupo beneficiário e de que forma isso ocorre.

Palavras-chave: habitação social no campo, mutirão, MST, assentamentos rurais, organicidade.

1 INTRODUÇÃO

A temática da habitação de interesse social do campo e, por conseguinte, de processos de construção de habitats específicos à realidade dos movimentos sociais por Reforma Agrária são o ponto de partida deste trabalho. Se, por um lado, há um histórico acumulado de experiências participativas e de construção coletiva de habitações populares nas cidades, no campo elas são poucas e suas especificidades pouco conhecidas. A organização de habitats dos assentamentos rurais, por exemplo, têm finalidades políticas e culturais muito diferentes dos espaços urbanos, o que aponta para uma necessidade de reflexão por parte dos arquitetos e urbanistas sobre essa realidade. Sua compreensão é essencial para que princípios, diretrizes, parâmetros e partidos

arquitetônicos sejam adequados a esse tipo de habitat, que reúne trabalhadores rurais, oriundos de movimentos de cunho popular, formados por pessoas de diferentes origens, com trajetórias culturais e políticas nem sempre semelhantes, ou seja, uma forma de organização característica e complexa (BORGES, et al, 2006).

Quanto ao processo de construção coletiva de habitações – o mutirão, como um sistema de produção baseado na ajuda mútua, teve seu papel destacado em momentos importantes da organização dos trabalhadores. No mundo rural, o mutirão é a forma de trabalho coletivo mais utilizado, mas com conotações diferenciadas: se resume a reuniões com vizinhos e/ou familiares para realização de trabalhos para alguém que necessita do serviço (CÂNDIDO, 1982). Trabalhos como colheita, roçada, limpeza, construção de casa, eram os mais comuns. São, portanto, atividades coletivas historicamente vivenciadas pelos agricultores, que ocorriam em momentos específicos e com características marcantes: tratava-se da ajuda mútua voluntária.

Para o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), o mutirão é uma prática coletiva consolidada, base de sua práxis em todos os seus processos organizativos. Seja como meio de solucionar problemas estruturais ou econômicos determinados pela dificuldade de realização das tarefas de trabalho diário, como plantio, limpeza, colheita, construção, reforma de cercas, ocupações, ou na formação de coletivos de organização política. A incorporação da cooperação pelos assentados também ocorre a partir de formas simples, como a troca de dias de trabalho (Stédile e Fernandes, 1999).

As formas de trabalho coletivo são várias e no que se refere à sua utilização na construção das moradias dos assentamentos por um movimento do campo, as compreensões e incompreensões ainda são diversas. Direções e bases do MST têm diferentes concepções, teorias e práticas repletas de contradições e limitações, sobretudo pela dificuldade de acompanhamento das bases por parte de seus militantes. Como resultado, muitas experiências, como as analisadas neste trabalho, são permeadas de conflitos que envolvem, por exemplo, as diferentes formas de saber técnico e popular, a impossibilidade de viabilização das obras dada as condições exigidas pelos agentes financiadores, ou mesmo os conflitos de interesses entre os sujeitos do grupo. Entendemos, no entanto, que a partir da compreensão dessas contradições, novas possibilidades podem ser criadas e redimensionadas, de acordo com a amplitude dos sonhos, dos desejos de mudança e do poder de organicidade dos agentes envolvidos (BORGES, et al, 2010).

2 O CONTEXTO DA PRODUÇÃO COLETIVA DOS HABITATS DOS ASSENTAMENTOS RURAIS COORDENADOS PELO MST NO RN E A CONTRIBUIÇÃO DO GERAH/UFRN

A pesquisa de Medeiros (2012), base desse artigo, teve como objetivo contribuir com a compreensão da importância do processo de construção coletiva das habitações nos assentamentos para a organicidade do Movimento, ao contemplar os habitats do MST, parte do pressuposto que seus assentamentos sofrem com falta de infraestrutura em todo o País. De fato, segundo Borges (2002), no Nordeste do Brasil as manifestações de cobrança por moradia e agilização dos recursos de infraestrutura se tornam parte do cotidiano do Movimento como uma estratégia de sobrevivência. Nessas áreas, os habitats necessariamente precisam concentrar as famílias de forma a permitir seu acesso à infraestrutura básica, como água e energia elétrica, diferentemente dos assentamentos de São Paulo, por exemplo, onde a autora constatou que o resultado na produção agrícola possibilita as famílias suprirem essas necessidades.

O MST é um movimento social que tem como característica a luta pela terra, buscando iniciativas que possibilitem novas relações sociais e um novo projeto de desenvolvimento para o campo. Também se caracteriza pela multiplicidade de dimensões em que atua. Suas lutas envolvem questões relacionadas à produção, à educação, à saúde, à cultura, aos direitos humanos e se ampliam à medida que se aprofunda o próprio processo de organização dos assentados

(BORGES, 2002). Desse modo, com a demanda crescente de suas bases, a infraestrutura de seus assentamentos passa a ter maior importância que nos primeiros assentamentos conquistados. Todavia, a questão habitacional cresce a reboque de outras ações e sem que parte significativa de sua direção reconheça a amplitude do seu significado na luta pela reforma agrária, da mesma forma, ainda não reconhecem a possibilidade dos arquitetos e urbanistas enquanto parceiros na busca pela cidadania e qualidade de vida nos assentamentos.

Foi com o objetivo de contribuir com uma mudança qualitativa desse panorama que o Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - DARQ/UFRN passou a assessorar o MST em 1994, com o desenvolvimento de ações de Ensino e Extensão. A partir de 2002, por meio do Grupo de Estudos em Reforma Agrária e Habitat - GERAH, coordenado pela professora Amadja Henrique Borges, as ações passam a contemplar, além do planejamento espacial dos assentamentos, o desenvolvimento dos projetos das habitações, feitos de forma participativa, e o acompanhamento da construção das mesmas, em regime de mutirão assistido. Uma vez que o MST já tinha uma estrutura organizacional, esta seria uma forma de dar continuidade ao trabalho coletivo já desenvolvido pelo Movimento em seus acampamentos, encontros e mobilizações. O método de trabalho proposto pelo GERAH integra-se à sua organização, e, mais do que isso, sugere que a discussão do habitat passe a ser parte do cotidiano das áreas do Movimento.

Entre os anos de 1994 e 1997 o MST tinha uma forte estrutura organizativa, no entanto, com o passar dos anos, sua organicidade foi perdendo força, havendo uma grande desestruturação. Assim, o pressuposto de organização desse Movimento teve que ser reformulado pelo GERAH, que em alguns momentos assumiu a responsabilidade pelo acompanhamento técnico, social e político dos assentamentos que assessorou, mesmo sendo contrário a essa condição. Além disso, a falta de infraestrutura do órgão responsável pela criação e desenvolvimento dos assentamentos rurais, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), e a incompreensão desse tipo de trabalho por parte dos seus técnicos, potencializaram as dificuldades enfrentadas pelo MST, sobretudo com a introdução da Caixa Econômica Federal (CEF), como agente gerenciador dos recursos para as moradias de dois dos assentamentos analisados na pesquisa base desse artigo. O trabalho do GERAH tem, também, o objetivo de contribuir com a melhoria desse quadro, sem, contudo, conseguir saná-lo.

Análises relacionadas à questão dos habitats rurais começaram a ser delineadas com a tese de Borges (2002), acerca da tipologia de habitats do MST. A partir desse estudo, verificou-se que as habitações dos assentamentos rurais não atendiam às necessidades específicas das famílias do campo, sob muitos aspectos. A compreensão dos diferentes tipos de habitat e a necessidade de adequação desses nos assentamentos coordenados pelo MST no Nordeste alimentou projetos de pesquisa e extensão universitária, além de experiências de ensino, coordenados pelo GERAH. Os resultados de algumas pesquisas apresentam inúmeros problemas construtivos, como instabilidade estrutural e rápida deterioração das habitações nos assentamentos do RN. Compreende-se assim que a problemática da produção habitacional nos assentamentos rurais – de responsabilidade do INCRA até o ano de 2012, através do Crédito Habitação, e atualmente do Ministério das Cidades, a partir da Caixa Econômica Federal através do Programa Nacional de Habitação Rural – se deve também pelo fato de que seus agentes não incorporam variáveis relativas às especificidades do campo, aos costumes, sonhos de seus moradores, suas atuais organizações e as demais necessidades do mundo rural.

A situação, por sua vez, foi ainda mais grave quando se permitia a contratação de empreiteiras para a construção das moradias, uma vez que a exigência de lucro por parte das empresas era fator diretamente relacionado a baixa qualidade construtiva. Esta possibilidade passou a não ser mais incentivada desde 2000 (CERQUEIRA, 2009). Em alguns documentos do MST (cartilhas de formação, cadernos de apoio) há orientações para que esse processo seja feito a partir de mutirão.

Apesar de toda essa problemática, existem ainda algumas exceções: naquelas áreas onde há uma assessoria técnica que compreende os objetivos do MST, os processos de idealização e construção dos habitats são transformados em momentos de conscientização e formação política, na constituição de verdadeiros espaços de autonomia, ou pelo menos tem este objetivo. Durante o II Colóquio Habitat e Cidadania, realizado em maio de 2011, na Universidade de São Paulo - USP de São Carlos, foram apresentadas várias dessas experiências, cujas assessorias técnicas - grupos de pesquisas de universidades, ONGs e/ou arquitetos colaboradores do Movimento - ajudaram a formar unidades de produção autogeridas, com implantação de marcenaria coletiva autogestionária, cooperativa de construção, ou simplesmente incluíram os assentados no processo de idealização e construção de seu futuro habitat ou na realização do Plano de Desenvolvimento do Assentamento - PDA, conscientizando-os de seus direitos e capacidades. Não obstante o entusiasmo significativo desse tipo de experiência, elas não são de todo aproveitadas pelo Movimento, ao menos nas que analisamos nesta dissertação. É possível que haja uma falta de conhecimento e/ou interesse por parte dos militantes e da direção do MST das potencialidades desses processos.

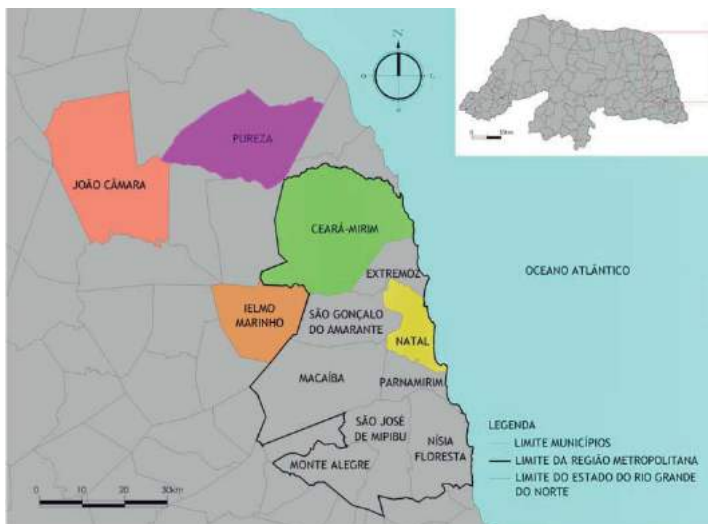


Figura 1: Municípios onde se localizam os assentamentos analisados. Fonte: adaptado de INCRA, 2013.

No RN, particularmente nos quatro assentamentos que analisamos neste trabalho, os processos de planejamento e de construção das moradias contaram com a participação dos assentados em todas as etapas, e, na medida do possível, com militantes do MST para o acompanhamento e encaminhamento organizativo e político. Trata-se de casos que se desenvolveram em três momentos sequenciais – o assentamento Maria da Paz entre 2003 e 2004, o Resistência Potiguar de 2005 a 2006 e os assentamentos Roseli Nunes e Bernardo Marim, de 2008 a 2012 – intercalados por momentos de avaliação conjunta (GERAH e MST) das experiências: o I Colóquio Habitat e Cidadania, em 2006, e o II, em 2011.

As especificidades de cada assentamento se dão a partir de variáveis internas (como por exemplo: a organização das famílias, suas experiências com a construção civil, o envolvimento do Movimento, dentre outros) e externas (a relação com o órgão financiador e as normas e exigências do programa são alguns exemplos), que influenciam expressivamente no surgimento de conflitos e na dimensão desses, e, da mesma forma, também indicam sua superação ou transformação. Mas também, resguardadas suas particularidades, uma condição lhes é comum: as famílias acabam de conquistar do uso da terra, após um processo longo de ocupação no acampamento, em condições muitas vezes sub-humanas, assim, o pré-assentamento é um momento de rearranjo organizativo e de criação de condições para que possam se instalar, produzir e se desenvolver.

Para muitas famílias é finalmente o momento de produzir. Portanto, essa reorganização do grupo para o assentamento é permeada de referências de luta coletiva e, ao mesmo tempo, de sacrifício. A experiência de organicidade das famílias para sua própria sobrevivência diante da precariedade do acampamento, em algumas áreas, não é a mesma do novo assentamento. Sabemos que a organização e estruturação do assentamento é um grande desafio para o Movimento. No processo de transição do acampamento para o assentamento as relações entre as famílias e entre essas e o MST começam se diferenciar, principalmente pelo fato de que na maioria dos assentamentos as famílias se estruturam a partir da divisão do assentamento, o que, de certo modo, contraria o pressuposto coletivo desses. Relacionando essa questão ao objetivo desta pesquisa, caminhamos com a compreensão de que, apesar de todos os esforços em transformar a vida cotidiana de seus seguidores, os responsáveis pela formação política (os militantes do Movimento) estão conscientes da fragilidade em sua organicidade interna, principalmente na base, o que dificulta a sua participação consciente na defesa dos objetivos políticos da sua organização, conforme assinala o Programa Nacional de Formação de Militantes e da Base do MST (MST, 2001). Por outro lado, o desenvolvimento do MST está diretamente ligado às estratégias utilizadas por suas lideranças, à organicidade que conseguem atingir e ao apoio de diversos segmentos organizados da sociedade. O objetivo deste trabalho, portanto, vai ao encontro dessa necessidade.

Guterres (2008) esclarece que a organicidade do MST foi construída a partir da realidade, das necessidades impostas e não de uma abstração. O Movimento assume um método de direção coletiva, que está intimamente relacionada a uma estrutura orgânica e horizontal. Seu significado e conteúdo compreendem, portanto, a ampliação da participação, além de outras questões: “elevar o nível de consciência das famílias; formar militantes – quadros; ter o controle político do espaço geográfico; implantar os círculos orgânicos”, entre outros (MST, 2008, p. 127).

Ainda assim, nos acampamentos e assentamentos os desafios são grandes. O Movimento reconhece suas fragilidades internas e por isso aponta a necessidade de uma estrutura orgânica que lhe dê sustentação. Os trabalhadores sem terra estão expostos a um movimento permanente, lutando para alcançar seus objetivos e satisfazerem seus interesses. Portanto, segundo Bogo (1999), esse movimento não pode se acomodar com a conquista da terra, uma vez que os diversos problemas que continuam existindo devem ser superados com a participação e o esforço coletivo.

3 OLHANDO PARA A ORGANICIDADE NO MUTIRÃO

Com o objetivo geral de contribuir com a compreensão da importância do processo do mutirão habitacional para a organicidade do Movimento, esta pesquisa se desdobrou na busca de atender aos seguintes objetivos específicos: a) caracterizar a problemática da habitação de interesse social no campo, em especial a situação dos assentamentos do RN; b) compreender as especificidades dos processos de construção da moradia nos assentamentos rurais, destacando mais uma vez as áreas do estado do RN; c) entender quais as referências, os objetivos e como se dá a organicidade no MST; e d) analisar quais os conflitos e potencialidades do processo de mutirão para a construção das moradias nos assentamentos rurais.

Considerando que: (1) a organicidade no momento do acampamento é bastante trabalhada pelo Movimento, como condição para a superação da precariedade a que estão condicionadas as famílias acampadas e sua permanência para a conquista da terra e (2) sendo a construção das moradias um dos primeiros passos na constituição do assentamento após a sua conquista, assegurando-lhes sua instalação; defende-se que o envolvimento dos assentados no processo de construção de suas moradias contribui com a continuidade e/ou fortalecimento da organicidade no assentamento. Dessa forma, as questões que orientaram esta pesquisa foram: o processo de construção coletiva dos habitats dos assentamentos rurais coordenados pelo MST contribui com a organicidade do grupo beneficiário? De que forma?

Os quatro assentamentos a que trata este trabalho possuem singularidades, dado o contexto (sua constituição e composição) e a conjuntura (circunstâncias do processo) em que cada uma se desenvolveu, mas também algumas semelhantes: os assentamentos Maria da Paz e Resistência Potiguar 1 receberam recursos para a construção das moradias via Crédito Instalação, do INCRA, portanto, o andamento das obras se deu a partir dos normativos do mesmo; outra similaridade diz respeito à organização das famílias, que, desde a sua formação e durante o processo do mutirão, foi estruturada em Núcleos de Base. Os assentamentos Bernardo Marim e Roseli Nunes, por sua vez, receberam, além dos recursos do INCRA, um complemento do Ministério das Cidades via CEF, que por sua vez, passou a ser o agenciador dos recursos e, dessa forma, o andamento das obras teve que se adaptar aos normativos do referido Banco; quanto à organização das famílias, também compartilham da mesma conformação: em ambos os assentamentos foram criadas duas associações, que por sua vez, discordavam com relação à aceitação do MST.

A totalidade esquematizada para dar conta da problemática analisada neste trabalho considera esses dois fatores observados: as orientações político-organizativas do Movimento, ou seja, a organicidade de seus assentamentos estruturados em núcleos de base ou em associações; e as mudanças ocorridas nos programas e políticas relacionados à habitação dessas áreas.

Neste trabalho, partimos do vivido das experiências cotidianas, tomando-as base das reflexões, a fim de revelar as contradições existentes nesses processos e interpretá-las a partir da compreensão de que representam conflitos e ao mesmo tempo possibilidades (MARTINS, 1996).



Figura 2: Momentos da assessoria ao assentamento Roseli Nunes, Ielmo Marinho-RN. Fonte: GERAH, 2008 a 2011.

A caracterização de cada experiência buscou a análise das partes e das relações que constituem tal realidade social. Para compreender a organicidade, foram observados os seguintes elementos: (1) tempo do acampamento, (2) organicidade do assentamento (organização das famílias) e (3) acompanhamento do MST; quanto ao mutirão, a análise se deu a partir dos seguintes: (1) desenvolvimento dos projetos, (2) fontes de financiamento/programa/gerência dos recursos, (3) assessoria técnica, (4) organização do mutirão (método, equipes, configuração do canteiro). Além desses, que são específicas para caracterizar o mutirão e a organicidade, acrescentam-se outras três, para compor uma análise sobre as relações existentes em cada processo e os resultados: agentes envolvidos, conflitos e resultados. O histórico da formação dos assentamentos, sobretudo os momentos do acampamento e pré-assentamento que não foram acompanhados por nós, foi construído a partir de entrevistas com dirigentes, militantes e assentados e apresentado a partir de três recortes importantes: o espaço (forma), a organização das famílias e experiências de trabalho coletivo.

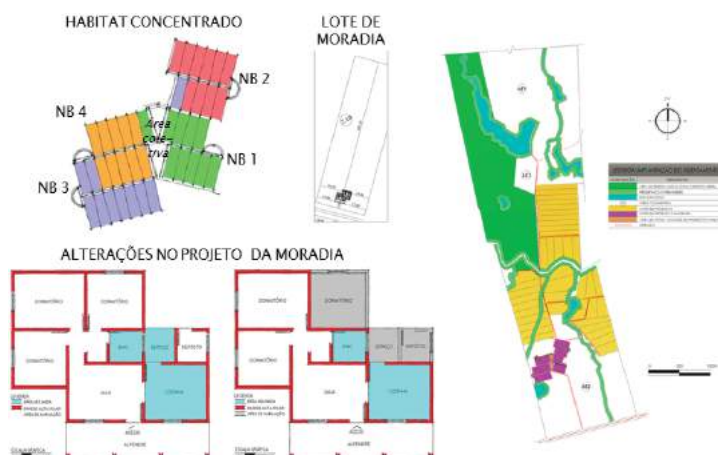


Figura 3: Quadro com ilustrações dos projetos do habitat e das habitações do assentamento Roseli Nunes, Ielmo Marinho-RN. Fonte: GERAH

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma análise sobre o objeto de estudo apresentado neste trabalho assinala vários pontos para discussão. O primeiro diz respeito ao significado da moradia para o MST: ela já faz parte da sua cotidianidade, é instrumento para a melhoria da qualidade de vida, mas não para a organicidade. Se os processos de construção coletivas dos habitats dos assentamentos são importantes meios de continuidade dessa organicidade, essa compreensão, apesar de ser uma proposição das assessorias técnicas que contribuem com Movimento, ainda não é assimilada por este.

Observando o objeto dessa pesquisa a partir da transição do acampamento para o assentamento, temos o seguinte entendimento: sendo o método de construção coletiva dos habitats uma continuidade do modelo de organicidade trabalhado pelo MST no momento do acampamento, que se fundamenta em ações cooperativas e de autogestão, seu resultado pode, além de contribuir com um produto final apropriado por seus moradores (uma habitação de qualidade), também representar uma experiência no mínimo formadora. No entanto, há de se superar o longo e desgastante período de construção das habitações, uma vez que a sobrevivência das famílias assentadas depende primeiramente da sua produção agrícola, para além das condições de moradia. A variável “tempo” tem um peso significativo nas condições de participação dos assentados: viabilizar a sobrevivência por dois anos pode ser possível, mas por cinco não.

No que se refere à organicidade, tomando como referência as quatro experiências analisadas, observamos por um lado o atendimento às necessidades de desenvolvimento das famílias assentadas, através do acesso das mesmas aos créditos para subsídio da produção, possível somente a partir de associações, mas por outro, um prejuízo nas possibilidades das transformações vislumbradas pelo Movimento. Considerando a heterogeneidade dos sujeitos que se integram na busca por terra, mas que possuem referências e interesses distintos, a experiência com o MST possibilita a alguns alcançar, além de seus objetivos materiais, uma experiência suficiente para se voltar contra seu próprio formador.

Foi o que aconteceu nos assentamentos Bernardo Marim e Roseli Nunes, as concepções contrárias ganharam força com a criação de associações e foram capazes de destruir muitas das pretensões transformadoras, o Movimento perdeu a coordenação da área, ou, quando conseguiu manter, não deu conta de acompanhar a organicidade e a organização se redesenhou a partir de referências individualistas e oportunistas.

Considerar essa condição significa emancipar os assentamentos rurais dos princípios e valores do MST, sendo assim, é preciso assumir que os assentados dificilmente superarão o estágio

prático (da conquista da terra), assim, a transformação desses espaços em brechas para o socialismo, sendo esse o objetivo final do Movimento, ficará cada vez mais difícil.

Com relação ao trabalho coletivo do mutirão, defendido nessa dissertação como um potencializador da organicidade das bases no assentamento, considera-se que o MST não trabalha todo o seu potencial de formação política e de cooperação, ou mesmo de coletivização, como ocorre em momentos como as marchas e ocupações. Reconhece-se as dificuldades dos próprios assentados, mas também se observa uma significativa fragilidade da militância que acompanha esses processos de produção do habitat.

Assim, esse estudo leva a alguns questionamentos: Qual o tipo de mutirão possível? O mutirão que deu certo foi o do Maria da Paz, pois houve acordo com o INCRA e se comprou todo o material. Não houve interrupções na obra. No Roseli e no Bernardo sofreram muitos cortes, o grupo se desmobilizava e a assessoria transformou-se em vilão. Foram muitas descontinuidades. No Resistência Potiguar 1 não teve almoxarifado e teve conflito com o INCRA, não foi mais possível fazer compra de todo o material, o técnico não ousou permitir nada fora da legalidade, demorava a pagar.

E para a nova configuração organizativa dos assentados, com regras que definem dificuldades difíceis de serem superadas por eles e pelo Movimento, como pensar essa coletividade? O que pode ser coletivo? Em que condições? Quem ganha com o mutirão? Há um ponto forte a ser considerado: o trabalho como criador de valor (o mutirante trabalha para si próprio, como faz na agricultura). Isso justifica a sua participação no trabalho coletivo, no entanto, cria outra dificuldade: a necessidade de produzir sua casa e seu alimento. O problema é ter dois trabalhos ao mesmo tempo, duas necessidades. Então, qual a mais importante?

REFERÊNCIAS

- Bogo, Ademar. 1999. Lições da Luta pela Terra. Salvador: Memorial das Letras.
- Borges, Amadja H. 2002. MST – Habitats em movimento: tipologias dos habitats dos assentamentos originários do MST nos estados de SP e RN. Tese – Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo.
- _____. 2006. O desenho do possível: a UFRN e o MST na construção de um projeto-referência de assentamento de reforma agrária. In: Ilza Araújo Leão de Andrade (Org.). Metodologia do trabalho social: a experiência da extensão universitária. 1. ed. Natal: EDUFRN.
- Borges, Amadja H.; Medeiros, Cecília M. R.; Cerqueira, Maria C. T. 2010. Redesenhando com o MST o habitat da Reforma Agrária. In: I Congresso Internacional Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social, 2010, Porto Alegre.
- Cândido, Antônio. 1983. Os parceiros do Rio Bonito. Estudo sobre o caipira paulista e a transformação dos seus meios de vida. São Paulo: Duas Cidades.
- Guterres, José Augusto. 2008. A questão agrária brasileira e a atuação do MST para efetivação de direitos à luz do conceito de hegemonia em Gramsci. Dissertação - Universidade Federal do Paraná.
- Martins, José de Souza (Org.). 1996. Henri Lefebvre e o retorno à dialética. São Paulo: Hucitec.
- Medeiros, Cecília Marilaine Rego de. 2013. Mutirão X Organicidade. Dissertação - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Movimento Dos Trabalhadores Rurais Sem Terra. 2001. Programa nacional de formação de militantes e bases do MST. São Paulo: MST.
- _____. 2008. Setor de Educação. O MST e a escola. Brasília, DF: mimeo.
- Stédile, João P.; Fernandes, Bernardo M. 1999. Brava gente: a trajetória do MST e a luta pela terra no Brasil. São Paulo: Fundação Perseu Abramo.

O processo de conquista da moradia a partir de duas comunidades rurais brasileiras

Taísa Marotta Brosler

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, São Paulo, Brasil
taisamb@terra.com.br

Sonia Maria Pessoa Pereira Bergamasco

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, São Paulo, Brasil
sonia@feagri.unicamp.br

ABSTRACT: The actions taken to solve the issues of homelessness and quality of it for the Brazilian rural environment are historically absent. Thus, it proposes to study the particularities about the process of the housing conquest in an agrarian reform settlement and in a rural village, both located in São Paulo State, due through census with structured questionnaires and interviews. The study faced a reality which the historic aspects and socio-cultures leave marks in the houses, however those are characterized by the insecurity of the life conditions of the families in the rural environment, where the temporary character of its elements prevail in the 'final' result of those houses.

Keywords: rural housing, agrarian reform settlement, family farming, housing policy.

RESUMO: As ações voltadas a sanar os problemas de falta de moradia e qualidade da mesma para o meio rural brasileiro são historicamente escassas. Assim, propõe-se um estudo sobre as particularidades do processo de conquista da moradia em um assentamento de reforma agrária e um bairro rural localizados no estado de São Paulo, realizado através de censo com questionários estruturados e entrevistas em profundidade. O estudo se depara com uma realidade em que aspectos históricos e socioculturais deixam marcas nas casas, contudo estas são caracterizadas pela precariedade das condições de vida das famílias no meio rural, em que o caráter provisório de seus elementos constituintes prevalece no resultado "final" dessas casas.

Palavras-chave: habitação rural, assentamento de reforma agrária, bairro rural, agricultura familiar, política habitacional.

1 INTRODUÇÃO

Em 2001, o governo federal apresenta o Programa Nacional de Habitação e, pela primeira vez, o Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), com o objetivo de reduzir o déficit habitacional rural, em atendimento à população rural dispersa, populações indígenas, povos da floresta, quilombos e demais minorias, "com soluções compatíveis com suas características regionais, sócio-ambientais e culturais" (Brasil 2004).

À ressalva dessa ação recente voltada diretamente à população rural, observa-se que a questão da habitação no meio rural brasileiro é incluída sempre nas discussões referentes ao meio urbano, no qual as ações para a resolução da crise habitacional são pautadas nos problemas observados nessas áreas.

Nos Assentamentos de Reforma Agrária, durante os últimos 10 anos, a atuação na questão habitacional esteve sob a responsabilidade da Caixa Econômica Federal (CAIXA) conjuntamente com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Porém, mesmo havendo uma proposta de ação, a mesma resultou-se em projetos habitacionais de baixa qualidade nos quais reforçava-se a precarização do processo construtivo e exploração da família assentada, conforme consta o relatório do II Colóquio Habitat e Cidadania (HABIS 2011).

Segundo o relatório do Centre on Housing Rights and Evictions (COHRE), apresentado para o Fórum Nacional da Reforma Urbana no Brasil, o Estado precisa elaborar medidas diferenciadas e específicas para o campo, principalmente para a liberação dos recursos, justificando ainda que o déficit habitacional do meio rural não tem sido objeto de preocupação dos programas habitacionais (Saule Jr. & Osório 2003).

Assim, verifica-se a necessidade de estudos aprofundados sobre a questão da moradia no meio rural brasileiro, refletindo-se sobre as saídas encontradas por seus sujeitos e os resultados efetivos da política habitacional, quando esta se faz presente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A proposta desse trabalho é iniciar uma discussão sobre os entraves e potencialidades para a conquista da moradia no meio rural, a partir de duas comunidades rurais localizadas na região leste do estado de São Paulo – Brasil, sendo um Assentamento de Reforma Agrária e um Bairro Rural.

A partir de uma análise preliminar de dados sobre essas comunidades, observações realizadas em campo e com os próprios extensionistas que atuam nessas comunidades, foram elaborados dois questionários estruturados específicos sobre moradia.

Para a elaboração desses questionários, utilizou-se como base o documento do Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos e da Comissão das Nações Unidas para os Direitos Humanos para o Monitoramento do direito à moradia (UN-HABITAT & OHCHR 2003). Assim, questões objetivas e subjetivas foram desenvolvidas a partir das diretrizes identificadas pela ONU para um direito à moradia adequada, quais são elas: segurança de posse; disponibilidade de serviços, material, facilidades e infraestrutura; acessibilidade; habitabilidade; custo acessível; localização; e adequação cultural.

Além disso, após a aplicação dos questionários em toda a comunidade, foram feitas entrevistas semiestruturadas com algumas famílias identificadas durante a aplicação dos questionários e observação participante com um grupo de famílias do Assentamento.

2.1 Assentamento Conquista

A formação do Assentamento Conquista se deu através da ocupação em fevereiro de 1994 de uma área da Petrobrás localizada no município de Tremembé, estado de São Paulo, por 100 famílias que já estavam em outros acampamentos. Essas continuaram acampadas em barracos de lona até março de 1995, quando ocorreu a emissão de posse da área, ficando sob a responsabilidade do INCRA. Este possui 1.290 ha e foi dividido em 103 lotes de em média 09 ha cada, além da área para Reserva Florestal e três lotes que servem como área comum e Sede do Assentamento.

Após a elaboração e o pré-teste do questionário contendo 168 questões, foi realizada a sua aplicação em todo o Assentamento no início de 2013, conseguindo abarcar 170 famílias (85% das casas habitadas no Assentamento), sendo 86 casas de titulares e 84 de agregados. Além disso, durante todo o ano de 2013 foram feitas entrevistas semiestruturadas com 08 famílias, identificadas a partir da aplicação dos questionários, e observação participante com um grupo de famílias que possuem relação de parentesco, distribuídas em 03 lotes no assentamento e 08 casas habitadas.

No momento da pesquisa de campo (aplicação dos questionários), foram identificadas no Assentamento 91 casas de titulares, 104 casas de agregados, 21 casas desabitadas e 18 casas inacabadas ou em construção.

Os titulares são aqueles que constituíram o assentamento e que possuem Concessão de Uso de uma parcela para produzir e viver. Observa-se que o Assentamento Conquista foi formado

principalmente por pessoas oriundas do próprio estado de São Paulo, mas também por famílias dos estados do Paraná, Minas Gerais e Bahia. Sabe-se que essas famílias entraram na luta pela terra em busca de um retorno ao meio rural como garantia de qualidade de vida e trabalho após a sua vinda para o estado de São Paulo.

Os agregados são aqueles que vivem no Assentamento, mas que não possuem a Concessão de Uso, normalmente existe relação de parentesco com o titular. Bergamasco e Norder (2006) apresentam esse aspecto considerando-o de relevada importância, onde a terra representa, também, a conquista da moradia para os filhos que se casam, “resguardando na unidade familiar a garantia ao acesso à habitação para as novas famílias que surgem”, fato observado em assentamentos rurais em território nacional.

Das casas dos agregados participantes da pesquisa, 67% são de filhos ou enteados dos titulares, 12% de irmãos, 4% de netos, 4% de pais, 4% de outros parentes e 10% informal.

Os titulares dos lotes recebem recursos públicos para a construção ou reforma de suas casas. Dos titulares que tiveram acesso a esse recurso, 80% não estava satisfeito com o montante recebido e todos tiveram que usar de recurso próprio ou, em menor proporção, de recurso de parente ou ajuda de terceiros para conseguir investir na construção da casa.

O tempo de construção das casas dos titulares é de em média 03 anos para que consigam habitá-la, isso quer dizer que muitas vezes a família entra na casa sem possuir portas e janelas, no contrapiso e sem reboco. Quase todos os titulares ainda não terminou suas casas, com uma média de 12 anos em fase de construção.

As casas presentes no Assentamento Conquista têm em média: 12 anos de idade, 05 cômodos e 04 pessoas por casa. O tipo de material das paredes externas das casas, do piso e do forro pode ser observado na Tabela 1, com presença predominante da telha cerâmica.

Tabela 1 – Tipo de material das paredes externas, do piso e do forro das casas do Assentamento.

Parede	%
Alvenaria ou tijolo com reboco	38
Alvenaria ou tijolo sem reboco	56
Misto – alvenaria e madeira	7
Piso	%
Piso frio (cerâmica)	56
Contrapiso	33
Outros materiais (cimento queimado, tijolo à vista ou madeira)	7
Forro	%
Laje de concreto	45
Outros materiais (PVC, madeira ou gesso)	14
Sem forro	37

Tabela 2 – Insatisfações com relação a casa e seus elementos construtivos, para o Assentamento.

Não está satisfeito com o tamanho da casa e quantidade de cômodos	38%
Estado regular ou ruim para a qualidade da construção (parede, telhado, piso, instalações, portas e janelas)	50%
Não está satisfeito com a repartição dos cômodos e o formato final da casa	32%
A casa não apresenta conforto - temperatura, iluminação e circulação de ar	40%
Problemas com umidade ou goteiras	62%
Insegurança na estrutura da casa	30%

Todas as casas possuem energia elétrica. A água para abastecimento da casa advém de poço raso (cacimba ou caipira) em quase todas as casas, sendo que em 30% dessas a quantidade de água não é suficiente em alguma parte do ano. Metade das casas entrega o lixo para a coleta

pública e metade queima, sendo que apenas metade das casas tem coleta pública de lixo. Metade das casas possui fossa séptica ou biodigestor e metade com fossa simples.

Foram feitas questões relacionadas à satisfação com a própria casa a partir de seus elementos construtivos, na Tabela 2 pode-se verificar a quantidade de respostas negativas (regulares ou ruins) para cada elemento analisado na casa.

Apesar da situação das casas, da demora por conseguir terminá-las, como os próprios entrevistados relataram, 70% dos mesmos está satisfeito com a vida hoje no assentamento e 72% diz que as condições de vida melhoraram depois da ida para o assentamento.

2.2 Bairro Ribeirão Grande

O bairro Ribeirão Grande localiza-se no município de Pindamonhangaba, estado de São Paulo (cidade vizinha de Tremembé), e está inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Mantiqueira. Este é formado, principalmente, pela terceira geração de famílias agricultoras providas do estado de Minas Gerais em busca de trabalho nas grandes fazendas, antigas produtoras de café.

Assim como em outras regiões do estado de São Paulo e do Brasil, as características desses bairros estão se modificando, quando pequenos lotes são vendidos para que sirvam como “segunda moradia”, casas de veraneio, de fim de semana, além da presença de pousadas e restaurantes. Muitas propriedades já não possuem famílias agricultoras e algumas áreas estão sofrendo um adensamento populacional.

Após a elaboração e o pré-teste do questionário contendo 209 questões, foi realizada a sua aplicação em todo o bairro Ribeirão Grande no final de 2013 (somente as casas de veraneio ou de segunda moradia não foram consideradas), conseguindo abarcar 167 famílias, sendo 77 casas de proprietários, 27 de caseiros ou trabalhadores rurais, 27 casas cedidas e 36 alugadas ou arrendadas. Além disso, foram feitas entrevistas em profundidade com 04 famílias, identificadas a partir da aplicação dos questionários.

No momento da pesquisa de campo (aplicação dos questionários), foram identificadas no bairro 234 casas habitadas, 89 casas de veraneio, 35 casas desabitadas e 10 casas inacabadas ou em construção.

A origem das famílias que vivem atualmente no bairro é quase que prioritariamente da mesma região, representando 80% dos entrevistados. Essas têm em média 29 anos vivendo no bairro, sendo que 36% nasceram no próprio bairro. Somente 47 famílias entrevistadas (28%) não possuem parente no bairro.

As casas do Ribeirão Grande estão distribuídas entre casas das antigas fazendas e casas que foram construídas pelos filhos e netos. As famílias têm em média 10 anos vivendo nessas casas, sendo que somente 37% dos entrevistados construíram suas casas.

Apenas 46% dos entrevistados são proprietários de suas casas, 10% vivem em casas de parentes, 19% são casas cedidas pelo patrão (caseiros ou trabalhadores rurais), 8% de arrendatários, 13% alugam somente a casa e há ainda 4% que possuem uma relação informal, sendo cedida pelo dono da propriedade sem qualquer relação de troca ou serviço.

Essas casas têm em média: 28 anos de idade, 05 cômodos e 03 pessoas por casa. Observa-se a predominância da parede de bloco ou tijolo com reboco (metade destas com bloco de concreto e a outra metade com tijolo maciço, baiano ou tijolo antigo) e da telha cerâmica (metade com telha Romana e metade Francesa). O tipo de piso e do forro encontrado nas casas pode ser observado na Tabela 3.

Somente duas casas não possuem energia elétrica (sendo de gerador). A água para abastecimento das casas advém 60% de mina e 31% de poço raso (cacimba ou caipira), sendo

que em 12% dessas a quantidade de água não é suficiente em alguma parte do ano. Quase todas as casas entrega o lixo para a coleta pública e 35% dessas também entregam para reciclagem nas escolas do bairro. Apenas 30% das casas não tem coleta pública de lixo. Mais da metade das casas possui fossa séptica ou biodigestor e 22% com fossa simples.

Tabela 3 – Tipo de material do piso e do forro das casas do bairro.

Piso	%
Piso frio (cerâmica)	58
Cimento queimado	23
Outros materiais (madeira, contrapiso ou tijolo à vista)	11
Forro	%
Madeira	29
Laje de concreto	25
PVC	5
Sem forro	40

As questões relacionadas à insatisfação com a própria casa a partir de seus elementos construtivos podem ser observadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Insatisfações com relação a casa e seus elementos construtivos, para o bairro.

Não está satisfeito com o tamanho da casa e quantidade de cômodos	23%
Estado regular ou ruim para a qualidade da construção (parede, telhado, piso, instalações, portas e janelas)	20%
Não está satisfeito com a repartição dos cômodos e o formato final da casa	16%
A casa não apresenta conforto - temperatura, iluminação e circulação de ar	27%
Problemas com umidade ou goteiras	38%
Insegurança na estrutura da casa	20%

Apesar dessas insatisfações, quase todas as famílias estão satisfeitas com a vida no bairro e querem continuar morando na casa onde estão e em 80% das famílias as condições de vida melhoraram depois de ter se mudado para a casa atual.

3 O PROCESSO DE CONQUISTA

Ao considerar que a história social da casa está relacionada diretamente à história da família (Freyre 1979), nos assentamentos rurais a diversidade esperada e possivelmente representada na casa advém das formas de como se deu o caminho desses agricultores e sua família ao se deslocar do campo para os grandes centros urbanos e a necessidade ou vontade de retornar ao campo, possibilitada através de políticas de reforma agrária. Cada lote é uma unidade peculiar que retrata um passado dessa família além dos aspectos sociais e culturais do grupo ao qual pertence.

No caso do bairro Ribeirão Grande, sabe-se, a partir do trabalho de campo, que a diversidade esperada advém das relações de trabalho na terra, onde a história de vida dessas famílias é construída em uma mesma região, em que as transições se fazem em um mesmo espaço, entre fazendas, áreas arrendadas, casas alugadas ou cedidas e, quando possível, na aquisição da própria terra; e em meio a isso estão presentes também os herdeiros das antigas fazendas.

Para todos aqueles que construíram suas casas ou viviam em casas cedidas por parentes, tanto no assentamento quanto no bairro rural, uma característica principal dessas casas estava em seus elementos temporários, considerados pelos entrevistados como provisórios. As casas observadas a partir de seus aspectos visuais eram facilmente consideradas “inconclusas” frente aos padrões de uma casa de alvenaria (sem reboco interno e externo, sem piso, etc.). Porém, seu estado “inconcluso” era permanente na vida dessas famílias, portanto pode-se dizer que essas casas estão imbuídas de elementos provisórios permanentes.

Assim, a diversidade cultural pensada estar presente nos elementos constituintes das casas parece não ser possibilitada, não estar representando os aspectos socioculturais desses grupos, enquanto agricultores familiares ou filhos desses. Candido (2010) faz referência a que esses sujeitos fazem aderência a novos hábitos, mas que não conseguem alcançá-los, dada a constante precariedade em que vivem, sendo o caso da construção de alvenaria requerida por todos, porém limitada pelo aspecto financeiro ou mesmo pelo conhecimento construtivo.

Porém, ao aprofundar essa questão, dos elementos provisórios permanentes, percebe-se que uma das consequências desse fato está na própria lógica “caipira”, na correlação entre necessidades e satisfação como condição primária de vida.

No esforço de se construir a casa está a provisão de bens necessários à qualidade de vida das famílias. Essas deixaram de comprar alimentos e vestuários para conseguir construir a casa até que se coloque a laje, mesmo que sem reboco interno e sem piso, mas que já seja possível habitar o seu interior (muitas das vezes, ainda, não apresentam portas e nem janelas). As famílias do assentamento relataram ainda que tiveram que deixar de investir na produção agrícola nos lotes e até mesmo venderam a sua produção animal para conseguir esse recurso.

A partir do momento em que a casa já se encontra com laje, esta entra em um rol de prioridades que não deixa margens para ser colocada como necessidade primária, dada a precariedade de outras dimensões. Como consequência, a casa continuará nas condições mais simples e necessárias de teto, pois o que é mais importante na casa como colocado por duas assentadas entrevistadas é “o alimento e a cama para descansar”.

Ao considerar a história de vida dessas famílias, percebe-se que há uma questão cultural que traz para essa lógica dos elementos provisórios permanentes o caráter da simplicidade e da rusticidade, como apresenta Queiroz (1973) para os sitiantes brasileiros, de uma vida de mobilidade, de “desprendimentos”, das casas vividas no meio rural.

Isso faz com que os aspectos culturais desses sujeitos permaneçam nas ações relacionadas à casa, mesmo que a mobilidade tal qual a dos antigos sitiantes já não faça parte da vida dessas famílias. Essa questão é de suma importância, pois se constata que o limite entre o que é urgente e o que é necessário muda de acordo com o passado vivido, colocando a questão cultural fortemente relacionada à questão histórica dos mesmos.

Para o assentamento, o grau de satisfação dos entrevistados com as casas “inconclusas” representa uma questão geracional em que os mais velhos estão satisfeitos com as casas em sua situação atual e encaram as suas melhorias em passos largos, já os mais novos não estão satisfeitos e consideram a casa como uma luta diária, como um sonho inconcluso.

Para os sujeitos do bairro rural, acredita-se que há uma base de referência sociocultural e mesmo econômica entre as famílias, pois estas parecem considerar a sua situação referenciando-a “aos seus”, como parte de seu próprio meio. Observou-se que a mobilidade ainda se faz presente e, conjuntamente com isso, a rusticidade e a precariedade é vista como algo intrínseco à vida no meio rural, portanto a satisfação com as condições atuais está presente na maioria dos entrevistados. Além disso, há uma referência constante a situações anteriores de maior precariedade e também a conformidade com o fato de que aquela casa é apenas mais uma casa de passagem para os mesmos.

Outra referência está na consideração da casa enquanto patrimônio familiar. Para os mais velhos a casa é encarada como algo a ser conquistado ao longo de gerações, sendo um patrimônio herdado e concluído pelo seu sucessor. Com isso, os elementos provisórios permanentes são considerados como algo natural, fazendo parte de uma conquista de garantia de moradia para os filhos e netos que irão concluí-la de acordo com o que desejarem.

Além desses elementos provisórios, nessas casas podem ser encontrados também os elementos transitórios, quais marcam transições no núcleo familiar, como a entrada de um recurso, a

necessidade de mudança de uso de um espaço, ou mesmo a transição de pessoas vivendo na casa. Bonduki (1986) observa esse mesmo fato nas periferias da cidade de São Paulo quando trata do ciclo de vida da casa através de seu estudo sobre as estratégias desenvolvidas pela família para construí-la, identificando certos padrões de mudança na “unidade familiar” que ocasionam transformações na casa.

Para tanto, observou-se que é preciso haver uma harmonia para que esses elementos sejam atribuídos a ela. São arranjos, mesmo que seguindo um padrão constatado em diversas famílias, não previamente organizados em que a casa é construída ou constituída de “pedaços”, onde são acrescidos cômodos ou outros elementos quando há a presença dos materiais necessários e mão de obra para executar o serviço desejado.

Isso faz com que a casa esteja em constante transformação, das adaptações realizadas para acomodar mais um ou de outra função dada aos cômodos já existentes, de acordo com as exigências momentâneas, mas consideradas atuais e importantes, refletindo em mudanças tanto nos seus aspectos físicos quanto das dimensões subjetivas que as compõe, através dessas outras funções ou das pessoas que a habitam em determinados períodos da vida dessa família.

Nessa transição de pessoas, o que se observa são os filhos que utilizam parte da casa dos pais, ou mesmo de outras casas já construídas no lote, como amortecimento das necessidades constantemente enfrentadas na cidade (seja pela falta de emprego, pelo preço alto do aluguel, etc.). Além disso, há também uma transição entre os mais velhos, como os pais quando chegam a uma idade em que necessitam de atenção.

No dia a dia, a casa dos pais já se apresenta como o seio familiar, momento de união da família, dos filhos que moram por perto e daqueles que estão longe, mas que sempre fazem suas visitas. Essa relação faz com que a casa seja constituída de muitas casas, de muitos lugares, que acrescentam para os elementos transitórios referências a outros padrões de qualidade de vida, de necessidades que estão além das referências históricas e culturais de seus “donos”.

Assim, essas casas não podem ser consideradas isoladas, são resultantes dessa intensa relação do interior com o exterior, possibilitada pela forte presença de um grupo familiar que transpassa a unidade familiar da casa. Marcelin (1999), em seu estudo sobre o significado da casa entre os negros do recôncavo baiano, identificou a casa como “um lugar de passagem e uma referência permanente” e que ela só existe através de “uma rede de unidades domésticas”. Com isso, a casa é resultante de um conjunto de casas que participam de sua construção simbólica e concreta.

E, por fim, essas casas possuem seus elementos de inserção em um meio rural, da casa caipira que “não se limita contudo a este centro [construído]. Parte apreciável das atividades domésticas e do próprio conforto pessoal se processa no seu exterior de modo que cada casa é, na verdade núcleo de um pequeno sistema de moradia.” (Candido 2010, p.133).

Observou-se, em ambas as comunidades estudadas, que há uma conservação desses elementos na constituição da casa pelas próprias famílias. Em qualquer família que se visitava, mesmo estando como caseiro ou empregado rural, galinhas eram vistas no quintal e quase sempre a presença de uma pequena horta e árvores frutíferas. No bairro, por exemplo, houve um caso de uma família entrevistada que fazia somente três meses que estava na casa, para eles muita coisa tinha que ser feita, mas a horta já se fazia presente no quintal.

Ao considerar a realidade do bairro Ribeirão Grande, outras questões são apresentadas, principalmente por trazer consigo a questão histórica de sua formação, na contextualização enquanto bairro e o que isso traz de consequência para as casas. A questão da mobilidade tanto apresentada por Queiroz (1973) para os sitiantes ainda se faz presente no bairro, onde a maioria das famílias entrevistadas já passou por mais de quatro casas no bairro, numa constante busca por emprego e por conseguir permanecer no local onde nasceu, onde estão seus pais e avós.

Candido (2010, p. 45) coloca que essa herança nômade foi transpassada para os hábitos e costumes, “na habitação, na dieta, no caráter do caipira”. Nessas casas de passagens, o que serão encontrados são elementos provisórios que estão caracterizando não o caráter construtivo da casa, na sua conformação, mas sim o seu aspecto de representação cultural. A casa, ao se tornar ela própria provisória na vida dessas famílias, faz com que esses elementos sejam representados pelos pertences que preenchem os espaços dotando-os de identidade, como fotografias na parede, móveis, a horta para consumo, a criação de galinhas no quintal, as refeições e as próprias pessoas que preenchem o espaço, como os filhos e suas brincadeiras. Nesse caso, não serão as ações na própria casa que se caracterizam pela transitoriedade, mas sim as diversas famílias que passam pela mesma.

4 CONCLUSÕES

As famílias e todo o seu emaranhado de relações atribuem às casas as suas marcas. Nessas casas “inconclusas”, caracterizadas por seus aspectos de rusticidade e de simplicidade, estão representadas as lógicas familiares, nos elementos provisórios permanentes e nos elementos transitórios. A casa está em constante transformação, resultante das necessidades pontuais e das escolhas socioculturais limitas ou possibilitadas pelo poder econômico dessas famílias.

Portanto, é preciso retratar essas casas rurais não somente por seus aspectos visuais, a partir de suas condições físicas habitacionais, mas sim a partir das outras dimensões que a constituem. Com o intuito de tentar compreender a partir dessa representação das famílias às casas vividas, o que está por detrás dessa casa transitória e de seus elementos.

No caso do Assentamento, há a atuação de um programa habitacional, porém esta é insuficiente para que se consiga construir uma casa de acordo com as necessidades e requerências da família assentada. O tempo em que permanecem sem garantir condição habitacional adequada mostra-se como um ponto chave para se refletir sobre a eficácia desse programa e propor mudanças específicas para o meio rural.

5 AGRADECIMENTOS

As autoras são muito agradecidas às famílias do Assentamento Conquista e do Bairro Ribeirão Grande. Este projeto foi financiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo), qual também fornece bolsa de doutorado à primeira autora.

REFERÊNCIAS

- Bergamasco, S.M.P.P. & Norder, L.A. C. 2006. Assentamentos e assentados no Estado de São Paulo: dos primeiros debates as atuais reflexões. *Reforma Agrária* 33(2): 203-226.
- Bonduki, N. 1986. Habitação e família: porque casa própria. In: Kowarick, L. (Coord.) *Modo e condição de vida: uma análise das desigualdades sociais na região metropolitana de São Paulo*. São Paulo, CEDEC, p. 317-383.
- Brasil 2004. *Política Nacional de Habitação*. Cadernos MCidades Habitação. Brasília: Ministério das Cidades.
- Brosler, T.M. 2011. *Materiais não convencionais na construção civil: presente, passado e futuro no processo de conhecimento dos assentados de Mogi Mirim-SP*. Dissertação – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Candido, A. (9)2001. *Os parceiros do Rio Bonito: estudo sobre o caipira paulista e a transformação dos seus meios de vida*. São Paulo: Duas Cidades; Editora 34.
- Freyre, G. 1979. *Oh de casa! Em torno da casa brasileira e de sua projeção sobre um tipo nacional de homem*. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais.

HABIS 2011. *Síntese das discussões e propostas do II Colóquio habitat e cidadania: habitação social no campo*. São Carlos: Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – IAU/USP e UFSCar.

Marcelin, L.H. 1999. A linguagem da casa entre os negros no recôncavo baiano. *Mana* 5(2): 31-60.

Queiroz, M.I.P. (2)1973. *O campesinato brasileiro: ensaios sobre civilização e grupos rústicos no Brasil*. Petrópolis: Vozes.

Saule Jr., N. & Osório, L.M. 2003. *Direito à moradia no Brasil*. Relatório Nacional. Disponível em: <<http://www.unhabitat.org>>. Acesso em 15 mar. 2012.

UN-HABITAT & OHCHR. 2003. *Monitoring housing rights: developing a set of indicators to monitor the full and progressive realization of the human right to adequate housing*. Nairobi: UN-Habitat; OHCHR.

Tipologias de habitats de assentamentos do MST em São Paulo e no Rio Grande do Norte

Amadja Henrique Borges

Professora associada nível 4 do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

amadjaufrn@gmail.com

ABSTRACT: This work is about a thesis which introduces architects and urban planners in the study of social habitats of the field in Brazil. Highlights the specificities of their typologies (concentrated habitats, mixed and dispersed) in the firsts settlements called "Agrarian Reform" won by the Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) between 1984 and 1996. Interprets the conflicts found around them as many opportunities, in movement, from the methodological path of Henri Lefebvre and spatial area in two Brazilian states: Rio Grande do Norte and São Paulo. After thirteen years of its defense, multiply, gradually, studies and government and non-government actions on experiences, social programs and projects for rural areas. However, many situations addressed by it still presents, as the importance of analyzing the regional and cultural differences and the space beyond the limit of the house in the spatial configuration of the social habitat of these human settlements.

Keywords: Social habitats in the field. MST. Rural settlements called "Agrarian Reform". Henri Lefebvre. Typologies.

RESUMO: Este trabalho trata de uma tese¹ que introduz arquitetos e urbanistas no estudo dos habitats sociais do campo no Brasil. Destaca a especificidade de suas tipologias (habitats concentrados, mistos e dispersos) nos primeiros assentamentos chamados de "Reforma Agrária" conquistados pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), entre 1984 e 1996. Interpreta os conflitos encontrados em torno das mesmas, como possibilidades múltiplas, em movimento, a partir de caminhos metodológicos de Henri Lefebvre e do recorte espacial em dois estados brasileiros: Rio Grande do Norte e São Paulo. Passados treze anos de sua defesa, multiplicam-se, paulatinamente, os estudos e as ações governamentais e não governamentais sobre experiências, programas e projetos sociais para áreas rurais. No entanto, muitas situações por ela abordadas continuam atuais, como a importância da análise das diferenças regionais e culturais e do espaço para além do limite da casa na configuração espacial do habitat social desses assentamentos humanos.

Palavras-chave: Habitats sociais do Campo. MST. Assentamentos chamados de "Reforma Agrária". Henri Lefebvre. Tipologias.

1. INTRODUÇÃO

A tese "MST: Habitats em movimento" trata da configuração espacial dos habitats dos assentamentos chamados "de reforma agrária", especificamente daqueles que foram conquistas do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra – MST, desde a sua criação, em 1984, à realização do I Censo de Reforma Agrária do País, em 1996². Alguns anos depois, multiplicam-se, paulatinamente, os estudos e as ações governamentais e não governamentais sobre experiências, programas e projetos sociais para áreas rurais. No entanto, muitas situações

¹ Defendida em 2002, sob a orientação de Ermínia Maricato, na FAU-USP.

² I Censo de Reforma Agrária do País (UnB/DATAUnB, 1997, op. cit), ainda no período de governo de Fernando Henrique Cardoso (mandatos 1995/1998 e 1999/2002).

por ela abordadas continuam atuais, como a importância da análise das diferenças regionais e culturais e do espaço para além do limite da casa na configuração espacial do habitat social desses assentamentos humanos.

Diante do crescimento dos problemas urbanos e do desinteresse das condições de vida no campo, em um País de grandes dimensões, o surgimento do MST, em meados da década de 1980, trouxe aos movimentos sociais, novas formas de enfrentamento à ordem estabelecida. Em pouco mais de dez anos, já eram 199.218 famílias, em 1460 assentamentos³. Se esses projetos eram ainda insuficientes para transformar a organização espacial do País já urbano, forneciam suporte para novos empreendimentos na luta pela Reforma Agrária⁴ e a necessidade de serem planejados, construídos e geridos.⁵

Ao iniciarmos o estudo sobre os diversos tipos de habitat nesses assentamentos, buscamos conhecer suas especificidades, o vivido dos grupos assentados, seu envolvimento na organização do movimento e do assentamento e, especificamente, quais foram os consensos e conflitos no planejamento do habitat de cada assentamento. Para apreender a percepção das famílias quanto ao seu habitat, seguimos procedimentos teórico-metodológicos semelhantes aos elaborados por Nicole Haumont e Henri Raymond, entre outros, sob a orientação de Henri Lefebvre⁶. Como universo de estudo, optamos pelos assentamentos originários da luta do MST e reconhecidos pelo Estado, tendo como recorte espacial, os assentamentos de dois estados: os de São Paulo (SP), com diferentes tipologias de habitats e os do Rio Grande do Norte (RN), naquele momento, de expansão recente do Movimento na Região, cujos habitats seguiam a configuração concentrada. Quanto ao recorte temporal, foi definido como o período compreendido entre a criação do movimento, em 1984 e a realização do 1o. Censo de Reforma Agrária, em 1996.

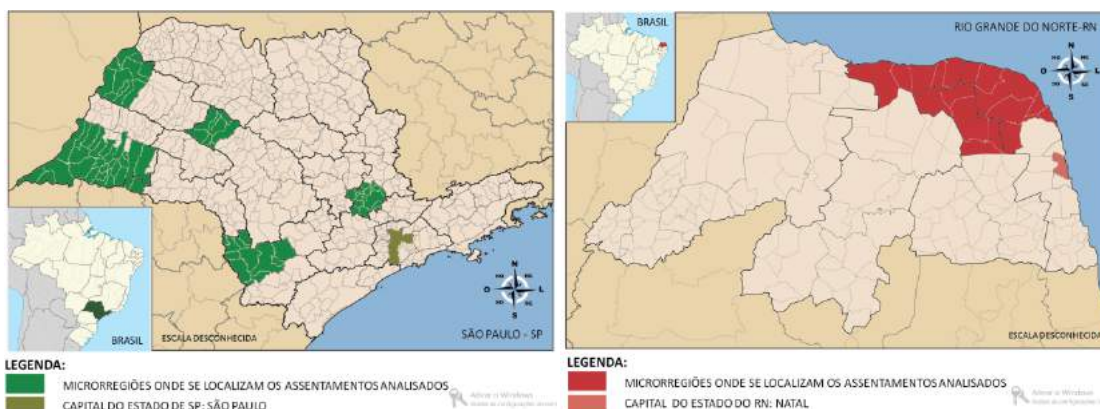


Figura 1: Mapa de espacialização das microrregiões onde se localizam os primeiros assentamentos originários da luta do MST em SP e no RN.

Enquanto arquiteta e urbanista, pensar como a configuração espacial desses assentamentos poderia expressar contradições e conflitos e atender a múltiplas expectativas passou também, a ser um desafio, pois, como afirma Lefebvre (1981, p.120): “O que é importante? As contradições! Os conflitos! Não as diferenças!... A gente adoça, atenua as contradições e conflitos, substituindo-os pelas diferenças.”. Diante dos enfrentamentos do MST à ordem

³ Idem.

⁴ FONTE: MST. Documentação de circulação interna, com cálculos realizados com dados do INCRA, Recadastramento de 1992. In: Atlas Fundiário de 1996, considerando o n.º de famílias arrendatárias, parceiros, ocupantes e pequenos proprietários (até 5 hectares) e 44% dos assalariados rurais.

⁵ V. dados no 1º Censo de reforma Agrária., op. cit.

⁶ Pesquisa sobre o habitat suburbano na França. Vide: Les pavillonnais, op. cit.

estabelecida, como a escolha do seu habitat poderia respeitar as diferenças na procura do absoluto? Qual seria o tipo de habitat possível entre múltiplos interesses do MST e o consenso cultural das tradições?

2. O HABITAT RURAL E A CONSTRUÇÃO DA VIDA COTIDIANA

É o habitat do ser humano o desdobramento de sua evolução enquanto espécie? Lefebvre⁷ considera que o habitat ou o habitar é uma dimensão do homem (enquanto ser humano) e a moradia é um lugar aberto. Segundo ele, o habitat

“constitui um conjunto, às vezes coerente e pleno de contradições, de conflitos virtuais ou atuais e que tem mudado em função de totalidades que constituem a cultura, a civilização, a sociedade numa escala global: as relações e os modos de produção, as estruturas e superestruturas”. (Lefebvre, 1970, p.163)

Afirma, também, que “os bens móveis e imóveis que constituem o habitat envolvem e significam as relações sociais” e que ele se expressa objetivamente em um conjunto de obras, produtos e coisas que constituem um sistema parcial: a casa, a cidade, a aglomeração (Lefebvre, 1970, p.163).

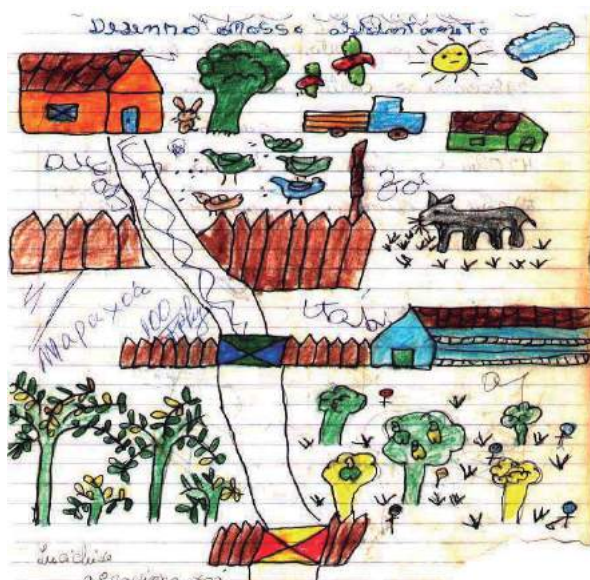


Figura 2: Assentamento Xoá-RN: Habitat concentrado - Agrovila Xoá. Croquis de assentada de 14 anos em jan. 1999. Fonte: Borges, 2002.

Consideramos, portanto, que o habitat nos assentamentos chamados de “Reforma Agrária” tem um significado amplo. Comporta a casa, seus arredores, o lote, o assentamento⁸ ou parte deste e, em áreas com muitos assentamentos contíguos, quase que ultrapassa o limite estrutural. Ele está inserido na vida cotidiana de seus moradores, que não têm espaço e tempo rigorosamente divididos entre seus momentos de vida familiar, organizativa, de trabalho e de lazer. Portanto, a palavra habitat contempla, semanticamente, a generalização e a especificidade de seu significado. Na sua definição, os assentados trazem sonhos que refletem sua história. Ela espelha relações sociais que expressam o conflito entre necessidades de mudanças e tradições culturais.

⁷ Na Introduction à étude de l’Habitat pavillonnaire, no livro *Du rural à l’urbain*, Paris, Anthropos, 1970. 287 p. P. 159-81, Lefebvre define o termo e critica diversas concepções existentes sobre a temática.

⁸ Os assentamentos rurais compreendem o conjunto de lotes de trabalho, áreas habitáveis, equipamentos de uso coletivo e serviços. Em alguns assentamentos, a definição do desenho das ruas se adequa à organização interna e geral do próprio MST: cada rua correspondendo, preferencialmente, a um subgrupo, com um representante que participa das reuniões frequentes da Associação do Assentamento.

Essas, algumas vezes, confrontam as experiências vividas com seus desejos de mudança, tanto no plano coletivo, como no individual. Os tipos encontrados nesses assentamentos refletem diferentes opções e a caracterização de cada um deles faz parte da existência daqueles que vivem nos espaços por eles definidos.

Quanto à definição de suas tipologias em concentradas e dispersas, partimos dos estudos de Henri Mendras (1978), ao analisar, historicamente, as configurações espaciais rurais de várias partes do mundo. Devido às especificidades dos assentamentos chamados de “Reforma Agrária”, a essas categorias foi acrescentada a mista.

Considerando suas diversas representações e conceituações, o habitat contempla, operacionalmente, os locais de moradia – nos lotes de trabalho ou de moradia nas agrovilas, que constituem as próprias habitações, equipamentos e serviços inerentes a um determinado assentamento humano. Ele faz parte do meio ambiente, sendo mais abrangente que o espaço construído da casa. Compreende o conjunto de lotes de trabalho, áreas habitáveis, equipamentos de uso coletivo e serviços. Nele pode haver um ou mais assentamentos, definidos pela concentração ou dispersão do conjunto de suas moradias, suas terras cultiváveis e de preservação.

Quanto aos momentos vividos nesses habitats singulares, os de trabalho misturam-se aos de lazer e à vida familiar de seus trabalhadores/moradores. Sua estrutura pode ser mais ou menos coletivizada, de acordo com as condições existentes em cada unidade dessa forma de assentamento humano. As regras do cotidiano são construídas pela relação entre as diversas instâncias do movimento e do próprio assentamento, numa articulada organização entre o exercício da representação e da participação direta. Deparam-se, também, com conflitos e contradições, de acordo com os grupos políticos que neles se estabelecem ou passam a se formar.



Figura 3: Tipologia de habitat disperso, misto e concentrado. Fonte: Borges, 2002.

Na sua definição da organização do assentamento, o MST incentivava, inicialmente, as agrovilas, ou os habitats concentrados, mas, com a resistência de suas bases em algumas regiões do Brasil, foi-se delineando no início dos anos 2000, sua proposta dispersa ou mista, que relacionava os seus núcleos de base ao habitat. Quanto ao Nordeste, onde sua proposta inicial melhor se adaptara, não havia ainda diretrizes, mas, na prática, uma crescente influência das lideranças envolvidas, calcadas por seu próprio vivido. Mas, na concepção da Direção do Movimento, “memória é saber pertencer-se para poder entregar-se” (BOGO, 1998, p. 27). Dentre suas lideranças com reflexões que envolvem o espaço do assentamento, do habitat de seus conflitos, destaca-se o que Ademar Boggo que, já então, dizia:

“De certa forma, podemos destacar, tomando como referência a história da águia e as galinhas, onde os Sem Terra foram águias no momento do vôo para a ocupação, os que ficaram para trás foram as galinhas, mas aos poucos no meio em que estamos, voltamos a ser galinhas, pois paramos em um lugar fixo para “ciscar” em torno de nossos interesses e não dos interesses da revolução. Desta forma, construímos nossa nova existência com elementos da velha cultura, que nos faz perder o caráter extraordinário do primeiro momento.” (BOGO, 1998, p. 66-67)

Ao analisar a formação dos habitats do MST, buscamos encontrar o papel da organização dos espaços originários de sua luta, enquanto objetos frágeis, mais importantes na consolidação de suas conquistas.

3. OS HABITATS DO MST EM SÃO PAULO

De 1984 a 1996, foram construídos trinta e um assentamentos originários da luta do MST em SP, abrigando 1.547 famílias. Desses, somente seis tinham habitats concentrados e cinco eram mistos. 65%, portanto, tinham habitats dispersos.



Figura 4: (a) Acampamento do MST no Parque do Ibirapuera em São Paulo-SP. Foto: Amadja em fev. 2000; (b) Assentamento Palu-SP: Habitat disperso - Casa provisória em madeira compensada e telhado de cimento amianto (fornecida pelo Estado). Foto: Amadja em jan. 2000; (c) Casa padrão financiada pelo governo estadual no Assentamento Che Guevara - Região do Pontal do Paranapanema – Habitat misto - área da chamada agrovila. Foto: Amadja – jan. 00; (d) Assentamento do Pontal do Paranapanema-SP: Habitat disperso. Fonte: ITESP, 1999.

A tipologia desses habitats muda, no entanto, se considerarmos a realidade existente em cada microrregião, onde eles estão localizados: todos os vinte habitats dispersos do período estavam no Pontal de Paranapanema, onde ocorria a maioria das ocupações do MST naquele estado. Os habitats concentrados, menos de 20% do total, correspondiam a 100% dos habitats dos assentamentos das microrregiões de Itapeva e Campinas. O restante era formado por habitats mistos, existentes nas microrregiões de Lins, Andradina e do próprio Pontal.

Quanto à história dessa tipologia, vemos que os primeiros assentamentos, ainda na década de 1980 eram, também, os de habitats concentrados, como os de Sumaré 1 e 2 e a Área 3 do Assentamento Pirituba II, com um único misto – a Agrovila Campinas.

No Pontal do Paranapanema, suas seis áreas desapropriadas abrigaram 957 famílias. Destas, cinco vincularam-se ao MST: em 1984, a Gleba 15 de Novembro, com 567 famílias; em 1988, a Água Sumida, com 120 famílias; em 1990, a Santa Rita do Pontal, com 58 famílias; em 1991, a Tucano, com 36 famílias e, em 1992, a Santa Rosa, com 90 famílias. O Movimento teve sua primeira vitória local em 1994, com a conquista do seu primeiro assentamento no Município de Mirante do Paranapanema, o São Bento, com 187 famílias.

Entre os esforços de construir novos valores culturais para o MST⁹, em relação ao habitat, muitos dos propósitos referentes à organização planejada não foram postos em prática. Prevalciam os valores e tradições culturais das origens de cada grupo.

Os habitats concentrados, como em Itapeva e Itaberá, demonstram que o espaço impulsiona a organização, mas reflete, também, a tendência dos novos assentados em dar continuidade ao já estabelecido, pois os antigos assentamentos da região já tinham habitats concentrados. Em Sumaré, na Microrregião de Campinas, foi o resultado e o meio de o espaço interpretar a vida cotidiana e as propostas do grupo de formação política do Movimento, que transformou, inicialmente, as tradições culturais. Quanto à produção agrícola, no entanto, as decisões iniciais quanto à exploração coletiva da terra passavam, com a reorganização dos novos assentados, à produção individual ou em pequenos grupos¹⁰. Um dos grupos formados por esta direção regional ocupou a região de Promissão, levando-lhe algumas inovações coletivas. Seu assentamento, chamado de Agrovila Campinas ou Assentamento Sumaré IV, criou uma cooperativa de produção e comercialização, a COPAJOTA, uma agrovila com creche e refeitório coletivos. No entanto, somente parte das famílias teve esta opção. Sua agrovila recebeu o nome

⁹ V. MST. *Programa nacional de formação de militantes e da base do MST*. MST (Setor de Formação). Julho de 2001. 23 p. P.5.

¹⁰ Fontes de dados: 1. Entrevista com Leônidas, liderança assentada no Sumaré 1, do Setor de Formação Política, em 1997 e 2. BERGAMASCO, Sônia et ali. *Por um atlas dos assentamentos brasileiros*. RJ, DL / Brasil, 1997, 51 p. 25-34.

da cooperativa e foi situada em parte do lote de trabalho de um cooperativado¹¹, pois a área destinada pelo INCRA à agrovila, destinou-se à implementação de equipamentos para todos os assentados, divididos entre os que viviam e produziam coletivamente e os que viviam e produziam individualmente, em seus lotes de trabalho.

A entrada do MST na região do Pontal do Paranapanema, não teve a mesma formação política da Microrregião de Campinas, a opção incorporava novos métodos de organização, “as frentes de massa”. Nos seus numerosos assentamentos, de habitats dispersos ou mistos, havia a preferência da maioria dos assentados em habitar os lotes de trabalho, de tal forma que, mesmo aqueles com habitações construídas em agrovilas, como a Rodeio, com a chegada da energia elétrica nos lotes de trabalho, os beneficiários passavam a morar em seus lotes de trabalho. Em muitos assentamentos não existia edificações destinadas a equipamentos coletivos, como em todo o País. Estes podiam atender a vários assentamentos, quer situados em áreas desapropriadas ou nas sedes municipais

Como no Pontal, a presença do Movimento foi marcante, também, em outros municípios, como em Promissão, devido a 626 famílias assentadas naquele município. Entre elas, 74 faziam do MST. Nos centros maiores, onde a mudança no espaço construído era menos visível, aconteciam as mobilizações e ocupações de órgãos públicos populares, muitas vezes em articulação com outros setores mobilizados do campo e da cidade.

4. OS HABITATS DO MST NO RIO GRANDE DO NORTE



Figura 5: (a) Assentamento Marajó-RN: Habitat concentrado - Árvores de referência da entrada da chamada agrovila. Foto: Amadja em jan. 2000; (b) Assentamento Santa Vitória-RN: Habitat concentrado - Agrovila Santa Vitória. Lotes e casas típicas. Foto: Amadja em jan. 1999; (c) Assentamento Zabelê-RN: Habitat Concentrado 1 – Agrovila Aracati. Casa padrão com fachada principal rebocada e pintada - primeira etapa da maioria das reformas. Foto: Amadja em jan. 1999; e (d) Assentamento Modelo - Microrregião de Baixa Verde-RN: Habitat concentrado - Agrovila Provisória (os logradouros e os lotes de moradia formam um só conjunto; as casas têm energia elétrica, mas não há iluminação pública). Foto: Amadja – out 1996.

A configuração espacial do habitat do MST no RN se assemelha à de povoados e vilarejos formados nas suas redondezas, em pequenas áreas remanescentes de pequenas posses, entre as grandes propriedades, ou entre pequenas e médias propriedades e nas áreas mais íngremes ou distantes das fontes de água.

Se os aspectos físicos dos habitats dos assentamentos no RN são semelhantes às configurações espaciais de aglomerações públicas e privadas. Entre muitas outras formas de coexistência, os assentamentos vinculados ao MST no período em apreço, tinham rotinas e normas específicas que extrapolavam o limite espacial de cada unidade.

Da chegada do Movimento no RN, em 1989, a 1996, foram criados dezoito habitats nos dez assentamentos originários da luta do MST no RN, todos concentrados. A metade deles encontrava-se no Município de João Câmara: o Marajó, com um habitat e 52 famílias; o Boa Sorte, também com um só habitat e 51 famílias; o Modelo, com 165 famílias distribuídas em dois habitats; o Santa Teresinha, com 89 famílias e um só habitat e o Xoá, com 66 famílias e um

¹¹Apesar de ser uma experiência importante na história do MST em SP, os habitats da Agrovila Campinas têm sofrido com as dificuldades de organização de seus assentados, estando a cooperativa, atualmente, em processo de reestruturação, após a sua falência.

habitat. Na mesma Microrregião de Baixa Verde, havia, também, o Terra Trabalho e Liberdade, no Município de Bento Fernandes, com três habitats. Alguns desses assentamentos estavam mais isolados, como o Santa Vitória, com um habitat, no Município de São Bento do Norte e 67 assentados; o São Pedro, em Pedra Preta, com 236 assentados, em duas agrovilas e uma área remanescente e o Zabelê, em Touros – Microrregião Litoral Nordeste, com 337 famílias, em três habitats. O Canto da Ilha de Cima, no Município de São Miguel do Gostoso, é localizado próximo à sede do seu município e vizinho a um vilarejo, com alguma infraestrutura, mas distante de João Câmara e Touros, onde estavam duas das secretarias regionais do Movimento.

Na maioria dos assentamentos eram três os momentos da moradia no assentamento: o do acampamento em barracas de plástico, logo após a liberação das terras e a definição das famílias beneficiadas; o segundo, da construção do habitat provisório, projetado pelos assentados, com lotes definidos a partir de discussão interna e construções de casas em taipa e telhas canal; e, o terceiro, da construção definitiva das casas e a demarcação topográfica dos locais destinados a equipamentos e logradouros. Do primeiro ao terceiro momento, o tempo era de cerca de dois anos, com as pressões usuais do Movimento: visitas ao INCRA, passeatas, acampamentos em locais públicos da capital, entre outras.

Como nos vilarejos locais, muitas agrovilas foram cortadas por estradas vicinais, sem a preocupação com a vida cotidiana de seus habitantes. A sua malha viária, quase sempre em “tabuleiro de xadrez”, quebrava essa organicidade, lembrando loteamentos e conjuntos habitacionais urbanos. Suas ruas e estradas não pavimentadas tinham pouca circulação e, em períodos de chuva, se tornavam intransitáveis, assim como as de SP. Em nenhum deles havia preocupação com a proximidade das estradas e a segurança das crianças, que transpunham, facilmente, os limites do habitat. Dentre esses problemas, a falta da iluminação pública foi o que mais foi verbalizado pelos assentados do Estado, pois os submetia ao isolamento noturno. Por outro lado, constatou-se que a proximidade de suas casas permitia-lhes uma maior convivência e interações cotidianas. Caminhos usuais dentro de lotes de moradia, quase sempre sem cercas e com portas abertas, lembrava um habitat coletivo, com limites pouco perceptíveis entre o pessoal e o coletivo.

5. AS TIPOLOGIAS DOS PRIMEIROS HABITATS DO MST

Tendo como hipótese que o habitat concentrado é o que melhor se adequa às necessidades do MST, verificamos que ela é verdadeira, mas é, também, incompleta.

Verdadeira, porque facilita a integração entre as atividades individuais com as coletivas no cotidiano de vários grupos de seus assentados; estimula a organização coletiva e a participação dos assentados nas atividades organizativas do Movimento; facilita o acesso à infraestrutura física e social, e aumentam-se as possibilidades de lazer e esportes, integrando, principalmente, mulheres, jovens e crianças dos assentamentos, já que os homens se restringem menos ao espaço do seu lote; e

Incompleta, porque a proximidade entre as atividades de produção e as domésticas, facilita a vida cotidiana das famílias; porque é necessário considerar que o vivido, tem sido o fator definidor dos três tipos de habitats existentes atualmente nos assentamentos de SP e do RN; e que o desenho do habitat tem como conciliar o conflito existente entre as necessidades da organização do Movimento e os hábitos e costumes de suas bases, pois

“Com o cotidiano o vivido se acha recuperado e levado ao pensamento teórico. Ele já não é desdenhado, considerado como um resíduo insignificante, produzido por uma necessária redução metodológica, no limite aniquilada. Ele também não deve ser superestimado, aumentado, oposto ao racional. Ele tem no pensamento teórico o lugar que ocupa na prática social: não é tudo mas também não é nada. Ou seja, o vivido e o cotidiano não coincidem. O cotidiano não absorve o vivido pois há parte do vivido fora do cotidiano: acima e abaixo. No entanto, a relação do vivido com o conhecido passa ao primeiro plano; ele

contém uma questão mais vasta, a das relações entre o pensamento e a vida, interrogação faustiana mal resolvida pela apologia seja da vida, seja do pensamento puro” (Lefebvre, 1981, p.16)

Consideramos, portanto, que é real a necessidade do MST construir suas próprias referências de habitat, num processo que envolve diversas formas de saber, referências do vivido, momentos de seu cotidiano atual e o seu projeto político. Em 2002, concluímos que o habitat concentrado era o mais adequado à organização do MST, mas que os hábitos e costumes dos grupos sociais assentados, precisam ser contemplados, enquanto lideranças e bases não os transformarem juntas.

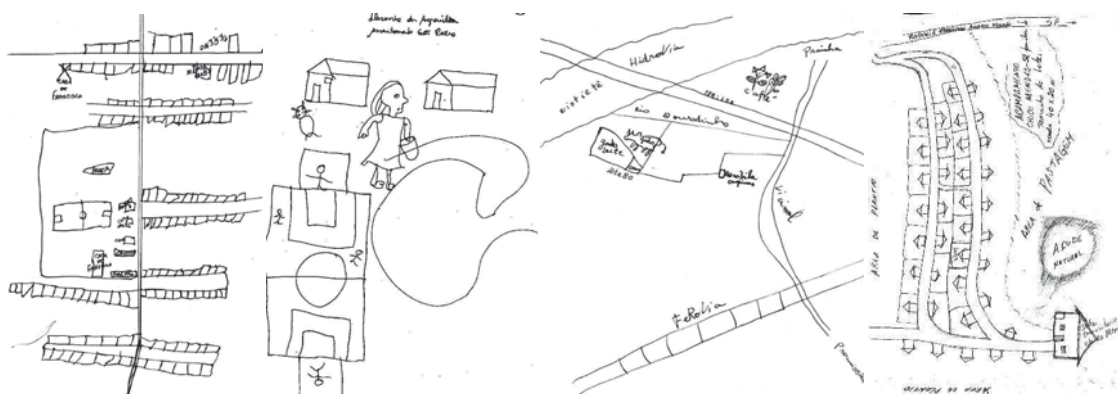


Figura 6: (a) Habitat Concentrado: Assentamento Zabelê-RN - Agroviola Aracati. Croquis de assentado em jan. 1999; (b) Habitat Concentrado: Assentamento São Pedro-RN - Agroviola 1. Croquis de assentado em jan. 1999; (c) Habitat misto: Assentamento Promissão-SP - Agroviola Campinas. Desenho de assentado do lote 80, 2000; e (d) Assentamento Pirituba-SP: Desenho de assentado da Área VI, 2000.

Passados treze anos, continuamos pensar que são múltiplas as possibilidades de transformação ou de retração das potencialidades. Cabe aos diversos grupos existentes dentro do próprio Movimento fazer suas escolhas. A nós, que estudamos as diversas vertentes desses possíveis, assessorá-los, demonstrar as dificuldades, acertos e erros da política nacional em vigor, ao longo dos momentos estudados, como nosso próprio percurso, apresentado a seguir.

6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ATUALIZAÇÃO DAS REFLEXÕES SOBRE O HABITAT DO CAMPO E SUAS TIPOLOGIAS, EM 2015

A tese “MST: Habitats em Movimento” demarcou uma escolha metodológica baseada, sobretudo, no desenvolvimento do método regressivo-progressivo, apresentado por Karl Marx e desenvolvido por Henri Lefebvre, especificamente para a compreensão do espaço construído, da vida cotidiana e das políticas públicas a eles referentes. Dirigindo-se, sobretudo, à tipologia dos habitats dos assentamentos chamados de “Reforma Agrária”, indicou desdobramentos que consolidaram nossas ações já existentes desde 1994, quando iniciamos nossa assessoria ao MST e, em alguns momentos, ao órgão então responsável pelo habitat nesses assentamentos, o INCRA.

Dando continuidade aos estudos finalizados em 2002 e apresentados neste trabalho, buscamos ampliar suas ações, através da criação do Grupo de Estudos em Reforma Agrária e Habitat-GERAH do Departamento de Arquitetura da UFRN, log a seguir. Nele foram incorporados vários outros saberes, através da criação de vínculos com outros departamentos, como os de engenharia civil, ciências sociais, educação e biblioteconomia. Dentre suas principais contribuições no ensino, tem criado disciplinas de graduação e pós-graduação, orientado teses, dissertações e monografias sobre a sua temática expandida. Na extensão, tem desenvolvido vários programas e projetos, no planejamento, projeto e gestão da construção dos assentamentos do campo, dando ênfase a questão habitacional - compreendida pela articulação entre o espaço construído e natural, o espaço da moradia e o espaço do trabalho e do lazer. Na

pesquisa, utiliza, além do método regressivo-progressivo, a pesquisa participante, inspirada na obra de Paulo Freire e Carlos Brandão na troca entre os saberes científico e popular, na perspectiva da autogestão. Diante da escassez de referências dos equipamentos, espaços livres públicos e das próprias moradias rurais, o Grupo contribui com suas próprias experiências e participa de articulações com outros grupos acadêmicos no País, como o Habis, da Universidade de São Paulo-USP-São Carlos e o CASA, da Universidade de Brasília-UNB, além da organização não governamental USINA. Através de três colóquios sobre o habitat do campo (2006, 2011 e 2015, este último incorporando as águas e as florestas), esses grupos dialogam e complementam um novo referencial conceitual, metodológico e empírico do habitat social do campo no País.

Nas referências bibliográficas relacionadas a seguir, registramos algumas das teses, dissertações e monografias que dão continuidade aos estudos da tese-referência deste trabalho e sua leitura poderá mostrar novos caminhos de estudo ou métodos de trabalho para arquitetos e urbanistas, assim como seus parceiros ou interlocutores que possam abrir novos conhecimentos, políticas e lutas por um habitat social que compreenda mais que o habitat da cidade.

REFERÊNCIAS

Arruda, Andréa Figueiredo. 2007. *O espaço “concebido” e o espaço “vivido” da morada rural: políticas públicas x modo de vida camponês*. Dissertação (PPGAU/FAU/USP). São Paulo.

Bergamasco, Sônia et ali. 1997. *Por um atlas dos assentamentos brasileiros*. RJ, DL / Brasil.

Bertolini, Valéria Andrade. 2005. *Ocupando o Cerrado – avaliação do processo de implantação de assentamentos rurais no entorno do Distrito Federal*. Dissertação (FAU-UNB). Brasília.

Bogo, Ademar. 2001. *O MST e a cultura* (MST: Caderno de formação nº 34). 2ª ed. Veranópolis-RS, ITERRA.

Borges, Amadja Henrique. 2002. *MST: habitats em movimento: tipologias dos habitats dos assentamentos originários do MST nos estados de SP e RN*. SP, Tese de doutorado FAU/USP. 370 p.

Brandão, Carlos R. (Org.). 1981. *Pesquisa participante*. 4. ed. São Paulo: Brasiliense.

Cerqueira, Maria Cândida Teixeira de. 2009. *A assistência técnica nos habitats do MST e o papel do arquiteto e urbanista*. Dissertação de mestrado (PPGAU-UFRN). Natal.

Duarte, Élio Garcia. 1998. *Do mutirão à ocupação de terras: manifestações camponesas contemporâneas em Goiás*. Tese (Doutorado em História Social). SP, FFLCH-USP.

Fernandes, Bernardo Mançano. 1996. *MST: formação e territorialização em SP*. SP: HUCITEC.

Fernandes, Bernardo Mançano. 2000. *A formação do MST no Brasil*. Petrópolis: Vozes.

Gohn, Maria da Glória. 1995. *História dos movimentos sociais: a construção da cidadania dos brasileiros*. São Paulo: Edições Loyola.

Haumont, Nicole. 1966. *Les pavillonnaires: étude psycho-sociologique d’un mode d’habitat*. Paris: CRI.

Ianni, Octávio. 1986. *Ditadura e agricultura*. RJ: Civ. Brasileira.

Lefebvre, Henri. 1958. *Critique de la vie quotidienne I*. Paris: L’Arche Editeur

Lefebvre, Henri. 1961. *Critique de la vie quotidienne II*. Paris: L’Arche Editeur.

Lefebvre, Henri. 1970. *Du rural à l’urbain*. Paris, Anthropos.

Lefebvre, Henri. 1981. *Critique de la vie quotidienne III*. Paris: L’Arche Editeur.

Machado, Pascal. 2012. *Interesses da habitação social: diversificação de tipologias, do campo à cidade*. Dissertação

(PPGAU/UFRN). Natal.

Martins, José de Souza. 1973. *O campesinato brasileiro*. Petrópolis: Vozes e SP: EDUSP.

Medeiros Cecília Marilaine Rego de. 2013. *Mutirão X Organicidade: Reflexões sobre os processos de construção coletiva dos habitats dos assentamentos rurais coordenados pelo MST no RN*. Dissertação de Mestrado(PPGAU-UFRN) Natal.

Mendras, Henri.1978. *Sociedades camponesas*.RJ, Zahar.

Oliveira, Ariovaldo U. 1990. *A geografia das lutas no campo*.SP, EDUSP, Contexto.

Oliveira, Cíntia Soares de. 2011. *Henri Lefebvre: possibilidades teórico-metodológicas para arquitetura e urbanismo*. Tese de doutorado (PPGAU-UFRN). Natal.

Raymond, Henri, Haumont, Nicole, Dezès, Marie-Geneviève, Haumont, Antoine.2001. *L'habitat pavillonnaire*. 4^e. ed., Paris (préface de Henri Lefebvre et avant-propos de la quatrième édition des auteurs), L'Harmattan.

Sertori, Rodolfo José Viana. 2012. *O mutirão do projeto Inovarural: estratégias da assessoria técnica na produção da moradia rural*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Carlos, PPGAU-Instituto de Arquitetura e Urbanismo, USP-SãoCarlos.

Stédile, João Pedro (org.). 1997. *A reforma agrária e a luta do MST*. Petrópolis: Vozes.

Soares, Vivianne Glaysse Mafra Soares. 2006. *A construção de um habitat rural: gestão e projeto do Assentamento Resistência Potiguar 1*. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Natal, CAU-UFRN.

Tavares, Simone Fernandes. 2009. *Análise da organização coletiva para a construção da habitação rural. Caso: Assentamento Rural Sepé Tiaraju, Serra Azul, SP*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Carlos, PPGAU-Instituto de Arquitetura e Urbanismo, USP-SãoCarlos.

UNB/DATAUNB. 1997. *I Censo de Reforma Agrária. Relatório Final* (documento de circulação restrita).UnB, Brasília.

Possibilidades de apropriação do habitat em assentamentos rurais no Brasil

Amadja Henrique Borges

Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
amadjaufrn@gmail.com

Cecília Marilaine Rego de Medeiros

Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
cecilia.marilaine@yahoo.com.br

Márcia Silva de Oliveira

Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
marcialuizamanela@hotmail.com

Sarah de Andrade e Andrade

Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
andradesarah22@gmail.com

ABSTRACT: This research deals with the rural social habitat in settlements called "Land Reform" in Brazil, submitted to State policies related to the Movimento dos Trabalhadores Rurais sem Terra - MST. Discusses the possibilities of appropriation of the residents of their houses in the settlements of Rio Grande do Norte, under the management of the Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA and Caixa Economica Federal - CEF, that had "mutirões" assisted by architects and planners of the Grupo de Estudos em Reforma Agrária e Habitat - GERAH. Reflecting the theoretical and methodological assumptions of the french sociologist and philosopher Henri Lefebvre as to interferences in the appropriation of the social habitat process, discusses the question: What are the main difficulties and possibilities of architects and planners of the GERAH, in the incorporation of knowledge and practices MST in "mutirões" assisted by them in works managed by the State?

Keywords: Social housing in Brazil. Rural settlements. Appropriation. Technical advice. Henri Lefebvre.

RESUMO: Esta pesquisa trata do habitat social no campo no Brasil, especificamente nos assentamentos chamados de "Reforma Agrária", submetidos às políticas do Estado e vinculados ao Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra - MST. Trata das possibilidades de apropriação dos moradores de seus locais de moradia nos assentamentos rurais do Rio Grande do Norte sob a gestão do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA e da Caixa Econômica Federal - CEF, que tiveram mutirões assistidos por arquitetos e urbanistas do Grupo de Estudos em Reforma Agrária e Habitat - GERAH. Refletindo os pressupostos teórico-metodológicos do filósofo e sociólogo francês Henri Lefebvre quanto às diferentes interferências no processo de apropriação do habitat social, discute a seguinte questão: Quais as principais dificuldades e possibilidades dos arquitetos e urbanistas da assessoria do GERAH, na incorporação dos saberes e práticas do MST nos mutirões por eles assistidos em obras geridas pelo Estado?

Palavras-chave: Habitação social no Brasil. Assentamentos rurais. Apropriação. Assessoria técnica. Henri Lefebvre.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho discute a questão do projeto e construção do habitat social em assentamentos rurais coordenados pelo MST e geridos pelo Governo Federal, tendo como interlocutor governamental o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA e, a partir de 2003, também a Caixa Econômica Federal - CEF. Para tanto, procura entender os limites e possibilidades de apropriação do habitat pelos assentados do MST e o papel da assessoria do Grupo de Estudos em Reforma Agrária e Habitat - GERAH, vinculado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, que busca desenvolver suas ações a partir da ótica do sociólogo e filósofo Henri Lefebvre e dos educadores Paulo Freire e Carlos Brandão.

O Grupo desenvolve seu método a partir de três linhas de ação: 1. conhecimento do presente do grupo social envolvido com o objeto de pesquisa e ação, buscando elementos do passado que contribuam com a sua compreensão (método regressivo-progressivo, criado por Marx e desenvolvido por Lefebvre); 2. utilização de categorias de análise de Lefebvre para a vida cotidiana e a relação apropriação/dominação na visão de mundo do grupo envolvido, tais como ordem próxima/ordem distante, habitat/habitar, vivido/concebido; e 3. a relação entre a teoria e a prática, na interpretação da troca de saberes e do planejamento participativo na elaboração de seus projetos, no acompanhamento das obras e na assessoria ao MST quanto às suas necessidades de conhecimento técnico-científico sobre o habitat. Tem como foco as conquistas do Movimento em relação à qualidade de vida de seus habitats e das possibilidades do seu processo de concepção e construção de forma que possa contribuir com as perspectivas transformadoras do Movimento, como um todo.

Considerando que a concepção criativa só tem sentido se a obra é apropriada por seus usuários e a contundência das críticas de Lefebvre a projetos de arquitetura e urbanismo em um determinado momento histórico, mas com práticas ainda na ordem do dia¹, o objetivo geral deste trabalho é refletir acerca dos principais limites e possibilidades de arquitetos e urbanistas no exercício profissional, em parceria com os movimentos sociais transformadores, especificamente rurais. Tem como pano de fundo, sua própria atuação, no que se refere ao habitat rural do MST, após 20 anos de parceria e 12 anos de prática contínua, na concepção político - profissional e assistência técnica de seus mutirões habitacionais.

Nesse sentido, o item Apropriação do Habitat Social: o que aconteceu com as expectativas de Henri Lefebvre? apresenta uma síntese da atuação dos arquitetos urbanistas na da segunda metade do século XX, a partir das políticas do habitat social na França e das críticas de Henri Lefebvre quanto à sua falta de engajamento aos interesses e à vida cotidiana de seu público-alvo. Faz, também, um rápido paralelo com a política do habitat social do Brasil, totalidades e especificidades de uma realidade vivenciada pelos profissionais que hoje atuam em assessorias técnicas aos movimentos sociais, no campo da arquitetura e urbanismo.

Em Da busca da autogestão à autogestão na construção do habitat do campo, delinea-se os caminhos percorridos na busca da autogestão na concepção e na construção do habitat social em assentamentos do Rio Grande do Norte, a partir dos quais inicia um processo de autocrítica em A apropriação do Habitat nos espaços de conquista do movimento social no campo, com o debate entre as concepções de Henri Lefebvre e as ações do GERAH. Apresenta a busca da não dominação do saber específico do arquiteto e urbanista no processo metodológico e de criação coletiva nos espaços de conquista do movimento social no campo e na atualidade. Para tanto, busca caminhos que contribuam para a apropriação de sua contribuição à vida cotidiana, aos momentos de festa, de luta e de aprendizado dos seus parceiros de teoria e práxis.

¹v. Jean-Jacques Terrin, 2014, Jean-Pierre Léfèbvre, 2007, David Leyval, 2009 e Annie Fourcaut e Danièle Voldman, 2013, dentre outros.

2 A APROPRIAÇÃO DO HABITAT SOCIAL: O QUE ACONTECEU COM AS EXPECTATIVAS DE HENRI LEFBVRE?

Diante da “necessidade” de respostas rápidas e das imposições governamentais, destinadas à produção em série e aos grandes empreendimentos, os parques de habitação social construídos no século XX têm em comum, a priorização da quantidade de famílias atendidas, a utilização de tecnologias em seus processos construtivos e inovações arquitetônicas e urbanísticas qualitativas utópicas. No entanto, na sua concepção não é previsto o atendimento aos interesses e percepções dos cidadãos que passam a viver nessas novas formas de habitats. Cabe aos profissionais envolvidos, sobretudo os planejadores urbanos e regionais, arquitetos e urbanistas, atender às demandas governamentais, a partir de suas próprias convicções. Atribui-se, assim, ao espaço e ao profissional que o concebe, o papel de mudar costumes, relações sociais, qualidade de vida. Da parte deste, há o encantamento com as possibilidades de realizar suas próprias utopias. Firma-se um consenso que privilegia novas formas de morar, adaptando a tecnologia ao desenho, à arte e à paisagem. Dentre seus ícones, seguidos na maioria dos países capitalistas e do socialismo real daquele momento, destaca-se Le Corbusier, sua máquina de morar, seus grandes conjuntos habitacionais e cidades novas, o encontro da arte com a tecnologia.

Ao mesmo tempo, desde o início dos anos 1960, Lefebvre denuncia o distanciamento entre a criação, os hábitos e expectativas dos franceses, a concepção físico-espacial desses grandes conjuntos e a sua vida cotidiana. Com a continuidade da produção em massa dos conjuntos, crescem as suas críticas e de seus seguidores, sobretudo de sociólogos e geógrafos franceses (Lefebvre, 2001 e Haumont, 2001).

Dentre os programas sociais implementados na França, os HLM, habitats de aluguel moderado construídos, sobretudo, dos anos 1960 aos 1980, são destinados prioritariamente, às famílias de operários e de outras categorias de menor poder aquisitivo, atendendo, também, a outras camadas da classe trabalhadora dos pós-guerras, no chamado estado de bem estar social. Com a crise econômica que se instala na França nos anos 1980, o Estado diminui sua oferta, estimulando e financiando a compra da casa própria e a produção no mercado privado. A manutenção inexistente do parque imobiliário, seus problemas estruturais e a atração pela casa própria, fazem com que haja uma evasão da população que consegue financiar suas moradias. Aos poucos os grandes conjuntos e suas torres, ícones do passado, não atendem mais ao momento presente, passando a ser responsabilizados por quase todos os problemas e conflitos sociais existentes em seu interior. A partir de 2007, cerca de 13.000 deles passam a ser destruídos por ano².

Quanto à política de habitação social relativa ao mundo rural, com a urbanização inerente à centralização do poder no estado moderno, a consolidação da industrialização e à mecanização da agricultura, não há interesse, na maioria a dos países, na produção do habitat social no campo.

No Brasil, há um grande envolvimento dos arquitetos e urbanistas com as novas concepções européias do pós-guerra. Dentre estes, destaca-se Lúcio Costa e Oscar Niemeyer que, ainda nos anos 50 criam a capital do País, baseada nos princípios da Carta de Atenas, de criatividade, das utopias disseminadas pelo mundo ocidental. Quanto à sua política habitacional de grande envergadura, destaca-se a criação do BNH - Banco Nacional da Habitação, em 1964, como o momento que definiu a ordem concebida pela Ditadura Militar (1964-1983)³. Mesmo extinto,

²Ver 1. Lefebvre, Jean-Pierre, 2007; 2. Houard, Noémie, 2009; e 3. Marc Bertier&Hervé Marchal&Jean-Marc Stébé, *La patrimonialisation contre la ségrégation : le cas des grands ensembles français*, Métropolitiques, 16 mai 2014. Disponível em: <URL :<http://www.metropolitiques.eu/La-patrimonialisation-contre-la.html>>. Acesso: 07 nov. 2014.

³Ver Cintra, Antônio Octávio e HADDAD, Paulo R. (org.). *Dilemas do planejamento urbano e regional no Brasil*. SP, Zahar, 1977.

em 1986, o caminho para este traçado perdura até os nossos dias: ótica da política de incentivo à propriedade, de priorização da empresa privada de construção civil, de produção em massa. Do próprio BNH, aos projetos financiados pela CEF e atualmente o MCMV (Minha Casa Minha Vida), os programas têm, em comum, o financiamento do Estado, com recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) dos próprios trabalhadores, em sistema de compra e venda, com absorção da mais-valia pelas empresas do setor imobiliário e lucro dos proprietários de bairros beneficiados pela infraestrutura. Quanto a incentivo a projetos e programas diferenciados, com autogestão ou processos não convencionais, são exceções, de difícil acesso e funcionalidade.

Com a Lei nº 11.888 de 24 de dezembro de 2008, de autoria do deputado, arquiteto e urbanista sindicalista Zezel, que assegura às famílias de menor poder aquisitivo a assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de sua habitação, há um avanço das possibilidades de apropriação do saber, da decisão e das escolhas referentes à habitação. No entanto, pouco já foi definido para que esta Lei seja apropriada pelos sem terra e sem teto. Diante da opção quantitativa e não qualitativa de nossos programas habitacionais, das poucas condições de trabalho dos jovens arquitetos e urbanistas junto às classes trabalhadoras, esta lei é fruto de mobilização de entidades de arquitetos e urbanistas brasileiros que, como o filósofo e sociólogo H. Lefebvre priorizam os interesses desse tipo de clientela, em habitat urbano, como rural, na cidade e no campo, nas águas e na floresta, visto que é a forma como une a teoria à práxis, o engajamento político do profissional - e não sua profissão – que o faz ultrapassar as barreiras do sistema.

3 A BUSCA DA AUTOGESTÃO NA CONSTRUÇÃO DO HABITAT DO CAMPO

Vinculado ao Departamento de Arquitetura - DARQ da UFRN, desde 1994 o GERAH assessora o MST no planejamento, projeto e gestão da construção dos assentamentos rurais por ele coordenados no RN, tendo como ênfase a questão habitacional. Trabalha, também, na formação de profissionais que possam atuar nesta temática, na Graduação, com disciplina sobre assistência técnica, e na Pós-Graduação, estudando os habitats do campo, assim como a contribuição de Henri Lefebvre à concepção e método desenvolvido pelo Grupo. Na pesquisa e na extensão desenvolve ainda projetos com a incorporação de estudantes e colaboradores.

Nesse sentido, suas ações dizem respeito ao planejamento físico-ambiental de assentamentos, à implantação de seus habitats - compreendidos enquanto espaços onde predominam a moradia, a educação e a vida cotidiana do coletivo ali sediado - bem como a elaboração de projetos e a gestão da construção das moradias e/ou de seus espaços livres públicos.

A opção do GERAH por atuar, prioritariamente, junto a um movimento específico, o MST, se deve à sua compreensão de totalidade e de seu papel transformador, enquanto movimento social dirigido à reforma agrária, com diretrizes de intervenção em diversas frentes. A proposta metodológica do Grupo se fundamenta e se desenvolve a partir dos desdobramentos da tese de Borges (2002), que pressupõe que a configuração espacial do habitat interfere na vida cotidiana de seus moradores, em suas relações familiares, de vizinhança, suas vinculações com o trabalho, seus acessos à infraestrutura social, suas condições de vida e seu envolvimento nas estruturas organizacionais do Movimento. A parceria contempla a participação de seus dirigentes e base no processo de construção de seus habitats, entendendo que o engajamento desses agentes proporciona a troca de saberes e de decisão dos diversos grupos.

Com a crescente demanda de suas bases, a infra-estrutura dos assentamentos passa a ter maior importância e a moradia passa a ser ponto na pauta de luta do Movimento, ainda que tratada de forma secundária frente a outras dimensões: como produção, educação e cultura.

Quanto ao do projeto da casa, o órgão gestor das áreas de assentamento rural, o INCRA, utiliza desde a constituição de 1988, um projeto padrão nos assentamentos de todo país, divulgando-

o em cópias entregues às associações de cada grupo em vias de receber a emissão de posse de uma área. Esse padrão, que pode sofrer apenas pequenas alterações, não respeita as especificidades das condições ambientais das áreas onde são construídos, nem considera os hábitos e as necessidades das famílias contempladas. Diferentemente do projeto da casa para a cidade, não apresenta autoria, nem é registrado nos conselhos profissionais cabíveis. Quanto ao recurso para material de construção, o mesmo é insuficiente para atender às necessidades estruturais da moradia projetada. Além disso, tudo é realizado segundo as capacidades de transporte e negociação das comissões de compras do Órgão.

Até o governo de Fernando Henrique Cardoso (presidente do Brasil em duas gestões, no período de 1994 a 2002), a casa padrão é construída de duas maneiras: através de construtoras contratadas pelos assentados/INCRA, que se ocupa da construção, cabendo ao futuro morador aguardar o fim da obra, às vezes sendo contratado pela empresa, quando trabalhador da construção civil; e através da autoconstrução ou mutirão organizado por movimentos sociais ou assessorias, onde há a fiscalização de técnicos do INCRA, de acordo com métodos e poderes de decisão variados. Nesses casos o processo construtivo fica a cargo de quem, no local, tem mais conhecimento construtivo prático, ficando a execução de cada casa sob a responsabilidade de seus moradores, do movimento ou de pedreiros, quando contratados individualmente ou coletivamente.

Atualmente, apesar dos valores da casa padrão terem aumentado, ainda vigoram essas duas modalidades, assim como os problemas construtivos. O acompanhamento realizado pelos técnicos do INCRA e das construtoras é precário, devido à falta de estrutura administrativa e técnicos especializados para este tipo de tarefa, acúmulo de funções, descontinuidade de acompanhamento dos técnicos do órgão, da construtora ou da entidade organizadora do grupo social envolvido e remunerações financeiras, não condizentes com as funções exercidas.

Como exceção, há experiências com participação ou orientação técnica de profissionais da área da construção civil – engenheiros civis e arquitetos e urbanistas, por exemplo, por iniciativas de universidades, organizações não governamentais ou profissionais isolados. Na maioria dos casos, no entanto, os assentados têm dificuldade de controlar os custos, a qualidade e a finalização da obra de sua casa, não se apropriando, portanto, do processo ali desenvolvido. Muitas das moradias construídas nessas condições chegam a sofrer duas ou até três reformas para que sejam solucionados os problemas das intervenções anteriores, na maioria das vezes sem sucesso.

Diante dessa realidade, as ações da assessoria do DARQ/GERAH ao MST, partem de experiências específicas, diante do grande número de assentamentos rurais no Estado (Figura 01) e criam parâmetros para os projetos e processo de construção do habitat social no campo. Sua intervenção junto ao Movimento compartilha saberes que vão, pouco a pouco, sendo utilizados dos dois lados.

O Movimento começa, em 2000, a luta para desvincular a construção de seus assentamentos da tradicional contratação de empreiteiras, devido à “má qualidade de suas obras, dominadas pela lógica do lucro e da falta de controle dos moradores sobre as mesmas” (dirigente do MST). Nesse sentido, o Movimento apresenta lucidez no diagnóstico das dificuldades nas obras entregues às empreiteiras e sua atuação amadurece em contato com colaborações de diversas partes do país, rumo à apropriação dos procedimentos específicos à questão habitacional, distante de suas prioridades enquanto movimento rural.

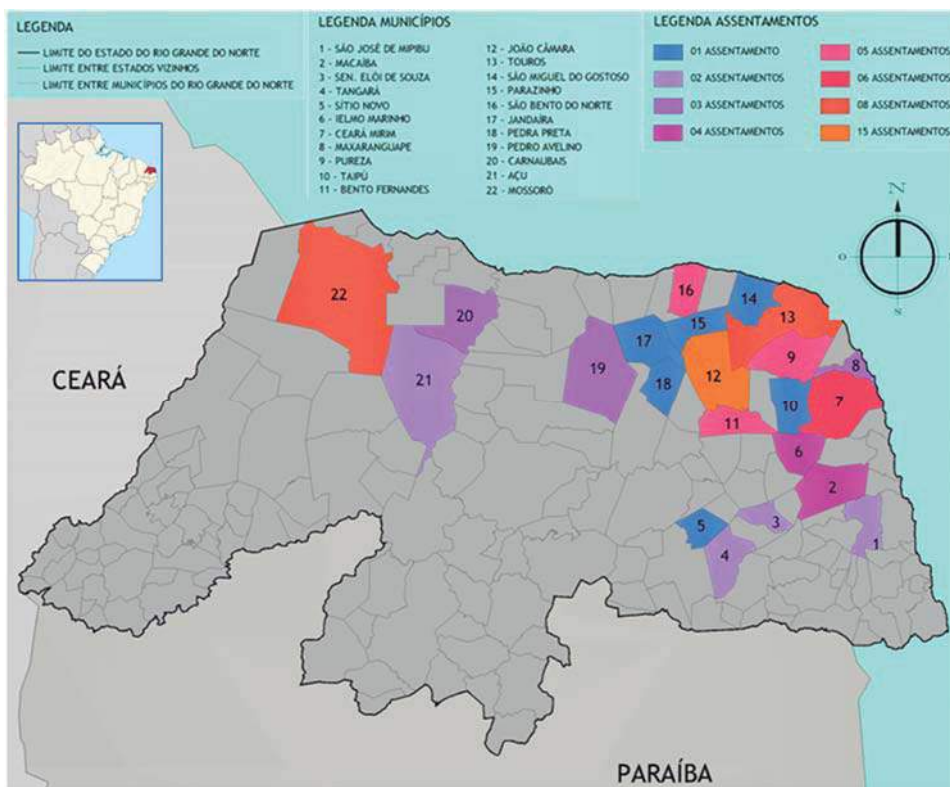


Figura 1. Mapa de espacialização dos assentamentos acompanhados pelo MST no RN no ano de 2012. Fonte: Elaborado pelas autoras com base em dados do INCRA (2012) e do MST (2013).

Entre 2002 e 2004, evidenciando parte da apropriação do Movimento local, realizam-se em alguns assentamentos (Espírito Santo e Rosário, por exemplo, ambos localizados no Município de Ceará Mirim - RN), processos de construção autogeridos, experiências que estabeleceram um marco importante para a desvinculação das empreiteiras das construções das moradias nos assentamentos no RN e, depois, no País. Reconhecido como sua assistência técnica, ainda nesse período o GERAH participa, junto com a direção do MST, de debates com o INCRA e assessora, em parceria formal com o Órgão, o projeto e a construção do Assentamento Maria da Paz, realizado por mutirão assistido (Figura 2b). A experiência dá início à revisão do caminho de intervenção e concepção do grupo, que o chama de *O Desenho do Possível* (Borges, 2006), delineando o trabalho de planejamento para assentamentos de habitat concentrado coordenados pelo MST, especialmente no Nordeste, campo de atuação ainda exótico para o arquiteto e urbanista, envolvido, sobretudo, como mundo urbanizado e as questões a ele referentes.



Figura 2. (a) Mutirão de reforma das moradias do Assentamento Rosário, 2009; (b) Mutirão de construção das moradias do Assentamento Maria da Paz, 2005; (c) Mutirão de construção de moradias do Assentamento Roseli Nunes, 2009. Fonte: GERAH, 2005 e 2009.

Apesar da Lei da Assistência Técnica à Habitação de Interesse Social - LATHIS datar de 2008, acostumados a obras mal construídas e administradas por construtoras, o Movimento a princípio acredita não necessitar de serviço técnico. Sobre essa questão, se configura ainda uma

disputa de saberes. O próprio MST passa a reivindicar a efetiva aplicação da Lei somente a partir de 2012, anos depois de outros movimentos rurais, apesar do amplo debate sobre sua importância na qualidade das construções do habitat em seus assentamentos.

Este fato demonstra a dificuldade que os movimentos ainda têm de se apropriar dos ganhos que esta lei traz e ao reivindicá-la nessas condições, não está claro que a apropria, a incorpora em suas necessidades. Contraditoriamente, muito provavelmente significa que a domina, por facilitar o acesso à financiamentos da CEF (que exige responsabilidade técnica e autoria dos projetos) e aumentar os recursos da moradia (já que há uma verba específica a ser ou não incorporada pela demanda social).

A partir de 2009, o MST sofre perdas nos seus quadros de militantes, pela orquestração de denúncias e tentativas de sua criminalização, além de várias ações que o descapitalizam, dificultando suas condições de acompanhar e dirigir suas áreas e desempenhar um trabalho baseado no seu papel de liderança e vanguarda política. No RN, os desafios se apresentam. A assessoria tem dificuldades de adaptar-se à nova realidade. Os mutirões, com suas fragilidades e especificidades, precisam de mudanças que os aproximem das práticas construtivas locais. Procurando minimizar os impactos dessa desestruturação nas práticas em andamento, o Grupo lança mão de estratégias para potencializar os poucos recursos destinados ao desenvolvimento dos projetos e à construção dos sonhos dos assentados e da assessoria. A dificuldade de acompanhamento dessas áreas pelo Movimento, por exemplo, é suprida pela utilização da infraestrutura da UFRN e recursos de projetos de extensão universitária.

O esforço permitiu a continuidade do Movimento na organização e orientação dos grupos e na coordenação de assembleias até o ano de 2012, quando devido ao prolongamento de algumas experiências com a CEF, há uma diminuição de sua participação no cotidiano dos mutirões. A mudança altera a relação entre os agentes envolvidos, minimizando sua influência nos locais assessorados, onde se criam novas lideranças, desequilibrando assim, o trabalho da parceria, que parte do pressuposto de que o planejamento da construção das habitações se fundamenta na organicidade do Movimento.

A partir deste panorama de atuação, o GERAH reconhece a importância da articulação entre aqueles que discutem com a questão da habitação social e em conjunto com o MST - e posteriormente com outros grupos - inaugura em 2006 o I Colóquio Habitat e Cidadania: habitação de interesse social no campo e contribui em 2011 - sob a coordenação do HABIS (Grupo de pesquisa em Habitação e Sustentabilidade - IAU - USP/UFSCar), em parceria com a Usina (Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado) - para a realização da segunda edição.

Em conjunto, os eventos⁴ discutem, essencialmente, a importância de atualizar e aprofundar o debate sobre o problema habitacional no campo, delineando encaminhamentos e possibilidades para o enfrentamento da questão e considerando, sobretudo, as necessidades do seu habitat, contemplando os interesses do próprio usuário, que debate e defende sua visão de mundo no primeiro evento (Figura 03a) e da articulação do que poderia compor o Plano Nacional para Habitação Social Rural⁵, fruto da segunda edição do colóquio (Figura 03b).

Os produtos dos dois colóquios em conjunto com a Oficina do Habitat do Campo⁶, promovida pelo INCRA em 2007, avaliam, propõem e põem em visibilidade a Política para o habitat do campo representando marcos temporais de sua alteração. Até 2007, por exemplo, a política

⁴Com data para ocorrer em maio de 2015, a terceira edição do evento (III Colóquio Habitat e Cidadania: habitação de interesse social no campo, nas águas e na floresta) incorpora a participação de outras comunidades (extrativistas, pescadoras e quilombolas, por exemplo) à luta por moradia rural digna, corroborando as discussões do II Colóquio.

⁵Ver síntese das discussões e propostas do II Colóquio Habitat e Cidadania: habitação social no campo, disponível em: <http://www.4shared.com/document/fLJ85iTd/DOCUMENTO_BASE_II_COLOQUIO_HAB.html>.

⁶Na ocasião deste evento, consolidando as posições coletivas das entidades e movimentos presentes, são negociados financiamentos conjuntos (CEF e INCRA) e inseridas na concepção da Lei de ATHIS, especificidades do mundo rural.

habitacional para os assentamentos rurais, de responsabilidade do INCRA, se resume ao recurso do Crédito Instalação, modalidade “aquisição de material de construção”. Já no início do Governo Lula (presidente do Brasil em duas gestões, no período de 2003-2010) a CEF financia em todo o Brasil, inclusive no RN, onde são contemplados dois assentamentos do MST, por causa da parceria com o GERAH, o Programa Carta de Crédito Rural/FGTS, na Modalidade Construção de Unidades Habitacionais Coletivas.



Figura 3. (a) Mística de militantes do MST durante o I Colóquio Habitat e Cidadania: habitação de interesse social no campo; (b) Mesa de discussão durante o II Colóquio Habitat e Cidadania: habitação de interesse social no campo. Fonte: GERAH, 2006 e 2011.

Finalmente, entre projetos da configuração espacial do assentamento, de seu habitat, das moradias, de espaços livres públicos, dentre outros, assim como o acompanhamento de construção ou reforma, o DARQ/GERAH tem, sob sua responsabilidade mais de vinte experiências assessoradas no RN (como exemplo, Figura 04). Quanto às suas especificidades, pontua-se como objetivo o alcance do projeto político do Movimento, assim como os interesses dos moradores, a busca da autogestão e da apropriação dos assentados do processo de concepção e gestão da construção de seus habitats, o mutirão assistido para construção e reforma de suas moradias, buscando contribuir na elaboração de uma nova forma de concebê-los, assim como a necessidade de uma política pública de habitação para o campo.



Figura 4: (a) Casa no Assentamento Mara da Paz; (b) Casa no Assentamento Bernardo Marim; (c) Casa no Assentamento Roseli Nunes. Fonte: GERAH, 2005 e 2009.

4 A APROPRIÇÃO DO HABITAT NOS ESPAÇOS DE CONQUISTA DO MOVIMENTO SOCIAL NO CAMPO

O MST, enquanto movimento social de luta pela reforma agrária no Brasil encarna um conflito que perpassa a história do país de forma assombrosa: as profundas desigualdades e contradições no acesso de uma maioria à terra, à renda, e ao habitat como expressão de um direito e de uma necessidade. O habitat social no campo se traduz, nesse contexto, em conflito político e econômico configurado na relação dialética dos espaços vivido e concebido, através do embate entre os interesses e necessidades postos pela lógica de reprodução do capital e pela lógica de uma busca pela apropriação criativa do habitat de forma a torná-lo seu habitar.

No Rio Grande do Norte, o GERAH enquanto assessoria técnica se coloca como mais um dos agentes deste processo coletivo, contribuindo para a reflexão acerca do habitat social nos assentamentos, intermediando possibilidades e entraves à apropriação criativa do espaço como símbolo do morar, do viver, do habitar. Para isso, ampara suas ações na evidência de que, conforme assinala Borges (2002, p. 36).

Na definição do tipo de habitat de seu assentamento, os assentados trazem sonhos que refletem sua história. Ela espelha relações sociais que expressam o conflito entre necessidades de mudanças e tradições culturais. Essas, algumas vezes, confrontam as experiências vividas com seus desejos de mudança, tanto no plano coletivo, como no individual. Os tipos encontrados nesses assentamentos representam diferentes opções e a caracterização de cada um deles faz parte da existência daqueles que vivem nos espaços por eles definidos.

Resgatar sua própria história através da valorização de traços e símbolos de sua cultura levanta a possibilidade de que este morar traduza o habitar enquanto expressão de um direito político e também de um direito do humano, pois “[...] no habitar reside a relação do ‘ser humano’ com a natureza e com seu próprio ‘ser’, e que, para além da necessidade de edificar e morar, faz-se necessária a relação com o imaginário, com o transcendente, e isto somente é possível porque [...] na morada e no habitar, a casa e a linguagem são os dois aspectos complementares do ‘ser humano’” Lefebvre (2008, p. 79).

Aqui se observa o vínculo com a obra de Lefebvre (2008, 2001), quando destaca o vivido como possibilidade de análise da realidade urbana e rural contemporânea, pressupostos buscados pelo GERAH em seu trabalho de assessoria junto aos movimentos sociais do campo. Se esses movimentos são a expressão das dicotomias de uma sociedade desigual, são também a expressão dos processos de dominação e apropriação que marcam a realidade e os conflitos pelo uso e pela qualificação do espaço, e que transparecem nas contradições e nas possibilidades da vida cotidiana na cidade e no campo, na procura por sentidos e ações que se contraponham à lógica da técnica pela técnica, do mercado e do consumo. Por isso, afirma Lefebvre (1970, p. 164-165): “O conceito de apropriação é um dos mais importantes que tem nos legado séculos de reflexão filosófica. A ação dos grupos humanos sobre o ambiente material e natural tem duas modalidades, dois atributos: a dominação e a apropriação. Eles deveriam seguir juntos, mas frequentemente se separam. A dominação sobre a natureza material, resultante de operações técnicas, devasta esta natureza permitindo que as sociedades lhe substituam os produtos. A apropriação não devasta, mas transforma a natureza – o corpo e a vida biológicos, o tempo e o espaço dados – em bens humanos. A apropriação é o objetivo, o sentido, a finalidade da vida social. Sem a apropriação, a dominação técnica sobre a natureza tende em direção ao irracional, ao crescimento sem limites. Sem apropriação, pode haver crescimento econômico e técnico, mas o desenvolvimento social, propriamente dito, permanece nulo”.

A dinâmica de dominação e apropriação na sociedade atual representa, assim, as próprias contradições inerentes ao modo de produção capitalista e seus mecanismos e estratégias de reprodução, que interferem enormemente na produção do espaço, num processo desigual e excludente, permeado de ideologias e mecanismos de alienação e manutenção do *status quo*, que se mantém em nível de cotidiano.

Nesse sentido, o GERAH ao realizar o exercício de uma assessoria técnica do habitat pretende mais que isso: escutar e considerar os sujeitos do processo, construindo coletivamente caminhos para a autonomia política e social nos assentamentos. Nessa caminhada, o vivido e concebido se entrelaçam constituindo uma relação de conflitos e, ao mesmo tempo, de possibilidades de concretização de uma apropriação criativa, como indicação de um exercício de cidadania e de emancipação política.

REFERÊNCIAS

Borges, Amadja Henrique (Coord.). 2013. *O verso do reverso na construção do habitat do campo: gênero participação e cidadania*. Relatório de programa extensão. Pró-reitoria de extensão. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Borges, Amadja Henrique. 2002. *MST: habitats em movimento: tipologias dos habitats dos assentamentos originários do MST nos estados de SP e RN*. SP, Tese de doutorado FAU/USP. 370 p.

Borges, Amadja Henrique. 2005. *Necessidades, expectativas e sonhos no desenho do possível: proposta metodológica de organização do espaço físico-territorial dos assentamentos do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra*. Projeto de Pesquisa. Pró-reitoria de pesquisa. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Brandão, Carlos R. (Org.). 1981. *Pesquisa participante*. 4. ed. São Paulo: Brasiliense.

Cerqueira, Maria Cândida Teixeira de. 2009. *A assistência técnica nos habitats do MST e o papel do arquiteto e urbanista*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – PPGAU/UFRN.

Cintra, Antônio Octávio e Haddad, Paulo R. (org.). 1977. *Dilemas do planejamento urbano e regional no Brasil*. São Paulo: Zahar.

Fourcaut, Annie; Voldman, Danièle. 2013. *Les crises du logement en Europe au XXe. siècle*. Paris: La Découverte (col. Le Mouvement Social, no. 245).

Freire, Paulo. 1997. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Girard, a.,Stoetzel, J., 1947, *Désirs des Français en matière d'habitation urbaine*, INED, Cahier 3, Paris, PUF, 114TERRIN, Jean-Jacques. 2011. *Le projet du projet: Concevoir la ville contemporaine*. Paris: Parenthèses.

Haumont, Nicole. 2001. *Les pavillonnaires: etudepsychologique d'un mode d'habitat*. 2a. ed., Paris: L'Hamarttan.

Lefebvre, Henri. 2001. *Du rural à l'urbain*. 3ª.ed., Paris: Anthropos.

Lefebvre, Henri. *Critique de la vie quotidienne*. 1a. e 2a. ed. (tomo I-1947/1958/1997, tomo II-1961-1997 e tomo III-1981-2014), Paris: L'ArcheÉditeur.

Lefebvre, Jean-Pierre. 2007. *Faut-il brûler les HLM?* Paris: L'Harmattan.

Leyval, David. 2009. *La banlieue, l'épreuve de l'utopie*. Paris: Publibook.

Medeiros, Cecília Marilaine Rego de. 2013. *Mutirão x organicidade: reflexões sobre os processos de construção coletiva dos habitats dos assentamentos rurais coordenados pelo MST no RN*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – PPGAU/UFRN.

Oliveira, Cinthia S. 2011. De. *Henri Lefebvre: possibilidades teórico-metodológicas para arquitetura e urbanismo*. Tese de doutorado PPGAU/UFRN.

Raymond, Henri. *Paroles d'habitants : une méthode d'analyse*. Paris, L'Harmarttan. 2001.

A cultura construtiva da Serra do Caparaó no Espírito Santo, Brasil: técnica tradicional e eco eficiência

Nelson Pôrto Ribeiro

Federal University of Espírito Santo, Department of Architecture and Urbanism, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

nelson.porto@pq.cnpq.br

Aline Vargas da Silveira

Federal Institute of Espírito Santo, Architecture and Urbanism Coordination, Colatina, Espírito Santo, Brasil.

aline.silveira@ifes.edu.br

ABSTRACT: Constructive culture methods of Serra do Caparaó in the western part of the State of Espírito Santo in the Southeast region of Brazil, stands out for presenting a blend of traditional technologies of German and Portuguese heritage adapted to the possibilities of the region, in particular as regards to constructive materials. These materials are extremely efficient to the point of view of low cost and possibility of reuse, and as a result, the outcome architecture is notable for showing its relatively simple construction's practices. In this respect, presenting this region through its vernacular heritage, formed by its traditional architecture integrated to the local landscape is a way of recognizing such an identity and cultural value, which emphasizes the beauty of this rural tradition. In addition it brings light to small local cultures that have often been obscured by a civilization which focuses on an overwhelming technological approach, that generally do not take into account that these practices are paramount in the quest for sustainability.

Keywords: rural architecture, vernacular and sustainability.

RESUMO: A cultura construtiva da Serra do Caparaó, no oeste do Estado do Espírito Santo, Brasil, destaca-se por apresentar tecnologias tradicionais da cultura alemã e portuguesa mescladas e adaptadas às possibilidades materiais da região, em especial aquelas referentes aos materiais de construção locais. Extremamente eficiente sobre o ponto de vista do baixo custo e da possibilidade de reuso, esta arquitetura destaca-se por práticas construtivas relativamente simples, mas que possibilitam um conforto ambiental adequado, integração e coerência paisagística com o entorno e reflete tradições culturais sólidas e enraizadas. Apresentar esta região através do seu patrimônio vernáculo, formado pela sua arquitetura tradicional e integrado à paisagem local é uma forma de reconhecer sua identidade e valor cultural buscando acentuar a beleza desta tradição rural, aceitando como importantes as pequenas culturas locais que foram muitas vezes obscurecidas por um mundo entorpecido por uma cultura tecnológica massacrante mas também procurando entender estas práticas como eventuais aliadas de uma busca pela sustentabilidade.

Palavras-chave: arquitetura rural, vernáculo e sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO.

A recusa da moderna tecnologia construtiva para a arquitetura vernácula em geral não diz respeito a um posicionamento de princípios contra o progresso e a indústria, mas sim a procura de um discurso sustentável baseados na economia de meios e na busca de soluções eco eficientes ainda que de baixa produtividade e que são, sobretudo, assentados em tradições culturais.

Observemos que a arquitetura vernácula transmite através das suas práticas uma tradição construtiva que não apenas é bela e assentada em uma memória coletiva, mas que também se

mostra geralmente mais adequada do que a moderna técnica da arquitetura convencional, para resolver problemas sócio habitacionais que se apresentam em regiões rurais e que poderiam ser enumerados da seguinte forma: não agressão ao meio ambiente de uma forma geral (os materiais vernáculos, na sua maior parte, não agredem o meio da mesma forma que a fabricação do cimento Portland, por exemplo); não agressão ao meio ambiente de uma forma específica (o entulho da construção vernácula é absorvido pelo meio sem traumas); custos menores no transporte e na aquisição de materiais já que trabalha com materiais locais; função social na utilização de uma mão de obra local; e maior eficiência no conforto ambiental por parte dos seus materiais quando comparados com os materiais convencionais de baixo custo (ou seja, os de preços compatíveis com os da arquitetura vernácula).

Se convirmos que além disso, de uma forma geral, a estética da arquitetura vernácula suplanta largamente a estética da arquitetura moderna de baixo-custo, podemos então acreditar que a arquitetura vernácula agrega valor à paisagem cultural e funciona portanto como um agente de incremento da economia local, em especial através do viés do turismo patrimonial.

Por fim, o problema da baixa produtividade que está presente nos processos da arquitetura vernácula parecem não tomar grande expressão no meio rural fortemente marcado por um baixo índice de ocupação do solo e por uma expressiva lentidão no tempo cultural, singularmente distinto daquele tempo urbano que reclama por modismos, mudanças e globalização.

2 O TERRITÓRIO

O território onde se encontram os municípios da Serra do Caparaó é marcado por um relevo acidentado, recortado entre morros, pedras, vales, córregos, cachoeiras, áreas de cultivo, pastagens e resquícios de Mata Atlântica. A altitude mínima registrada é no município de Irupi, com 640 m, enquanto a máxima é em Lúna, por conta do Pico Colossus com 2.849 m de altitude, mas a maior parte do território ocupado por estes 'municípios varia entre 640 e 1500 m de altitude. As características geográficas da região favoreceram o desenvolvimento do café arábica, popularmente conhecido como o 'café das montanhas' (Silveira, 2012).

A lavoura cafeeira, concentrada nas áreas de temperatura amena, predomina na paisagem, enquanto a Mata Atlântica aparece pontualmente, ainda que seja mantida por alguns proprietários na forma de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). À esta paisagem, somam-se as áreas de pastagem, preferencialmente nos fundos dos vales, e as plantações de eucalipto, que vem ganhando força diante da lavoura cafeeira. Nas vistas aéreas da região, a organização do cafezal chama a atenção, o plantio alinhado, seguindo as curvas de nível nas áreas mais íngremes, e recortados pelas estradas ou carreadores, parece um desenho.

Neste cenário se encontram os objetos de estudo desta pesquisa, as casas ou 'casarões', como são denominadas pelos habitantes da região. Estas edificações, construídas com os materiais locais, se integram a paisagem, revelando através das tipologias e técnicas utilizadas a história cultural do desenvolvimento local. Como menciona Angelstam (2003): "The landscape is the product of a series of historical processes, which have left tangible culture-historical elements in the form of settlements, roads, other infrastructures and land-use systems".

As casas começaram a ser construídas à medida que a lavoura cafeeira foi se desenvolvendo. Para a implantação do sítio os principais fatores levados em consideração foram a qualidade da terra e a disponibilidade de água. Uma terra fértil era essencial para o bom desenvolvimento das lavouras, desta forma, se fazia necessário também a derrubada das matas nativas para dar espaço às plantações.

A implantação do núcleo doméstico se dava em locais onde era possível uma boa visibilidade da propriedade, principalmente do entorno da casa, onde se situavam o terreiro para a secagem do café e as construções complementares (moinho, monjolo, paióis etc).



Figura 01. Casarão do Sr. Helio Gringa (Ibatiba) mostrando a cozinha aos fundos. Fonte: Silveira, 2012.

Em posição mais elevada em relação ao restante da propriedade as casas sede eram geralmente implantadas à meia encosta aproveitando o desnível do terreno para não fazer movimentações onerosas de terra, desta forma, acabam apresentando dois pavimentos na fachada frontal (área social da residência), enquanto a fachada dos fundos fica ao rés do chão (setor de serviços – ver Figura 01).

Nas proximidades da casa sede eram implantadas as construções complementares como os paióis, as tulhas, os engenhos, moinhos, e em alguns casos as ‘cozinhas suja’ (cozinha externa em anexo à residência, que normalmente era utilizada diurnamente), alambique, abrigos de animais, hortas e pomares. Juntos, estes elementos configuravam uma espécie de ‘habitat rural’ onde decorria a vida familiar. Elementos de grande importância para a conformação deste espaço eram os terreiros, utilizados para a secagem do café, nesta área a boa insolação é essencial para a sua implantação.

Hoje, a maior parte dos componentes que formavam o ‘habitat rural’ descrito anteriormente não existe mais. Há casos em que é possível encontrar vestígios de localização destes componentes, mas na maioria das propriedades percorridas só foi possível saber sobre eles através de relatos dos moradores entrevistados.

Com as transformações, as construções complementares que se mantiveram na maioria das propriedades foram os paióis e as tulhas. Já os moinhos e monjolos foram os primeiros a desaparecer, provavelmente devido à evolução tecnológica pois logo foram substituídos por máquinas elétricas de manuseio mais fácil e maior produtividade. Os engenhos de cana-de-açúcar também quase não são encontrados, senão em algumas poucas propriedades onde os donos optaram por mantê-los como forma de preservar a memória, pois eles não são mais utilizados. Os terreiros foram mantidos, pois ainda são utilizados para secagem do café. Mas, em praticamente todas as casas levantadas, eles são cimentados, o que é uma intervenção recente, pois o mais comum era o terreiro ser de terra batida, sem nenhum tipo de pavimentação.

Com relação à arquitetura, as análises verificaram a simplicidade formal destas construções, característica de arquiteturas tradicionais, e forte influência da arquitetura rural mineira, observada principalmente no tipo de implantação das casas sede em meia encosta, tido tradicionalmente como ‘partido mineiro’ pela historiografia. Através da análise de plantas foi possível compreender melhor o programa de necessidades destas residências, cuidadosamente pensado para atender as preocupações do homem do campo e não tão simples assim na sua intrincada rede de relações interpessoais e subjetivas. O estudo das edificações e sua forma de implantação, características arquitetônicas e técnicas construtivas foram essenciais para se compreender a realidade histórica em questão.

3 AS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

Os ‘casarões’ foram construídos entre o final do século XIX e meados do século XX, e apresentam características vernáculas. A cultura predominante na região do Caparaó no Espírito Santo é de origem portuguesa (mineiros e paulistas) mas no Alto Caparaó houveram imigrantes alemães que chegaram no início do século XX (Wikipedia.pt). Para a construção foram utilizados materiais encontrados na região, como a madeira, retirada das matas, e o barro, além de se valer das técnicas construtivas tradicionais, como a estrutura em madeira, o pau-a-pique e tijolos cerâmicos artesanais.

A estrutura de madeira é formada por esteios e baldrames, em uma espécie de gaiola. Nas casas mais antigas, do final do século XIX, é possível encontrar a vedação em pau-a-pique (tabique), mas, em grande parte das edificações predomina as alvenarias de tijolos cerâmicos artesanais, pois a técnica já era bem difundida na época em que foram construídas (final do século XIX e meados do XX). Ainda é possível encontrar o pau-a-pique nos anexos (ver Figura 02) em uma tecnologia muito similar ao que se constrói de forma geral em toda América Latina como constatou o Programa PROTERRA.

O piso, formado por um tabuado corrido, apoiado sobre uma sequência de barrotes de madeira, colocado em sentido contrário ao das tábuas. No pavimento residencial, a utilização de assoalho é unânime, quanto ao porão, verificou-se que o piso em terra batida era predominante, sendo encontrado algumas exceções.

A estrutura do telhado sempre é de madeira, armada em tesouras de forma simples. As coberturas de telhas de barro, do tipo capa e canal - a que os moradores mais antigos chamam de ‘telha combuca’ – e do tipo telhas de Marseilhe. Os beirais apresentam pequenas dimensões, até mesmo nas construções de pau-a-pique, e geralmente a estrutura de madeira do telhado fica aparente neste local.



Figura 02. Paiol pertencente ao Casarão do Sr. Claudio Moreno (Ibatiba) em pau-a-pique. Fonte: Silveira, 2012.

Sobre a construção das casas um fato interessante narrado por antigos proprietários é o de que algumas vezes a estrutura de madeira utilizada nestas construções eram reaproveitadas de outras edificações mais antigas, que existiam na propriedade da família. Nestes casos elas poderiam ter sido construídas em um local diferente, na mesma propriedade, ou em outra propriedade de algum outro membro da mesma família. Desta forma, se a edificação encontrada hoje tem uma determinada data de construção, pode-se dizer que a sua estrutura propriamente, pode ser mais antiga ainda.

Também foi observado que alguns casarões apresentaram diferentes etapas de construção, em parte porque a família crescia em parte porque ela se estabelecia. A parte mais antiga, construída no século XIX, geralmente possuía vedação em pau-a-pique. Posteriormente, em geral datado do início do século XX, observa-se uma ampliação na casa, mantendo a tradição construtiva com a estrutura de madeira mas a vedação sendo feita de tijolos burros. Há ainda

um terceiro momento, por volta da década de 1980, onde são inseridos os anexos, já em alvenaria e concreto armado com vedações em tijolos furados.

É interessante refletir sobre esse fato pois mostra a passagem da edificação pelo tempo, e a tentativa de adaptá-la às novas tecnologias que chegaram ao meio rural, mesmo que tardiamente. Por um lado verifica-se a necessidade de adaptação da infraestrutura doméstica, como as instalações hidráulicas e elétricas nas residências, por outro a necessidade de ampliação, por casos diversos.

A grande questão a ser discutida é como a técnica tradicional, mantida até meados do século XX foi rapidamente suplantada pelas novas tecnologias comumente usadas no meio urbano. Nos objetos de estudo desta pesquisa é possível fazer a leitura da passagem da edificação pelo tempo, mas durante o levantamento de campo foi possível observar que a maior parte das edificações construídas na segunda metade do século XX já adotaram estas novas tecnologias, perdendo em parte a identidade tradicional com o lugar.

Apresentar esta região através do seu patrimônio vernáculo, formado pela sua arquitetura tradicional e integrado à paisagem local é uma forma de reconhecer sua identidade e valor cultural buscando acentuar a beleza desta tradição rural, aceitando como importantes as pequenas culturas locais que foram muitas vezes obscurecidas por um mundo entorpecido por uma cultura tecnológica massacrante.

4 ADAPTABILIDADE E ADEQUAÇÃO DA ARQUITETURA AO MEIO

Já Ruskin preconizava no século XIX a ideia de que o patrimônio construído da humanidade deveria ser todo preservado em função dos enormes valores sociais (trabalho) e culturais (artísticos) contidos (Ruskin,2008). Nunca esta tese teve tanta validade quanto nos dias atuais quando constata-se o fato de que a construção civil sozinha concentra um gasto enorme dos recursos disponíveis do planeta - *“approximately 50 percent of all raw materials humans take from nature are for use in buildings”* (Avrami, 2011) – o que aponta para a necessidade, por motivos de sustentabilidade, da não destruição dentro do possível do patrimônio construído da humanidade e, conseqüentemente, da sua requalificação, reabilitação ou reciclagem. A arquitetura vernácula tem práticas que parecem atender a estas novas demandas e portanto não é demasiado revisitá-la com estes propósitos.

Uma arquitetura de caráter vernáculo tem aspectos de sustentabilidade muito fortes porque em geral ela se inscreve dentro dos seguintes parâmetros: trabalha com materiais de construção de origem local evitando determinados gastos relacionados ao transporte e seus insumos; trabalha com matéria prima pouco beneficiada e sempre beneficiada em processos artesanais de forma que o processo de industrialização com todas as eventuais conseqüências contrárias aos parâmetros da sustentabilidade, raramente está presente na arquitetura vernácula; consome materiais que foram beneficiados com pouca demanda energética, em especial no caso da pedra e da arquitetura de terra crua; trabalha majoritariamente com recursos renováveis e os recursos não renováveis envolvidos são em geral recicláveis, dessa forma a construção vernácula quando demolida não gera poluentes ou mesmo dejetos significativos; trabalha com mão de obra local e que propicia o cooperativismo agregando valor às pequenas comunidades e estreitando os laços culturais e solidários da sociedade na qual se insere e por último, utiliza-se em geral de materiais que quando extraídos do meio-ambiente não ameaçam a preservação nem a qualidade do ecossistema, o que é o caso das madeiras, pedras e argilas que são a base das práticas construtivas do Caparaó. Desta forma, esta arquitetura é não só sustentável no sentido tradicional como também num sentido mais amplo e social.

As fundações das construções do Caparaó quando não em estacas utilizam-se invariavelmente de pedra local, sendo que as rochas que afloram na região são os gnaisses e os *charnockitos* foliados (<http://www.icmbio.gov.br/>). Os gnaisses são pedras bastante úteis para a construção

civil com grande resistência à compressão, resistência ao desgaste, resistência ao fogo, mas com pouca trabalhabilidade, além disso, aderem mediocrementemente às argamassas de cal, motivo pelo qual eram usados principalmente nas fundações, pois se usados em paredes geram alvenarias espessas e inconvenientemente pesadas (Ribeiro, 2009). Estas pedras são deitadas na vala sem o uso de nenhum tipo de argamassa, mas aonde muitas vezes se verte por cima a ‘calda’, uma espécie de barro liquefeito que coopera com o assentamento das fundações a medida em que esta vai sendo carregada ao longo da construção e comprimida no fundo da vala: esta é uma prática antiga na nossa tradição luso-brasileira bastante identificada em diversas regiões do Brasil (Vasconcellos, 1979).

Sobre o ponto de vista das estruturas de madeira o abate de espécies nativas da mata Atlântica que no Caparaó encontra-se ainda vicejando por conta da inacessibilidade de áreas em altitudes grandes e médias, é largamente aceitável na escala rural e artesanal em que tem sido feito, pois certamente este abate é ainda absorvível pela autorregeneração da mata nativa. Além do mais, estas estruturas têm se mostrado ao longo do tempo excelentes para serem recicladas, como tradicionalmente tem se observado, sendo que algumas estão em uso há muitas dezenas de anos.

Na região do Caparaó “dentre as espécies que mais se destacam podemos citar as perobas, o cedro, as canelas, o araribá, o jatobá, embaúbas, e muitas outras” (<http://www.icmbio.gov.br/>). Em médias alturas encontramos ainda a canjerana, o adrago, contudo, algumas “espécies, outrora abundantes, tornaram-se hoje raras devido à intensa procura de madeira pelo mercado” (idem) motivo pelo qual não se recomenda a extração de algumas delas.

Entre estas madeiras uteis podemos citar a peroba, peroba-rosa ou guatambu (*Aspidosperma*) que é uma madeira pesada, dura ao corte, mas de boa trabalhabilidade, na construção civil é muito usada para vigas, esquadrias, estruturas de telhado, “no tempo das tábuas corridas seu uso consagrou-se em assoalhos de duas cores, pelo emprego alternado de peroba e canela-preta” (Gonzaga, 2006), nos testes do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – SP, feitos com um exemplar proveniente do Espírito Santo todos os limites de resistência encontrados foram considerados excelentes, com exceção da resistência ao fendilhamento que foi apenas regular (Gonzaga, 2006). O cedro (*Cedrella Fissilis*) que é uma das madeiras brasileiras mais fáceis de trabalhar e portanto de maior amplitude de uso sendo largamente empregada em marcenaria em geral, em móveis e esquadrias (portas e janelas) assim como em elementos de caráter artístico como os oratórios e apesar da larga trabalhabilidade apresentada, também é uma madeira resistente, pois o seu óleo essencial caracteriza-se por ser uma excelente proteção contra xilófagos, a casca também é utilizada na medicina popular (Brack, 2011). A canela-amarela (*Nectrandia Lanceolata*) muito utilizada na construção civil em forro, tábua corrida, ripas, tacos, móveis etc. Entre as madeiras estruturais temos também a canjerana (*Cabralea Canjerana*) que é uma excelente madeira que possui alta resistência ao apodrecimento e ao ataque de insetos e é utilizada na fabricação de móveis e na marcenaria e carpintaria em geral, o suco dos frutos desta árvore tem uma poderosa ação inseticida e dela aproveita-se a casca e as raízes na medicina popular local: como purgativo, febrífugo e adstringente (Brack, 2011). De todas essas madeiras a cultura regional parece aproveitar tudo, o cerne para as tábuas, o alburno e as cascas para fasquios, lenha e também para uso na medicina popular.

No Caparaó as paredes, estruturadas em madeira, tem os seus vãos vedados com pau-a-pique (taipa de mão ou tabique) ou com tijolos cerâmicos burros, assim como as coberturas foram feitas em telhas cerâmicas. Pelo que observamos ao longo de nossa pesquisa de campo ainda temos bastantes vestígios deste material cerâmico mais antigo de cunho artesanal - com certeza fabricado no próprio local dado à boa qualidade da argila do Caparaó - contudo não foram encontradas olarias artesanais entre as construções auxiliares dos casarões o que nos faz supor que estas caíram em desuso e as instalações de produção começaram a desaparecer a partir do momento em que o material cerâmico – tanto telhas quanto tijolos – passaram a serem

fabricados com melhor qualidade e a preços bastante compensadores pelas olarias industriais. Observamos também a prática do reuso com estes tijolos de enchimento: assim paredes notoriamente pertencentes a um período mais recente foram construídas com material artesanal fabricado há mais tempo, proveniente geralmente de demolições feitas no próprio local.

De uma forma geral o reuso é uma prática entranhada nos costumes desta arquitetura - em grande parte devido a uma falta contumaz de materiais - e parte significativa das instalações complementares que desapareceram (engenhos, paióis, tulhas etc) na verdade foram demolidas e tiveram o seu material reapropriado em ampliações e reformas feitas na casa principal (casarão). Essas informações foram obtidas com os proprietários na medida em que a nossa pesquisa de campo contemplou também entrevistas com os moradores, onde se constatou que a maior parte deles era descendente dos primeiros construtores e alteraram as suas casas ao longo do tempo, inserindo não apenas mais conforto (banheiros e cozinhas equipadas) mas também ampliando a parte íntima (número de quartos) para absorver as vezes, mais uma família na casa.

A mão de obra local parece ter dado conta de todos os problemas técnicos enfrentados, na verdade não foram encontrados exemplares desta arquitetura vernácula em que partes defeituosas originárias de má execução tivessem sido identificadas tais como fraturas nas alvenarias, flexão exagerada da cumeeira de telhados etc. e as poucas edificações em ruínas do local parecem ter chegado a este estado simplesmente por abandono e falta de manutenção. As vagas migratórias para o meio urbano, especialmente marcantes após a industrialização tardia do país podem ser responsabilizadas por esse esvaziamento literal da vida no campo, a juventude parece não se adaptar ao tempo mais lento que uma vida rural impõe e acaba migrando para as grandes cidades em procura de trabalho e estudo. Por outro lado condições próprias deste viver mais próximo à natureza parecem propiciar uma extensão de vida bastante saudável a esta população fazendo, por exemplo, que tivéssemos encontrado ainda dois ou três septuagenários ativos e requisitados na área da construção vernácula, especialistas em madeiras e barro.

É importante realçar que a arquitetura vernácula não é executada com mão de obra desqualificada, ao contrário até, taipeiros e marceneiros necessitam de experiência, uma experiência que não é acadêmica e que no período colonial era obtida através das corporações de ofícios (ao menos nos grandes centros) e que nos tempos atuais persistiu muitas vezes através de tradições familiares de pai para filho ou de mestre para aprendiz, infelizmente essa mão de obra qualificada, pelos problemas expostos acima, não tem sido repostada adequadamente pela entrada no mercado de jovens interessados na profissão o que nos leva a crer que em um futuro próximo teremos problemas de manutenção destas antigas estruturas, fazendo-se muitas vezes necessário refletir sobre a necessidade de um registro técnico das mesmas através de meios impressos e audiovisuais: é importante realçar que esses registros podem ser importantes quando da empreitada de oficinas escolas, prática que tem sido estimulada nos últimos anos pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) como forma de fomentar o retorno a técnicas tradicionais necessárias para a preservação do nosso patrimônio arquitetônico.

Embora as temperaturas médias anuais do Caparaó sejam em torno de 20º C temos variações climáticas substanciais, e noites enregelantes no inverno são sucedidas por dias escaldantes no verão. Uma construção em que seus materiais apresentem características isolantes e gere conforto climático é importante e a arquitetura de terra parece se adequar a estas necessidades. É sabido que a arquitetura de terra, empregada nas mais variadas culturas e nas mais variadas latitudes, propicia ambientes acolhedores e que pelas características dos seus materiais, quando bem executada, pode implicar em uma '*sensação de real conforto térmico*' (Dethier, 1993).

Algumas das questões mais importantes discutidas no campo do patrimônio hoje dizem respeito a questão da paisagem cultural, de acordo com Assunto (2013) a paisagem é a síntese formal, expressão da ambiência – tanto sobre sua vertente biológica quanto cultural – sobre o território. Esta definição é perfeita para definirmos a paisagem cultural da Serra do Caparaó, onde a cultura humana adequou-se ao meio ambiente extraíndo dele de forma sustentável os materiais necessários para a sua sobrevivência. A arquitetura local compartilha com o território e o ambiente as cores e a aparência: são as mesmas pedras, argilas e madeiras que são utilizadas nas distintas fábricas, algumas delas revestidas e caiadas, mas que usam os pigmentos locais, sejam as terras naturais do espectro dos ocres (óxidos de ferro que variam do amarelado ao marrom avermelhado) ou os negros de fumo (fuligem) mesclados ao branco das cales. Os pigmentos de origem vegetal são menos usados, apesar das belíssimas cores proporcionadas pelo urucum, o jenipapo, a folha de Macaé, a folha da beterraba, a folha da couve e outros, pelo fato de que estes pigmentos - ao contrário das terras naturais ou queimadas – apresentarem-se muito sensíveis à oxidação pela luz e desbotarem rapidamente sendo usados portanto apenas internamente (coloração de madeiras de oratórios e pinturas parietais decorativas à têmpera). Usando os conceitos de Assunto podemos afirmar que a arquitetura vernácula apresenta na sua tectônica uma síntese entre território e ambiência que a integra harmonicamente à paisagem de uma forma muito difícil de ser obtida pela arquitetura acadêmica, que se utiliza de materiais não locais e de tecnologias não tradicionais e globalizadas.

Por último, mas não menos importante, a arquitetura vernácula é sustentável também por sua faceta financeira. O apelo a uma arquitetura em que grande parte dos materiais são fornecidos gratuitamente pela natureza (madeiras, pedras e argilas) e na qual o principal custo é a mão de obra, possibilita uma autonomia em que raramente as pessoas são obrigadas a recorrerem a um sistema bancário onde mesmo programas tidos por populares como o microcrédito (no Brasil atual intitulado ‘Minha casa minha vida’) *‘cuja suposta excelência é tão apregoada pelas instituições financeiras’* podem também ser causadores, segundo David Harvey (2014), de *‘escravidão por dívidas’*. A autonomia financeira em relação ao sistema bancário mundial é indubitavelmente um aspecto a ser estimado por uma *‘nova sustentabilidade’*.

Mesmo a mão de obra desta arquitetura vernácula pode ter seus custos radicalmente diminuídos, pois o sistema de arquitetura de terra empregado no Caparaó possibilita a construção em mutirão ou em cooperativa, onde um técnico especializado dirige uma massa maior de colaboradores não especializados, prática essa que não apenas reduz os custos como também incrementa a solidariedade, a autonomia e os laços culturais da comunidade. Assim, o canteiro de obras em mutirão *‘forma’* ou ao menos ilustra uma quantidade de locais com um mínimo de conhecimentos técnicos que poderão posteriormente serem reutilizados em outros trabalhos comunitários ou mesmo em trabalhos individuais de manutenção de suas próprias residências.

5 CONCLUSÕES

Evidentemente as práticas da arquitetura vernácula não são a resposta que as questões da moderna sustentabilidade requerem, nem é possível pensar que práticas artesanais possam resolver problemas que se colocam em escala planetária. Por outro lado talvez seja interessante observar que a sustentabilidade do ambiente construído cada vez mais se torna uma busca que requer práticas inter-relacionadas, seja isso compreendido como uma ação entre disciplinas afins como a engenharia dos materiais, a biologia, a botânica, a arquitetura e o urbanismo mas também como uma prática de ações diferenciadas para casos distintos, e embora a preservação de alguns centros históricos possa ser questionada em termos de sustentabilidade, nos parece que quando se trata da arquitetura rural e do seu entorno, que a conservação da paisagem cultural - conceito relativamente novo no campo do patrimônio – é indiscutivelmente sustentável pois coloca na ordem do dia a preservação de campos e matas nativas assim como

impede a expansão urbana e a ocupação de terras produtivas. Por fim, gostaríamos de terminar mais uma vez citando Avrami (2011): “Consider sustainable management of the built environment as a large system of interrelating subsystems, of which heritage conservation is one”.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos as agências de fomento CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo) pelo apoio que têm sistematicamente concedido as nossas pesquisas. Agradecemos também a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio explícito para a participação neste evento.

Este artigo inscreve-se no contexto dos trabalhos da rede URBENERE – CYTED Programa Iberoamericano De Ciencia y Tecnologia para el desarrollo.

REFERÊNCIAS

Angelstam, Per et alii. 2003. Assessing village authenticity with satellite images: a method to identify intact cultural landscapes in Europe. In: *Ambio*. Vol. 32. Nº 8. Royal Swedish Academy of Sciences.

Assunto, R. 2013. Paisagem, ambiente, território: uma tentativa de clarificação conceptual. In: Serrão, A. V. *Filosofia da paisagem: uma antologia* (2ª Edição): 126-129. Lisboa: Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa.

Avrami, E. 2011. Sustainability and the built environment: forging a role for heritage conservation. In: *Conservation Perspectives*. Spring 2011. Los Angeles: The GCI Newsletter.

Brack, P. et alii. 2011. *Espécies arbóreas de uso estratégico para agricultura familiar*. (lista preliminar, inédito).

Dethier, J. 1986. *Arquitecturas de terra*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Gonzaga, A. L. 2006. *Madeira: uso e conservação*. Cadernos Técnicos 6. Brasília: Programa Monumenta.

Harvey, D. 2014. *Cidades rebeldes: do direito à cidade à revolução urbana*. São Paulo: Martins Fontes.

PROTERRA. 2003. *Técnicas Mixtas de Construcción com tierra*. CYTED.

Ribeiro, N. P. 2009. *Alvenarias e argamassas: restauração e conservação*. Rio de Janeiro: In-Fólio.

Ruskin, J. 2008. *A lâmpada da memória*. São Paulo: Ateliê Editorial.

Silveira, A. V. 2012. *Paisagem e Arquitetura Rural: o patrimônio do Caparaó Capixaba*. Dissertação de mestrado. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo.

Teixeira, G. de B. e B. M da C. 1998. *Diálogos de edificação: técnicas tradicionais de construção*. Porto: Centro Regional de Artes tradicionais.

Vasconcellos, S. 1979. *Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

Wikipedia. (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Brasil>).

<http://www.icmbio.gov.br/parnacaparao/natureza-local.html> (consultado em 03.12.14)

Lições Aprendidas com as Construções em Ambientes Remotos: Aplicação à Realidade Urbana

Carolina Simões Rocon

Faculdades Integradas Espírito-Santenses, Vitória, Espírito Santo, Brasil
carolinarocon@gmail.com

Ricardo Nacari Maioli

Faculdades Integradas Espírito-Santenses, Vitória, Espírito Santo, Brasil
ricardomaioli@gmail.com.br

Cristina Engel de Alvarez

Universidade federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
cristina.alvarez@ufes.br

ABSTRACT: The construction industry is one of the most wasteful industries in Brazil. As a consequence, new construction processes are constantly being developed aiming to improve its performance and reduce the environment impact. Through the identification of positive and negative case studies in remote sites where extreme weather, difficult access, and limited infrastructure are prevalent, the lessons learnt can be adopted to improve construction in urban sites. In this context, this study aims to reach a sustainable development for the construction industry by construction waste reduction and rationalised production which can be achieved through the use of best practices such as dedication to early stages of the project, multi-disciplinary team, and the use of pre-fabricated modules.

Keywords: construction process; remote sites; sustainable development.

RESUMO: O setor da construção civil é um dos maiores produtores de resíduos do Brasil. Em virtude disso, a busca por processos construtivos menos impactantes ao meio tem se intensificado a cada dia. Através da identificação dos pontos positivos e negativos das obras executadas em ambientes remotos - sujeitos às condições climáticas extremas, difícil acesso e falta de infraestrutura -, esse conhecimento pode ser adotado para aperfeiçoar as práticas construtivas em ambientes urbanos. Dessa forma, atua-se em busca do desenvolvimento sustentável da indústria da construção civil, visando a redução de desperdício e a racionalização das obras através da adoção de boas práticas de projeto, tais como minuciosa análise do local de projeto, dedicação à fase de planejamento, equipe multidisciplinar e uso de elementos pré fabricados.

Palavras-chave: processo construtivo; ambientes remotos; desenvolvimento sustentável.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um tema multidisciplinar, que envolve questões sociais, econômicas e ambientais. A política dos 3Rs consiste num conceito surgido em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, que enumera um conjunto de ações - reduzir, reutilizar e reciclar - a serem adotadas em favor da preservação do meio ambiente. Dentro dessa política, destaca-se a ação "reduzir", relacionada ao consumo consciente. Conforme Pádua (2000), a essência dos problemas ecológico-ambientais da sociedade contemporânea encontra-se no seu funcionamento cotidiano, e não em situações excepcionais e desastrosas. Portanto, o consumo consciente desde o processo produtivo até o consumidor final é uma das medidas para o sucesso das políticas de sustentabilidade.

Ao analisar a indústria da construção civil sob essa ótica destacam-se o elevado consumo de recursos e a grande quantidade de resíduos gerados no processo construtivo, além do desperdício de materiais, tempo e energia. Segundo Tessaro et al (2012), dentre os resíduos sólidos gerados na cidade brasileira por eles analisada, os resíduos de construção e demolição representam mais de 66%; e dentre esses, 88% correspondem a materiais reutilizáveis ou recicláveis. Keeler & Burke (2010) afirmam ainda que, em locais com infraestrutura adequada para recuperação e reciclagem de materiais de construção, a redução desses resíduos destinados aos aterros sanitários pode chegar a 90%.

Esse setor industrial deve buscar a redução do impacto ambiental de seus empreendimentos durante o seu processo construtivo e ao longo de sua vida útil. Degani & Cardoso (2002) consideram que o projeto é o ponto de partida do ciclo de vida de um edifício e apontam que as soluções minimizadoras do seu impacto ambiental devem surgir nessa etapa. De acordo com Ito (2007), um melhor processo de projeto, resulta numa melhor qualidade dos projetos e obras, reduzindo despesas com retrabalhos e desperdícios.

Na execução da obra, a sustentabilidade pode ser atingida através de ações estratégicas, como a compra responsável, gestão da qualidade, gestão de resíduos sólidos, redução no consumo de água, energia e transporte e redução das perdas de materiais (Gehlen 2008). De acordo com Agopyan et al (2003), o desperdício de materiais pode ocorrer no recebimento, na estocagem e no seu transporte no canteiro. Portanto, o layout do canteiro deve ser considerado como parte do planejamento da obra já que influencia os fluxos, o transporte de materiais e a sequência das atividades a serem realizadas. Além disso, os procedimentos adotados, bem como as ferramentas e equipamentos empregados para a aplicação do material podem acarretar perdas ou desperdícios.

As medidas sustentáveis não se restringem apenas ao consumo de materiais renováveis - retirados de seu meio natural devido à sua capacidade de renovação - ou reciclados - proveniente de materiais descartados em seu uso cotidiano ou sua origem, muitas vezes incorporados a outros gerando novos usos. Deve-se analisar também o ciclo de vida do material, avaliando durabilidade, custo de manutenção, índice de desperdício em obra e a sua capacidade em ser reciclado (Alvarez 2003). Através da comparação combinada desses itens é possível determinar qual material é o mais adequado para cada situação, que dependerá, dentre outros fatores, do ambiente onde será implantada a edificação e do orçamento disponível. A escolha dos materiais utilizados é influenciada pela disponibilidade de mão de obra capacitada para trabalhar com o produto, além da experiência que a empresa possui na utilização do material, usufruindo de um *know-how* sobre seu projeto e sua execução.

As lições aprendidas são oportunidades de economia de tempo e esforço para as organizações, através do conhecimento de seus fracassos, os quais devem ser neutralizados, e seus sucessos, os quais devem ser valorizados e reproduzidos (Vargas 2009). Segundo o PMBOK (2008), cada projeto dá origem a um produto exclusivo, no entanto podem existir elementos comuns a algumas de suas entregas. É possível, através do aprendizado com situações antecedentes, identificar e diagnosticar mais facilmente os desvios do projeto, e mitigá-los com antecedência. As lições aprendidas devem ser documentadas de forma adequada, de acordo com Vargas (2009), utilizando linguagem simples, com conteúdo sucinto, contextualizado, e claro, relevante. Caso contrário, as informações não serão aproveitadas e aplicadas.

Neste contexto, a análise de construções em ambientes remotos pode proporcionar uma oportunidade de aprendizagem para as construções urbanas, pois, em virtude das grandes distâncias, não dispõem das mesmas facilidades presentes nas cidades. Podem se apresentar como ambientes inóspitos, que oferecem condições que dificultam ou inviabilizam o surgimento ou a manutenção da vida, tais como características climáticas, inexistência ou pouca disponibilidade de água doce e falta de alimentos ou terras propícias para o seu cultivo. O

projeto para essas áreas tem condicionantes distintas daquelas encontradas em projetos urbanos. Nesses casos, os fatores de maior relevância são, geralmente, a condição de interesse ambiental da área, o clima extremo, a distância e a dificuldade no transporte de materiais.

Através da análise de edificações construídas em ambientes remotos, objetiva-se identificar os pontos positivos e negativos nas fases da construção do edifício, apresentando os aplicáveis à realidade urbana, a fim de desenvolver edificações de maior qualidade e desempenho para os usuários e com menos desperdício de tempo e de materiais para os construtores.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada para reunir as informações contidas nesse artigo parte da investigação qualitativa, identificando padrões encontrados nos dados coletados sobre as edificações em ambientes remotos. As informações provêm de fontes formais, especialmente teses e artigos científicos publicados, acessadas por meio de pesquisa bibliográfica.

Após a seleção das fontes, foi elaborado um texto base sobre o assunto, relacionando a sustentabilidade, com foco no consumo consciente, lições aprendidas e edificações em ambientes remotos, todos direcionados à construção civil. A seguir foram elaboradas sínteses sobre cada edificação remota analisada, com base nos estudos desenvolvidos por Alvarez entre os anos 2000 e 2001, além de destacados os aprendizados - erros e acertos - relativos ao planejamento e execução das edificações. A partir dessas informações foi possível enumerar as lições aprendidas nas experiências em construções remotas que são adotáveis no contexto urbano, como um guia de boas práticas a ser seguido pelos projetistas.

3 EDIFICAÇÕES EM AMBIENTES REMOTOS

Os processos projetuais para as áreas remotas são distintos dos desenvolvidos para edificações urbanas (Alvarez 2003). As leis e normas as quais devem ser respeitadas nas cidades, tais como os Planos Diretores, os Códigos de Obras e Normas de Incêndio, não são aplicáveis aos ambientes remotos estudados. Os projetos para essas áreas têm como condicionantes principais a condição climática extrema, a ausência de infraestrutura, a logística para execução da obra, a necessidade de fácil manutenção da edificação e a sustentabilidade, essencial por se tratar de locais de interesse ambiental, onde se busca causar o menor impacto possível.

As edificações em ambientes remotos têm como objetivo servir como apoio, na maioria das vezes, às atividades científicas, de fiscalização ou turísticas (Alvarez 2003). Como são edificações experimentais, funcionam como objeto de estudo e apresentam dados propícios a análise de lições aprendidas, as quais podem ser aplicadas à realidade urbana. Serão avaliadas edificações situadas em três diferentes localidades: Antártica, Atol das Rocas e Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Fig. 1).



Figura 01. À esquerda, Refúgio Emílio Goeldi, Antártica (Alvarez 2000); ao centro, Estação Científica do Atol das Rocas (Alvarez 2003); e à direita, Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Viana et al 2009).

3.1 Antártica

O continente Antártico apresenta condições climáticas extremas para a vida humana, combinando baixas temperaturas e fortes ventos. O interesse pelas investigações científicas,

entretanto, motivou a necessidade de construções mais adequadas a uma permanência efetiva na região.

A primeira instalação brasileira na Antártica foi inaugurada em 1984 e funcionava como abrigo permanente para pesquisadores. Em 2012 a Estação Comandante Ferraz foi atingida por um incêndio que destruiu as instalações (Alvarez et al 2013). Conforme Alvarez (2000), a Estação utilizava containers de aço corrugado como sistema construtivo, devido à facilidade de transporte até a região. Ao longo dos anos, a edificação sofreu expansões por meio da união de containers. A autora destaca como pontos negativos do projeto:

- local de implantação se mostrou inadequado, pois favorecia o acúmulo de neve especialmente durante o inverno;
- ampliações de acordo com novas necessidades e chefias, o que criou um conjunto caótico e sem integração com o ambiente;
- união dos containers, pois os corredores de ligação representavam fragilidade, apresentando rupturas;
- custo de manutenção dos containers, sujeitos à corrosão.

O alto custo de manutenção dos containers motivou o desenvolvimento de outra técnica construtiva, adotada para o refúgio Emilio Goeldi, construído em 1988 na Ilha do Elefante. A madeira foi escolhida como material construtivo devido às suas "propriedades térmicas, coerência ambiental e durabilidade" (Alvarez 2003), já que as condições climáticas da Antártica são inadequadas ao surgimento de fatores deteriorantes, como fungos, mofo e insetos.

Segundo Alvarez (2000), o sistema desenvolvido considerou a inexistência de energia e mão de obra especializada para a montagem, além da dificuldade de acesso por mar à área, com paredões rochosos de 50 metros de altura e rochas emersas, e destaca como pontos positivos do projeto:

- rápida execução, necessária para proteger a equipe das intempéries (montagem completa em apenas cinco dias);
- utilização de peças de encaixe, evitando ao máximo o uso de conexões metálicas, em função da corrosão;
- conforto da edificação, considerando aspectos visuais, psicológicos, acústicos, térmicos e lumínicos;
- reduzido impacto ambiental nas etapas de implantação, uso e manutenção;
- segurança estrutural.

Como pontos negativos, conforme Alvarez (2000), ressaltam-se:

- material combustível (madeira), aumentando o risco de incêndio;
- falhas de calafetação, verificada com a entrada de ar frio em algumas juntas de painéis, que funcionam como vedação da edificação;
- trepidação da edificação, devido aos fortes ventos.

A Estação Comandante Ferraz e o refúgio Emilio Goeldi apresentam como pontos positivos:

- análise das condicionantes locais, como aspectos climáticos, ambientais e históricos, possibilitando o desenvolvimento do projeto para uma região distinta da nossa realidade tropical;
- estudos sobre as soluções construtivas adotadas em instalações de outros países, o que representa a troca de conhecimentos e utilização de lições aprendidas;
- atendimento ao programa de necessidades e à legislação ambiental;
- consideração às dificuldades logísticas, como transportar e descarregar os materiais no continente, para especificar e dimensionar os mesmos;

- metodologia construtiva baseada em sistemas pré-fabricados, submetidos a testes de montagem e desmontagem no Brasil, já que não há infraestrutura para acertos ou suprimento de peças na Antártica;
- redução ou inexistência de entulho decorrente da construção no continente Antártico.

3.2 Atol das Rocas

O Atol das Rocas está localizado entre a costa do Rio Grande do Norte e o arquipélago de Fernando de Noronha. Constitui-se de duas ilhas que totalizam uma área emersa de apenas 7,5 km² morfologicamente plana, onde foi instituída a primeira Reserva Biológica do Brasil (Woelffel & Alvarez 2009).

Com a bem sucedida experiência na Antártica, surgiu o interesse em desenvolver a Estação Científica REBIO Rocas. Segundo Woelffel & Alvarez (2009), a primeira edificação foi concluída em 1993, sendo o projeto influenciado pelas condições climáticas extremas, dificuldade de transporte de materiais, ausência de infraestrutura e reduzido impacto ambiental. Em 2008 foi constatada a necessidade de ampliação da capacidade da edificação, e uma nova estação foi construída, seguindo as diretrizes projetuais da primeira, e utilizando-se dos dados contidos em avaliações pós-ocupação (APO) dessa estação e outras edificações em ambientes remotos.

De acordo com Woelffel & Alvarez (2009), a principal diferença entre as estações do Atol das Rocas relaciona-se com a etapa de montagem. Ao contrário da primeira, o cronograma da segunda estação sofreu atraso, em decorrência da não execução da pré montagem, o que tornou necessários muitos ajustes - sem as ferramentas adequadas - no local. Destaca-se a importância da realização da pré montagem, que identifica possíveis falhas ou dificuldades que poderiam ocorrer durante a montagem definitiva, em um local remoto, onde são solucionadas com maior dificuldade. Além disso, o treinamento da equipe e a numeração das peças auxiliam nos processos de desembarque, armazenamento e montagem (Alvarez 2003).

Woelffel & Alvarez (2009) destacam como pontos positivos dos projetos para o Atol das Rocas:

- atenção às solicitações e sugestões dos futuros usuários, bem como a preservação dos seus costumes, como a permanência em varandas e o uso de redes;
- soluções arquitetônicas para evitar o acesso à Estação dos animais nocivos à saúde (ratos e escorpiões) - construção do refúgio sobre pilotis revestidos em PVC e telas nas aberturas;
- sistema construtivo pré-fabricado em madeira, com peças moduladas de forma a permitir o transporte no bote inflável, único meio de ligação navio-ilha;
- estrutura em madeira utilizando sistema de encaixes, para facilitar o desmonte e remonte, com a perda mínima de material. Dessa forma também se eliminou a necessidade de elementos metálicos para as ligações, sujeitos à corrosão pela maresia;
- conforto térmico da edificação, devido a sua correta orientação e posicionamento de aberturas conforme os ventos predominantes e posição solar;
- proteção contra a possibilidade da edificação ser atingida pela maré, através da sua elevação sobre pilotis;
- minimização de entulhos provenientes da construção, por ser um sistema pré-fabricado;

3.3 Arquipélago de São Pedro e São Paulo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo está localizado sobre uma falha tectônica a cerca de 1100 km do litoral do estado do Rio Grande do Norte (Viana et al 2009). É considerado o local mais inóspito do território brasileiro para a vida humana, pois além da distância do continente, não há água doce ou vegetação de sombreamento, o calor é intenso, há ocorrência de terremotos, o terreno não apresenta áreas planas e é coberto por rochas pontiagudas, o mar é constantemente agitado, não há praias para desembarque e a área é ocupada por aves, caranguejos e tubarões (Alvarez 2003).

De acordo com Alvarez (2003), o interesse em ocupar o Arquipélago partiu do objetivo de obter conhecimentos científicos, vantagens econômicas com a exploração de seus recursos marinhos, e garantir um território estrategicamente posicionado. A sua localização, praticamente no ponto intermediário entre os hemisférios norte e sul, e entre os continentes americano e africano, coloca o lugar nas rotas migratórias de aves e animais marinhos, além de ser uma posição relevante para estudos na área da meteorologia (Viana et al 2009).

A primeira Estação Científica foi inaugurada em 1998, e seu projeto considerou as limitações para transporte de materiais, a escassez de recursos financeiros, o tempo disponível para execução, o baixo impacto ambiental, a integração à paisagem e o uso de materiais e soluções sustentáveis (Alvarez 2001). Segundo Gumz et al (2007), em 2006 fortes ondas atingiram a edificação e comprometeram a estrutura, fazendo necessária a substituição da Estação.

Essa edificação foi submetida a APO desde 1998, sendo possível analisar o seu desempenho e registrar a experiência acumulada, documentada em fotografias, relatórios, questionários, entrevistas aos usuários e responsáveis pela manutenção e medições higrotérmicas (Alvarez 2001). Essas informações foram utilizadas para desenvolver o projeto da segunda Estação, de forma a evitar a repetição de erros ou o não aproveitamento das experiências bem sucedidas.

A principal alteração entre os projetos da primeira e segunda Estações visa proporcionar maior segurança aos usuários com relação à incidência de fortes ondas na edificação. Buscou-se um local mais abrigado para implantação, e as fundações em discos pré fabricados de concreto foram substituídas por pilaretes, elevando a edificação (Gumz et al 2007).

De acordo com Gumz et al (2007), as Estações construídas no arquipélago compartilham as seguintes características:

- projetos elaborados considerando a dificuldade logística;
- equipe multidisciplinar e com experiência em projetos semelhantes;
- debates para a elaboração e avaliação dos projetos com os futuros usuários;
- previsão de manutenção da edificação desde a etapa de projeto;
- ações de melhoria e registro da experiência acumulada;
- técnica construtiva em peças pré fabricadas de madeira associadas à vergalhões de aço, adequada ao clima, às dificuldades logísticas e resistente aos frequentes abalos sísmicos;
- tipologia semelhante a uma casa, mais conveniente para situações de isolamento, pois traz maior conforto aos usuários;
- captação de energia através de placas fotovoltaicas;
- uso da água do mar dessalinizada por osmose reversa;
- layout e mobiliário desenvolvido para melhor aproveitamento de espaço.

4 Panorama Geral das Edificações em ambientes remotos

O projeto e a execução de construções em ambientes remotos apresentam condicionantes semelhantes, tais como a dificuldade logística e ausência de infraestrutura. Através da investigação das edificações analisadas, é possível destacar as situações comuns aos projetos.

4.1 Planejamento

Destaca-se o tempo utilizado para o projeto e planejamento, em detrimento do tempo de execução da obra. Na primeira Estação do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, por exemplo, foram estimados para tempo de projeto, cerca de um ano; para a aquisição, preparo, teste e transporte do material, cerca de oito meses; e finalmente para a execução da Estação na Ilha Belmonte, 15 dias, sendo concluída, entretanto, em apenas 12 dias.

A realidade urbana é contrária a essa prática. Há, geralmente, uma pressão para que a execução da obra inicie. Evbuomwan & Anumba (1998) já constatavam que dessa forma, é reduzido o

tempo disponível para projetar e avaliar as soluções adotadas, e a compatibilização do projeto é prejudicada devido a fragmentação das disciplinas envolvidas. De acordo com Fabricio (2002), a incompatibilidade entre os projetos gera modificações não previstas, implicando em erros de execução, retrabalho, perdas - de tempo e recursos - e o desperdício nas obras. Essa situação afasta a indústria da construção civil de uma política sustentável.

4.2 Sistema construtivo pré-fabricado

Em função da inexistência de infraestrutura e matéria prima adequada para construção nos ambientes remotos, os projetos estabeleceram um sistema construtivo pré-fabricado, o qual é previamente montado no continente, já que todos os materiais e equipamentos necessários para devem ser enviados. Essa característica demanda maior empenho na fase de projeto e reduz o tempo de execução e o entulho gerado na obra. A fase de teste de montagem é essencial para o sucesso da execução, pois nela são verificadas todas as peças necessárias e a ordem de execução, sendo o material embalado e numerado para facilitar o descarregamento e armazenagem nos ambientes remotos.

A industrialização do processo produtivo da construção civil o torna mais racionalizado e facilita o controle de qualidade, além de reduzir os gastos com mão de obra, o tempo de execução e resíduos gerados no canteiro (Branco 2008). Apesar das suas vantagens, o uso de pré-fabricados no Brasil ainda se concentra nas construções industriais, possuindo potencial de crescimento para edificações comerciais e residenciais.

4.3 Interferência mínima possível no ambiente natural

A implantação da edificação numa área de interesse ambiental busca minimizar o seu impacto na paisagem, através da escolha do local mais conveniente, evitando, por exemplo, espaços onde seja necessária a movimentação de terra, e dando preferência a áreas já desmatadas ou modificadas pelo homem. Essa preocupação é pertinente no processo construtivo, visto que uma das premissas da construção sustentável é justamente impactar o mínimo possível o meio ambiente (Keeler & Burke 2010).

4.4 Expressiva análise do ambiente para projetar

O desconhecimento do ambiente para o qual o projeto estimula a pesquisa, o levantamento em campo, as conversas ou entrevistas com atuais visitantes e futuros usuários, todos os meios de se obter informações acerca daquela realidade. A investigação sobre o ambiente para o qual se projeto é relevante para as decisões de projetos a serem tomadas.

No contexto urbano, assume-se previamente o conhecimento daquele objeto de pesquisa, investigando o mínimo de suas particularidades, o que pode gerar falhas nas características identificadas e um projeto inconsistente, inadequado à sua localização. A influência de projetos elaborados para ambientes com realidades distintas, seja com relação ao clima ou segurança, por exemplo, também influenciam decisões erradas ao projetar.

4.5 Lições Aprendidas

O registro das experiências até então acumuladas propicia a minimização de erros e reprodução de acertos de projeto. Contribui profundamente no aprimoramento do processo de planejamento e objetiva a otimização dos resultados através de avaliações constantes. A aplicação das lições aprendidas para a melhoria contínua é fator essencial para a sobrevivência de uma empresa no competitivo mercado atual.

Um dos métodos utilizado para identificar o desempenho das edificações é a avaliação pós-ocupação - APO. Segundo Castro et al (2006), através dessa ferramenta o projetista é capaz de compreender as necessidades dos usuários - as quais não são estáticas - e incorporar esses

conhecimentos, baseados no comportamento humano, na retroalimentação de informações. Além de verificar o grau de satisfação do usuário final no uso do espaço, esse tipo de avaliação considera também fatores técnicos e análises de especialistas relacionados principalmente a aspectos construtivos e de conforto ambiental do edifício (Martha & Salgado 2008).

4.6 Utilização de madeira como principal material

À exceção da Estação Ferraz na Antártica, que utiliza containers, as demais edificações estudadas utilizam como principal material construtivo a madeira. A principal justificativa é o fato de, quando comparado a outros materiais, a madeira apresentar a maior resistência em relação ao seu peso próprio (Bodig & Jayne 1982 *apud* Alvarez 2003), fator relevante quando se considera a dificuldade de transporte até o local de execução. Além disso, o material adapta-se bem aos climas quente e frio, proporcionando conforto térmico aos usuários. Isso ocorre pois a madeira apresenta baixa condutividade térmica quando comparado a materiais como metais, tijolos cerâmicos, concreto e pedras, havendo, portanto, menor troca de calor em um mesmo período entre os ambientes interno e externo (Lamberts et al 2014).

De acordo com Meirelles et al (2012), as construções em madeira no Brasil são consideradas de baixa qualidade e durabilidade, em função, especialmente, da cultura local. Deve-se considerar também a forte tradição de construções em concreto armado e alvenaria, o que dificulta a inserção das edificações de múltiplos pavimentos em madeira no mercado, vistas como frágeis e pouco resistentes às intempéries e ao fogo.

Meirelles et al (2012) destaca que desde a definição da Agenda 21, na conferência internacional Rio 92, foi apontado o uso da madeira na construção civil como uma das premissas para o desenvolvimento sustentável. O material é natural, tem fonte de matéria-prima renovável, gasta a menor energia embutida para a sua produção e apresenta baixo peso específico, quando comparada ao aço e concreto. A produção das peças pré fabricadas é realizada com maior precisão de medidas e reduz a quantidade de resíduos gerados no canteiro. Além disso, diminui o tempo de execução e as peças podem ser desmontadas e reutilizadas, ampliando a característica sustentável do material.

4.7 Equipe multidisciplinar

Os projetos analisados envolvem uma equipe de formação multidisciplinar, com conhecimentos sólidos sobre assuntos específicos, que combinados, são capazes de gerar produtos mais eficientes, do ponto de vista sustentável, ambiental, econômico e da sua qualidade. Essa equipe envolve os projetistas de diferentes áreas, os responsáveis pela execução e também os usuários das edificações na confecção do projeto.

A crescente complexidade dos projetos contemporâneos, segundo Fabricio (2002), demanda conhecimentos mais específicos por parte dos projetistas, os quais devem trabalhar de maneira integrada. Esse autor ainda ressalta que, para controlar o fluxo de informações entre a equipe multidisciplinar é fundamental a existência de um coordenador de projetos e destaca também a importância de se criar equipes mais perenes, de forma que a sua integração e interatividade melhorem continuamente. De acordo com Castro et al (2006), a incompatibilidade entre os diferentes projetos decorrem de falhas na troca de informações durante o desenvolvimento dos mesmos. Assim, o trabalho coordenado entre as equipes de diferentes especialidades gera um projeto de qualidade e bem compatibilizado, essencial para a redução de erros de projeto encontrados *in loco*, que geram retrabalho e desperdício.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o mercado cada vez mais competitivo, a indústria da construção civil deve direcionar suas ações para a redução de custos, atentando especialmente para a organização do processo e diminuição do desperdício de recursos.

Através do estudo de construções concebidas para ambientes remotos, são identificados como principais benefícios a serem adotados na prática de projetos urbana a equipe multidisciplinar, o registro e uso de lições aprendidas e o melhor planejamento dos empreendimentos.

O emprego de uma equipe multidisciplinar, como no projeto para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com alto nível de conhecimento e experiência técnica, além de conhecimento específico sobre a área a se projetar é capaz de produzir um projeto de qualidade. Estando essa equipe sob uma coordenação eficaz, é possível desenvolver um projeto bem compatibilizado. Com um projeto bem detalhado e ajustado as improvisações, perdas de material e emprego de mão de obra devido ao retrabalho são reduzidas, bem como a perda de prazos e desperdício de recursos financeiros. Dessa forma é possível contribuir para a política sustentável e a racionalização dos recursos utilizados na execução de um empreendimento.

Assim, embora o canteiro de obras tenha papel importante para o desenvolvimento sustentável da indústria da construção civil, esse pensamento deve estar enraizado no processo de desenvolvimento projetual. Além da racionalização dos processos de construção e a adoção de novas tecnologias e medidas sustentáveis, o gerenciamento dos projetos - que envolve sua gestão, desenvolvimento, coordenação, avaliação e retroalimentação - se mostra como uma prática essencial para otimizar o processo produtivo e reduzir sua ineficiência. Deve-se avaliar também uma mudança de mentalidade quanto ao tempo e aos esforços empreendidos na fase de projetos, em relação ao tempo de execução dos empreendimentos. O projeto de qualidade é capaz de reduzir o desperdício na fase de execução, dado seu nível de compatibilização e detalhamento.

REFERÊNCIAS

Agopyan, V.; Souza, U. E. L. de; Paliari, J. C.; Andrade, A. C. 2003. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra. In *Inovação, gestão da qualidade e produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional* 2: 224-249.

Alvarez, C. E. 2003. Metodologia para construção em áreas de difícil acesso e de interesse ambiental: aplicabilidade na Antártica e nas ilhas oceânicas brasileiras. 2003. Tese - Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. 2001. A Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Trabalho Programado V - Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. 2000. Arquitetura na Antártica. Trabalho Programado I - Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Alvarez, C. E.; Vargas, P. S. P.; Vidigal, E. J. 2013. As novas edificações brasileiras na Antártica: do concurso de projeto ao estágio atual. XXIV Reunion de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos: La Serena.

Branco, L. A. M. V. 2008. Projecto de edifício de escritórios em estrutura pré-fabricada. Tese - Mestrado Integrado em Engenharia Civil - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Castro, I.; Rheingantz, P.; Azevedo, G. 2006. A contribuição da análise ergonômica do trabalho e da avaliação pós-ocupação no processo de concepção do ambiente escolar: estudo de caso de uma creche-escola. In *NUTAU - Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano*. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Degani, C. M. & Cardoso, F. F. 2002. A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico. In *NUTAU - Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano*. Núcleo de Pesquisa em

Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Evbuomwan, N. F. O. & Anumba, C. J. 1998. An integrated framework for concurrent life-cycle design and construction. In *Advances in Engineering Software* 29: 587–597.

Fabricio, M. M. 2002. Projeto Simultâneo na construção de edifícios. Tese - Departamento de Engenharia - Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo.

Gehlen, J. 2008. Construção da sustentabilidade em canteiro de obras - Um estudo no DF. Tese - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília.

Gumz, E. M.; Alvarez, C. E.; Casagrande, B. 2007. A nova estação científica do arquipélago de São Pedro e São Paulo: a interferência do ambiente desde a implantação ao projeto executivo. In *IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, Campo Grande.

Ito, A. L. Y. 2007. Gestão da informação no processo de projeto de arquitetura: estudo de caso. Dissertação - Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba

Keeler, M. & BURKE, B. 2010. *Fundamentos de projetos de edificações sustentáveis*. Porto Alegre: Bookman.

Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R. 2014. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo: PW Editores.

Martha, J. D. F. V. & Salgado, M. S. 2008. Contribuições da análise ergonômica do trabalho (AET) e da avaliação pós-ocupação (APO) na qualidade do processo de projeto: um caminho e uma discussão. In *XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, Fortaleza.

Meirelles, C. R. M.; Alípio, A. P. R.; Bizinha, G. M.; Collet E Silva, T. A.; Sant'anna, S. S. 2012. Sustentabilidade e ciclo de vida na produção dos edifícios em madeira no Brasil. In *1º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis - IMED*, Passo Fundo.

Pádua, J. A. 2005. Produção, consumo e sustentabilidade: o Brasil e o contexto planetário. In *Políticas Públicas Ambientais Latino-americanas*. 1ed.

Pmbok. 2008. *Um Guia do Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.

Tessaro, A.B. & SÁ, J. S. & SCREMIN, L. B. 2012. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. Porto Alegre: Ambiente Construído v.12.

Vargas, R. V. 2009. 5" PM Podcast: *Lições Aprendidas*. Disponível em: <<http://www.ricardo-vargas.com/pt/podcasts/lessonslearned/>>. Acesso em 10 ago. 2014.

Viana, D. L. & Hazin, F. H. V. & Souza, M. A. C. 2009. *O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica*. Brasília: SECIRM.

Woelffel, A. B. & Alvarez, C. E. 2009. A nova Estação Científica da Reserva Biológica do Atol das Rocas: a adoção de um sistema construtivo tradicional em madeira pré-fabricada aplicada nas condições ambientais e logísticas de um atol. V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis: Recife.

Sobre a provisão e a produção de habitações em assentamentos rurais: o caso do projeto Inovarural (Itapeva/SP)

Rodolfo José Viana Sertori

Universidade de São Paulo (USP), Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU), Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade (HABIS), São Carlos, São Paulo, Brasil

r046271@gmail.com

Akemi Ino

Universidade de São Paulo (USP), Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU), HABIS, São Carlos, São Paulo, Brasil

inoakemi@sc.usp.br

ABSTRACT: This article is the result of a research conducted from 2009 to 2012, by the Graduation Program in Architecture and Urbanism at IAU USP / São Carlos. This is an analysis of technical assistance strategies for the Inovarural project conducted in rural settlement Pirituba II. We will hereby highlight and discuss the strategies, which articulated the housing production and professional training involving not only the advisors, but also the researchers and the beneficiary families as well. Considering that at that time in Brazil there was not a specific policy for the provision and housing production in rural areas, this paper analyzes both the successes and difficulties that arose in the process of production of 42 dwellings in the project. From these experiment results, some challenges have also been presented to the current Brazilian program of rural housing. Thus, we seek to contribute with directions to a more extended and appropriate housing policy to different demands of the Brazilian peasantry.

Keywords: Inovarural, rural settlements, technical assistance, rural housing policy.

RESUMO: Este artigo é decorrente de uma pesquisa de mestrado, realizada entre 2009 e 2012, junto ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da USP/São Carlos. Trata-se de uma análise sobre as estratégias de assessoria técnica para o projeto Inovarural, realizado no assentamento rural Pirituba II. Iremos destacar e debater essas estratégias, que articularam a produção habitacional com a formação profissional, tanto dos assessores e pesquisadores envolvidos, quanto das famílias contempladas. Considerando-se que, à época, não havia no Brasil uma política específica para atender a demanda habitacional em áreas rurais, este trabalho analisa os êxitos e as dificuldades que surgiram no processo de produção das 42 moradias do projeto. A partir dos resultados desta experiência, são apresentados também alguns desafios colocados para o atual programa brasileiro de habitação rural. Assim, busca-se contribuir com diretrizes para uma política habitacional mais abrangente e adequada às diferentes especificidades do campesinato brasileiro.

Palavras-chave: Inovarural, assentamentos rurais, assessoria técnica, política de habitação rural.

1 APRESENTAÇÃO

Este artigo pretende apresentar uma reflexão crítica e atualizada sobre os resultados de uma pesquisa de mestrado, realizada no período de 2009 a 2012, junto ao Programa de Pós-Graduação do atual Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU/USP), Campus de São Carlos. Inserido no debate sobre a questão habitacional nos assentamentos de reforma agrária do Brasil, o trabalho analisou, por meio de um estudo de caso post-facto, as estratégias adotadas pelo Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade (HABIS) para assessorar a construção de 42 casas no assentamento Pirituba II, localizado na região sudoeste do estado de São Paulo. Denominado Inovarural, o projeto em questão teve

início em outubro de 2002 e foi finalizado em fevereiro de 2007. Neste período, que marca a primeira gestão do ex-presidente Luís Inácio Lula da Silva, bem como o início de seu segundo mandato, não havia no Brasil uma política nacional de habitação que pudesse assegurar, em sua totalidade, o direito à habitação para o campesinato brasileiro, bem como para os povos das águas e das florestas do país.

Apesar de se configurar enquanto um tema recente, não apenas no universo acadêmico, mas também no âmbito das políticas sociais, o problema da habitação nas áreas rurais do Brasil é histórico e tem suas raízes na questão agrária brasileira. A manutenção de uma estrutura fundiária atrasada, baseada no latifúndio e na grilagem de terras, é o núcleo das dificuldades para que o país possa se modernizar e se democratizar (Martins, 1994). A inviolabilidade da propriedade privada das terras rurais, que faz persistir o passado por trás das aparências ideológicas do moderno, tem contribuído com a territorialização do poder de monopólio, visando à reprodução ampliada do capital e à captação exponencial da renda fundiária agrícola.

Os conflitos fundiários, fenômenos sociais que dão significado e sentido para o que se entende por democratização do acesso à terra e por cidadania, têm sido tratados como problemas residuais, que serão resolvidos com o progresso e o desenvolvimento urbano inevitáveis (Martins, 2010). A reforma agrária, por sua vez, inicialmente considerada pelos movimentos do campo como instrumento fundamental para corrigir as inúmeras desigualdades no que diz respeito ao direito de milhões de brasileiros à terra e ao habitat, tem sido historicamente esvaziada de conteúdo político e rebaixada a um programa de assentamentos, submetendo milhares de famílias a condições precárias de vida, moradia e trabalho.

A questão da habitação nas áreas rurais, que também não escapa às contradições entre capital, terra e trabalho, tem sido tratada, no âmbito das políticas públicas, como um problema de segunda ordem. Além das restrições orçamentárias, os programas habitacionais desconsideram: i) a indissociabilidade entre casa e entorno – uma vez que o lugar da habitação é o mesmo lugar da produção –; ii) as especificidades das etapas de projeto e produção habitacional; iii) a garantia de assessoria técnica qualificada; iv) e a diversidade de soluções técnicas, construtivas e arquitetônicas, adequadas às realidades das famílias rurais.

Diante deste contexto, o Inovarural pode ser considerado como um projeto bastante significativo, tanto no aspecto científico, quanto nas esferas política, técnica e social. Além de aproximar pesquisadores e estudantes a uma realidade pouco explorada pela área da arquitetura, do urbanismo e da construção, o projeto se destaca pelas estratégias de pesquisa-ação adotadas e por seus resultados. Por meio de tais estratégias, elaboradas pelo HABIS, em conjunto com a USINA – Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado, foi possível contornar algumas deficiências do programa habitacional acessado na época, bem como desenvolver e analisar, de forma articulada, inovações nos processos de projeto e produção da habitação.

O presente artigo, portanto, está organizado em três partes. Na primeira, é apresentado, de forma bastante resumida, um histórico dos programas de habitação rural implementados no Brasil, desde o início dos anos 2000 até o período atual. Adiante, o texto segue com a descrição e análise das estratégias de pesquisa-ação adotadas para o desenvolvimento do Inovarural, desde a etapa de elaboração dos projetos arquitetônicos até o processo construtivo. Por fim, são expostas algumas considerações finais.

1.1 Breve histórico dos programas de habitação rural no Brasil – 2000 a 2014

Precisamente, foi a partir de dezembro de 2000, durante a metade do segundo mandato de Fernando Henrique Cardoso (FHC), antecessor do ex-presidente Lula, que o governo federal passou a incluir os camponeses da reforma agrária em seus programas habitacionais urbanos. Por meio de um convênio entre a Caixa Econômica Federal (CEF) e o Instituto Nacional de Cidadania e Reforma Agrária (INCRA), foram construídas 62.310 unidades, em assentamentos

rurais de todas as regiões do país, junto ao Programa Carta de Crédito – Operações Coletivas, com recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS).

Em 2003, já na primeira gestão do governo Lula, o Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social (PSH), lançado por meio da Medida Provisória Nº 2.212/2001, durante o final do governo de FHC, foi reformulado. Com o PSH-Rural, 9.410 famílias de Agricultores Familiares (AF) foram contempladas no período de 2002 a 2005, com recursos do FGTS e do Orçamento Geral da União (OGU), conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Programas habitacionais para o meio rural no Brasil, a partir dos anos 2000. Fonte: (Graziano da Silva, 2014).

Ano	Programa	Região	Valor	Reursos	Beneficiários	Nº de UH
2000	CC FGTS/Op. Coletivas	Centro Oeste e Nordeste	Até R\$ 2,5 mil	R\$ 2,5 mil (FGTS)	Assentados da reforma agrária	62.310
2001		Sul e Sudeste				
2002	PSH Rural (Projeto Piloto)	Rio Grande do Sul	R\$ 7,5 mil	R\$ 4,5 mil (OGU) + R\$ 3 mil (FGTS)	AF com renda até R\$ 240,00	1.988
2002 a 2005	PSH Rural	Todo o país			AF com renda até R\$ 740,00	7.422
2004	CC FGTS/Op. Parcerias	Todo o país	R\$ 7 mil	R\$ 4,5 mil (OGU) + R\$ 2,5 mil (FGTS)	AF com renda até R\$ 1,2 mil	43.715

Ainda em 2003, mesmo ano de criação do Ministério das Cidades, o governo federal lança a primeira versão do Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), reunindo o Programa Carta de Crédito e o PSH-Rural. Em 2004, o Programa Crédito Solidário, operacionalizado com recursos do Fundo de Desenvolvimento Social (FDS), também passou a integrar o PNHR, conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 2. Modalidades de contratos do PNHR no período de 2003 a 2009. Fonte: (Graziano da Silva, 2014 apud Rover & Munarini, 2010).

Modalidade	PSH	CC – FGTS/Op. Coletivas	CC – FGTS/Op. Parcerias	Crédito Solidário
	Leilão Subsidiado	Fundo Perdido	Financiamento	Financiamento
Recursos	De R\$ 2 mil a R\$ 4,5 mil/Família	R\$ 5.907/ Família	R\$ 3 mil (subsidiado)	R\$ 10 mil (construção) e R\$ 7,5 mil (reforma)
Público Alvo	AF com renda até R\$ 465,00	AF com renda até 1 Salário Mínimo	AF com renda entre R\$ 930 e R\$ 1,5 mil	AF com renda até 3 Salários Mínimos
Fonte de Recursos	Banco Central do Brasil	FGTS	FGTS	FDS

De acordo com Graziano da Silva (2014) apud Rover & Munarini (2010), no período de 2003 a 2006 foram assinados mais de 17 mil contratos no âmbito do PNHR e investidos mais de R\$ 140 milhões. Porém, mais de 63% das famílias inscritas no programa não foram contempladas. Antes do PNHR, contudo, as famílias assentadas, em específico, recorriam ao Crédito Instalação, do INCRA, para ‘resolverem’ a falta de moradias nos assentamentos. Lançado em 1985, o Crédito Instalação tinha o objetivo de auxiliar as famílias dos assentamentos rurais na construção de suas casas, a partir de duas modalidades de subsídio: a) aquisição de materiais de construção, destinada à produção de novas moradias, e b) recuperação/materiais de construção, destinada à ampliação ou reforma da moradia existente.

Com um subsídio inicial de R\$ 2.500,00 para a construção de casas novas, o Crédito Instalação aumentou o valor para R\$ 15.000,00 em 2009, chegando ao limite de R\$ 25.000,00, para a mesma modalidade, em 2012. Segundo dados do INCRA (2014), de 2009 a 2014 o Crédito Instalação subsidiou a construção de 77.667 casas em assentamentos rurais do país e 77.359 reformas, totalizando 155.026 unidades habitacionais construídas ou reformadas.

Visando blindar o país da crise internacional deflagrada em 2008, o governo Lula, em sua segunda gestão, lança o programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV) no dia 25 de março de 2009, incorporando também o PNHR. A partir de uma articulação entre Estado, mercado imobiliário e capital financeiro, o MCMV contou, em sua primeira fase (2009 a 2011), com um investimento de R\$ 34 bilhões, destinado à produção de 1 milhão de novas moradias nas áreas urbanas, contemplando famílias com renda mensal de zero a dez salários mínimos. Com o início do primeiro mandato de Dilma Rousseff, em 2011, o MCMV inicia sua segunda fase (2011 a 2014), alocando R\$ 71,7 bilhões (R\$ 37,7 bilhões a mais do que o montante aplicado na primeira fase) e aumentando a meta para 2,4 milhões de novas moradias em todo o país.

Em 2013, com a aprovação da Portaria Interministerial Nº 78, a provisão habitacional nos assentamentos rurais, que antes estava diretamente vinculada ao INCRA e ao Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), passou para o Ministério das Cidades – responsável pelo gerenciamento do MCMV. Até o final de 2014, o governo previa a construção de 120 mil unidades para famílias rurais com renda bruta anual de R\$ 15.000,00 a R\$ 60.000,00 e 70 mil unidades para famílias de assentamentos rurais, cuja renda bruta anual não ultrapassasse R\$ 15.000,00.

Atualmente, o PNHR disponibiliza os seguintes valores de subsídios, como pode ser observado na Tabela 3, de acordo com a região onde estão localizados os assentamentos.

Tabela 3. Subsídios do PNHR/MCMV oferecidos às famílias beneficiadas pela reforma agrária. Fonte: Cartilha do PNHR – Brasil, Ministério das Cidades (2013).

Modalidade do Subsídio	Valores dos subsídios oferecidos pelo PNHR	
	Regiões	
	Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul	Região Norte
Construção	R\$ 28.500,00	R\$ 30.500,00
Reforma/Ampliação	R\$ 17.200,00	R\$ 18.400,00
Assessoria Técnica/Trabalho Social	R\$ 600,00/400,00	R\$ 600,00/400,00

Apesar de apresentar subsídios maiores do que os oferecidos pelos demais programas citados, sobretudo pelo PSH-Rural, que foi acessado pelas 42 famílias do Inovarural e cujo valor era de R\$ 4.500,00 por família, o PNHR ainda mantém um modelo operacional problemático. O prazo oficial para a conclusão das obras continua sendo de um ano, desconsiderando as dificuldades de gestão de canteiros dispersos. A liberação dos valores destinados à Assessoria Técnica e ao Trabalho Social só é feita após a aprovação dos projetos, dos cronogramas físico-financeiros, das planilhas orçamentárias e dos memoriais descritivos, o que inviabiliza a participação da Assessoria técnica na etapa de projeto, um dos momentos mais importante de definição do projeto.

Além disso, o investimento de R\$ 238 milhões, em 2014, que seriam alocados para o pagamento de obras em atraso e para a contratação de 20 mil unidades até dezembro, em todo o país, não tem contemplado a produção habitacional nos assentamentos rurais. No período de 2013 a 2014, o PNHR produziu apenas 2.357 unidades nos assentamentos – o equivalente a 4% da meta, de 70 mil unidades. No estado de São Paulo, segundo dados da Superintendência de Habitação Rural da CEF (SUHAR), existem atualmente 233 unidades em construção, gerenciadas por empreiteiras e distribuídas em três assentamentos, todos localizados na região oeste do estado.

Diante deste breve contexto, o projeto Inovarural se destaca justamente pelas estratégias

adotadas para tentar solucionar os pontos frágeis dos programas habitacionais: i) envolvimento das 42 famílias nas discussões do projeto arquitetônico, dos materiais construtivos e na busca por financiamentos públicos; ii) participação e formação das famílias no processo construtivo; iii) desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores com recursos locais; iv) e implantação e consolidação de um empreendimento coletivo autogestionário, a Madeirarte.

2 O PROJETO INOVARURAL

No dia 13 de maio de 1984, cerca de 250 famílias de trabalhadores rurais sem-terra protagonizaram a ocupação de uma área de 6.700 hectares (cerca de 160 mil m²) da antiga Fazenda Pirituba – um latifúndio de 17.500 hectares, localizado entre os municípios de Itapeva e Itaberá, que foi hipotecado pelo extinto Banco do Estado de São Paulo para a implantação de um projeto piloto de introdução da cultura do trigo na agricultura paulista, por meio da colonização de imigrantes italianos. Com o fracasso desta tentativa, parcelas de terra da antiga Fazenda foram arrendadas para grandes arrendatários (denominados de "boiadeiros"), acirrando os conflitos entre sem-terras, posseiros e jagunços da região.

Após forte articulação entre trabalhadores sem-terra, sindicatos, membros da igreja católica e técnicos do estado, a ocupação daria início ao processo de regularização das seis primeiras Áreas do assentamento Pirituba II – que só ocorreria em 1999. Em outubro de 2002, passados quase vinte anos desde o processo de ocupação, três mulheres assentadas organizaram um abaixo assinado, contendo 56 nomes de moradores das Áreas I (43 nomes) e IV (13 nomes). Neste documento, os assentados reivindicavam uma solução para um problema ainda presente e permanente em grande parte dos assentamentos de reforma agrária do estado de São Paulo e do país: a falta de condições adequadas de habitação, infraestrutura e saneamento (Fig. 1).



Figura 1. Condições habitacionais no assentamento Pirituba II. Fonte: Grupo HABIS (2003).

Neste período, os pesquisadores-assessores do HABIS, que desenvolviam na região do assentamento a primeira fase do projeto "Habitação social em madeira de reflorestamento como alternativa econômica para usos múltiplos da floresta", financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), tiveram conhecimento do abaixo assinado das 56 famílias. No dia 20 de novembro do mesmo ano, famílias e pesquisadores-assessores realizam a primeira reunião, por meio da qual decidiram trabalhar em conjunto para solucionar o problema habitacional no assentamento.

Durante o ano de 2003, até fevereiro de 2004, foram realizadas inúmeras reuniões e assembleias entre famílias e pesquisadores-assessores. A partir dos dados coletados durante o levantamento das condições habitacionais no assentamento, houve um extenso processo de sensibilizar os assentados com relação à possibilidade de utilização de materiais construtivos não convencionais e disponíveis na região, como madeira e terra crua. Também foram discutidos os projetos arquitetônicos, os quais pudessem atender adequadamente às necessidades das famílias, considerando-se o número de cômodos e sua importância em relação às suas dinâmicas de vida, a posição do banheiro, o modelo de cobertura e a necessidade de varanda (Fig. 2).



Figura 2. Discussão sobre os materiais construtivos não convencionais e os projetos arquitetônicos. Fonte: Grupo HABIS (2003).

Após a discussão sobre os projetos arquitetônicos e materiais construtivos, pesquisadores-assessores e famílias passaram a conversar sobre possíveis formas de acesso a programas de financiamento habitacional. Os programas apresentados e analisados com os assentados foram o Pró-Lar Rural, da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU), em convênio com o Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP), e o PSH, que na época passava por readequações pelo governo federal.

Em 2003, o Pró-Lar Rural foi estendido para todos os assentamentos do ITESP, totalizando 1.263 unidades habitacionais, e apresentava as seguintes condições de acesso: a administração e assessoria técnica da obra ficariam por conta das prefeituras municipais; o contrato seria individual, oficializado no nome da mulher, e seria obrigatório ter família constituída e não possuir outro imóvel; valor total máximo do financiamento de R\$ 8.655,00, dos quais aproximadamente R\$ 7 mil seriam destinados para compra de materiais e o restante para administração e pagamento de assessoria técnica; 300 meses para pagamento, com juros de 1,5 a 2% ao ano; e planta padrão de 42 m², com materiais convencionais. Com relação ao PSH: o subsídio precisaria estar vinculado a uma Carta de Crédito Individual, o que significava que a família seria mutuária individualmente; o programa não exigia rede de energia elétrica ativa no meio rural – uma vez que, à época, as Áreas I e IV do assentamento ainda não contavam com rede de energia elétrica instalada; as decisões coletivas sobre os projetos e materiais construtivos podiam ser mantidas; e o subsídio de R\$ 4.500,00 oferecido por unidade, somado aos R\$ 5.000,00 adicionais do INCRA, caracterizava-se enquanto um aspecto vantajoso para as famílias que, em sua maioria, acabaram optando pelo programa.

Em outubro de 2003, toda a documentação exigida pela CEF, inclusive os projetos arquitetônicos elaborados com as famílias (Fig. 3), já haviam sido entregues.

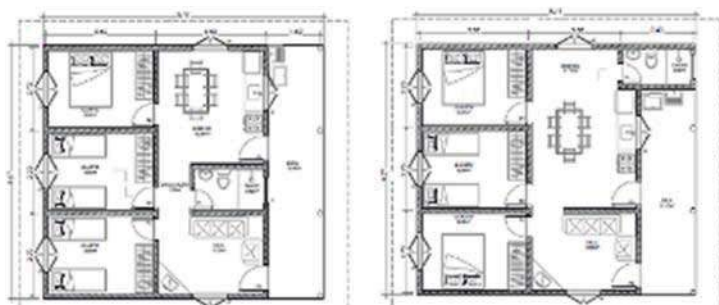


Figura 3. Projetos arquitetônicos enviados para a CEF, com 75 m², nas versões: a) Três Quartos com Banheiro Dentro (3QBD) e b) Três Quartos com Banheiro Fora (3QBF). Fonte: Grupo HABIS (2003).

Em novembro do mesmo ano, os pesquisadores-assessores encaminharam para a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), junto à chamada pública do Programa de Tecnologia de Habitação (HABITARE), o projeto Inovarural: Habitação rural com inovações no processo, gestão e produto: participação, geração de renda e sistemas construtivos com recursos locais e renováveis. Os objetivos do projeto fundamentavam-se em três eixos centrais: i) ao processo, contando com a participação das famílias nas tomadas de decisão e com a formação de pessoas nas etapas da produção habitacional; ii) à gestão, articulando diferentes agentes envolvidos na cadeia de produção da habitação, buscando também oportunidades de geração de trabalho e renda para

os assentados; iii) e ao produto, desenvolvendo componentes e sistemas construtivos com recursos locais e renováveis, de baixo custo, e também buscando alternativas de infraestrutura e saneamento ambientalmente adequadas.

No dia 28 de fevereiro de 2004, as 42 famílias do Grupo PSH assinaram o contrato do financiamento habitacional, na modalidade Carta de Crédito Individual, junto ao convênio PSH/CEF/INCRA. As obras tiveram início no mês de março e, para organizar o mutirão das 42 casas, as famílias foram divididas em seis grupos, respeitando-se o projeto arquitetônico (3QBD ou 3QBF), o sistema construtivo (26 casas com alvenaria cerâmica e 16 em adobe) e as relações de vizinhança, parentesco ou amizade. Também foram aprovados, em assembleia, o Regimento Interno de Obras, contendo os acordos coletivos, e as Comissões: de Representantes (composta por um membro de cada grupo), de Compras, de Finanças e de Almoxarifado.

O mutirão também contou com a formação do Grupo da Marcenaria, composto por quatro mulheres do Grupo PSH, com idade entre 40 e 50 anos e que foram capacitadas para produzir, para todas as casas, as esquadrias e um sistema de cobertura em Vigas Laminadas Pregadas (VLP), desenvolvido pelos pesquisadores do HABIS. O empreendimento, denominado Madeirarte, foi viabilizado com um prêmio de R\$ 12.000,00, que o projeto da Marcenaria recebeu na III Mostra PUC-Rio, em 2003, como melhor trabalho científico. Com este valor, foram adquiridos os primeiros equipamentos da Marcenaria – que, em 2005, foram complementados com recursos do Prêmio Banco Real/Universidade Solidária, no valor de R\$ 20.000,00.

Além das marceneiras, o mutirão do Inovarural também contou com a participação de dois mestres de obras, que eram moradores do assentamento, mas não integravam o grupo das 42 famílias, e de estudantes do ensino médio. Os auxiliares, como foram denominados, eram em sua maioria filhos ou parentes das famílias do Grupo PSH e sua participação no projeto foi determinante, tendo em vista a dispersão dos canteiros de obras e a distância que separava o Grupo HABIS do assentamento – cerca de 400 quilômetros –, o que dificultava o acompanhamento diário das obras pelos pesquisadores-assessores. Além disso, para viabilizar a participação dos auxiliares, os pesquisadores-assessores elaboraram um projeto de pesquisa para o acompanhamento das obras, o qual recebeu apoio financeiro da CEF/Pesquisa, sendo possível remunerar também equipe da USINA-CTAH e os mestres de obras.

As obras, que estavam previstas para serem finalizadas em fevereiro de 2005, respeitando-se o cronograma de um ano, estenderam-se até o final de 2006. Dentre os motivos para esta mudança no cronograma inicial, pode-se destacar: os conflitos que surgiram entre as famílias, provocando a dissolução de alguns grupos, alterações individuais na versão final de algumas casas e mudanças no regime de construção (do mutirão à produção doméstica individual); as dificuldades que os pesquisadores-assessores encontraram para acompanhar os 42 canteiros de obras, tendo em vista a desistência de muitos auxiliares por conta da falta de recursos e de atrasos no pagamento de suas bolsas (a CEF aprovou 4 bolsas ao todo, no valor de R\$ 160,00 cada, e que foram divididas entre os 11 jovens inicialmente participantes do projeto); e os impasses com o recurso do PSH, que só foi liberado em fevereiro de 2005 – um ano após a assinatura do contrato.

As Figuras 4 a 6 apresentam algumas etapas do processo de formação dos auxiliares, dos trabalhos na Marcenaria e nos canteiros de obras, da produção dos tijolos de adobe e das casas finalizadas.



Figura 4. Formação dos auxiliares e trabalho na marcenaria. Fonte: Grupo HABIS (2004).



Figura 5. Processo construtivo das unidades habitacionais e de produção dos adobes. Fonte: Grupo HABIS (2004).



Figura 6. Algumas casas finalizadas. Fonte: Grupo HABIS (2007).

3 APONTAMENTOS FINAIS

Quando os pesquisadores-assessores chegaram ao assentamento Pirituba II, as famílias demonstraram, imediatamente, uma descrença com relação às experiências coletivas. Para elas, o coletivo as remetia a recordações que a maioria preferia esquecer; tempos de trabalho nas cooperativas do MST, de conflitos, de disputas por poder e por benefícios individuais, em que uns saíam ganhando e outros perdendo. A estratégia encontrada pelos pesquisadores-assessores, neste sentido, foi a de qualificar a noção de participação ao longo de todos os processos de discussão e decisão, criando espaços de diálogos entre todos os envolvidos. Esperava-se, assim, que tanto as discussões do projeto quanto o processo construtivo pudessem demonstrar novas possibilidades de ações coletivas; ações que pudessem contribuir para uma autogestão e uma autonomia das famílias, inclusive para além do projeto.

No que diz respeito à formação e à participação dos auxiliares, ambas foram fundamentais para garantir um acompanhamento constante nos canteiros de obras. Devido às oficinas de formação nas etapas de projeto, gestão e construção, os auxiliares foram capazes de assegurar a qualidade dos serviços que eram realizados pelas famílias; tiveram uma relação mais direta com fornecedores de materiais; realizaram um acompanhamento mais rigoroso das etapas de entrega e armazenamento dos materiais de construção e tiveram uma maior proximidade, afinidade e confiança com algumas famílias e com os mestres de obras. Os auxiliares também se constituíram enquanto um elo importante entre a equipe técnica e as famílias, pois passaram a compreender, com mais clareza, os conflitos e as dinâmicas de trabalho nos canteiros.

Da mesma forma que a experiência dos auxiliares foi extremamente rica e significativa para o processo construtivo das 42 casas, as marceneiras também desempenharam um papel fundamental dentro e fora da Madeirarte. Estas mulheres nunca haviam pensado em trabalhar em outra atividade que não estivesse relacionada à agricultura ou a serviços domésticos. Assim, a marcenaria trouxe novas perspectivas de trabalho e de vida para elas – que já não aguentavam mais o sol quente e o serviço pesado da lavoura. Segundo os pesquisadores-assessores, estava presente nas falas das marceneiras a satisfação com o trabalho na marcenaria, a alegria de ver um produto que se iniciava em suas próprias mãos e o prazer em olhar para as casas e ver o

resultado de seus trabalhos concretizado. Entre 2008 e 2009, as marceneiras também assumiram a produção de todas as janelas das 77 casas do projeto Sepé, que também foi coordenado pelo Grupo HABIS e desenvolvido no assentamento Sepé-Tiaraju, localizado entre os municípios de Serrana e Serra Azul, região noroeste do estado de São Paulo.

Com relação à utilização do adobe como material construtivo, duas questões precisam ser consideradas: a) ainda que a casa de adobe pudesse ficar mais barata, mantendo-se a área de 75 m², as 15 famílias que desistiram deste sistema não se sentiram motivadas com as oficinas de capacitação para a produção dos tijolos de adobe, tampouco com o fato de terem que produzir, com os próprios pés e as próprias mãos, mais de 5 mil tijolos (por unidade). Além disso, a primeira parcela adicional do INCRA, de R\$ 3.000,00, foi determinante para que estas 15 famílias (que haviam optado por este sistema justamente por não terem recursos próprios) passassem para o sistema de alvenaria cerâmica, mesmo que isto significasse uma quebra de acordo perante os pesquisadores-assessores, às outras famílias e à CEF. Por outro lado, apenas uma família decidiu respeitar os acordos inicialmente firmados, sobretudo com os pesquisadores-assessores, o que a levou a construir sua casa com os tijolos de adobe – sendo uma das primeiras casas a ser finalizada.

Vale dizer, por fim, que o Inovarural só foi possível devido à aproximação da universidade com o problema da habitação neste assentamento rural, o qual apresentava características bastante singulares, diferentes do que se observa no contexto urbano. A garantia de assessoria técnica em todas as etapas do projeto, além da participação e da formação das famílias, dos auxiliares, dos mestres de obras e das marceneiras na solução deste problema foi fundamental para que as moradias pudessem atender às necessidades das famílias e para que o processo, como um todo, despertasse novas perspectivas de vida e trabalho no campo.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Ministério das Cidades. 2013. Cartilha do Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR. Brasília: Ministério das Cidades/Secretária de Habitação.
- Martins, J. S. 1994. *O poder do atraso. Ensaios de Sociologia da História Lenta*. São Paulo: Hucitec.
- Rover, O. J. & Munarini, P. R. A política de habitação rural e o desenvolvimento da agricultura familiar. In: *Revista Katálysis*, Florianópolis, V. 13, N. 2, julho/ dezembro de 2010. p. 260-269.
- Sertori, R. J. V. 2012. *O mutirão do projeto Inovarural: estratégias da assessoria técnica na produção da moradia rural*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Shimbo, L. Z. & Ino, A. 2009. Habitação rural, tecnologias mais sustentáveis e perspectiva de autogestão: as questões do Projeto Inovarural. In Cardoso, A. L. & Bonduki, N. G. (org.). *Procedimentos Inovadores em gestão habitacional*. Coletânea Habitare 9, Porto Alegre: ANTAC.
- Graziano da Silva, C. M. 2014. *Habitação Rural: uma luta por cidadania*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Moradias sobredimensionadas dos anos 70-90 na periferia de Braga: Processo de transformação

Michael Loureiro

University of Minho, School of Architecture, Guimarães, Portugal

Arq.michael.loureiro@gmail.com

Ricardo Mateus

University of Minho, School of civil Engineering, Department of civil Engineering, Guimarães, Portugal

Ricardomateus@civil.uminho.pt

ABSTRACT: In view of the objectives of the European Union (20-20-20), it is necessary to contribute to the rehabilitation of existing buildings by promoting the densification of oversized houses, while complying with up-to-date comfort standards and codes. In this sense, this research is aimed to analyse this problem at the outskirts of Braga, by identifying the type-morphology of oversized buildings, assessing the degree of satisfaction and expectations of owners and developing and testing a systematic design tool. Through the development of an intervention kit, which systematizes and prioritizes design strategies and solutions, the design team can have the necessary decision-making support tool to improve the spatial design of the building whilst considering energy efficiency, sustainability and improvement of interior environmental quality.

Keywords: Oversized housing stock, architectural rehabilitation strategies, multicriteria decision-support tool, sustainability.

RESUMO: Tendo em vista os objetivos traçados pela União Europeia (20-20-20), pretende-se contribuir para a valorização do parque edificado, estimulando a densificação habitacional e populacional das moradias sobredimensionadas, cumprindo com os novos padrões de conforto e requisitos legais. Nesse sentido, esta investigação procura compreender a realidade deste problema na periferia de Braga, através da identificação de uma tipo-morfologia, inquirido a proprietários e desenvolvimento e aplicação prática de uma ferramenta de apoio ao projeto. Através do desenvolvimento de um *kit* de intervenção, que sistematiza e prioriza soluções e estratégias de projeto, a equipa de projeto passará a ter a ferramenta de suporte para uma operação de reabilitação, reforçando a eficiência energética, sustentabilidade e a melhoria da qualidade do ambiente interior.

Palavras-chave: Parque habitacional sobredimensionado, estratégias para a reabilitação arquitetónica, ferramenta multicritério de suporte, sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Em Portugal, no período pós-revolucionário, o aumento súbito da população devido ao elevado número de retornados das ex-colónias e de emigrantes, originou carências habitacionais. De modo a solucionar o problema, verificou-se uma aceleração da construção de novos alojamentos. O Estado e as Autarquias promoveram programas e planos de grande escala, enquanto a população construía com os recursos de que dispunha, sem enquadramento legal ou profissional.

Nas últimas décadas, o crescimento habitacional, para além de não corresponder às alterações sociais a que se assistiu no mesmo período, foi feito de forma espontânea, difusa e extensiva originando um grande problema ambiental e de ocupação do território. Atualmente, constata-se que o parque habitacional encontra-se desajustado em relação às necessidades reais, é pouco

eficiente em termos energéticos e exige intervenções de reabilitação, que podem ajudar a dinamizar o sector da construção, atualmente estagnado, apesar da sua importância na atividade económica do país, no emprego e na geração de riqueza.

Nesse sentido, este trabalho propõe a melhoria da qualidade habitacional através de uma reabilitação espacial, associada à reabilitação energética, com soluções que visem a construção sustentável e uma maior qualidade do ambiente interior. Pretende-se contribuir para a valorização dos tecidos construídos, estimulando a densificação habitacional e populacional das moradias sobredimensionadas, usando como área de estudo a periferia de Braga. Como objetivo indireto, pretende-se contribuir para o desenvolvimento de soluções que contenham a tendência de expansão urbana. Através de uma cenarização de reabilitação procurou-se averiguar a aceitação por partes dos moradores em dividir as suas habitações em frações autónomas, de modo a adequar a área à lotação, aumentando os níveis de conforto e desempenho energético para padrões próximos dos previstos atualmente pela lei.

2 METODOLOGIA

Esta investigação centra-se no município de Braga já que este apresenta uma taxa de crescimento demográfico superior à média nacional, um elevado número populacional - 181 494 habitantes (INE, 2011) e um índice de envelhecimento relativamente baixo, em comparação com os valores registados no resto do país.

Paralelamente, tendo em consideração os dados estatísticos do município, que apontam para a sublotação de 67% dos alojamentos familiares clássicos ocupados como residência habitual, da elevada média de área útil (125.16 m²) e das construções registadas entre a década de 70 e 90 corresponder aos alojamentos com maior necessidade de reparação, considerou-se conveniente focar o trabalho nas moradias unifamiliares dos anos 70-90 (INE, 2011). Estas são uma amostra interessante para a reabilitação energética e espacial possibilitando dotar de tipologias mais adequadas à lotação e melhores qualidades de vida com a existência de um logradouro ou hortas que dificilmente se poderão encontrar num apartamento convencional.

Para compreender o panorama na periferia de Braga, foi essencial a realização de avaliações subjetivas, através de um inquérito a 64 casos de estudo. Este baseou-se na cenarização da potencial transformação da habitação em duas ou três frações autónomas, de modo a reduzir custos energéticos, e averiguar a aceitação por parte dos moradores em dividir as suas habitações.

Paralelamente foi elaborado um *kit* de intervenção, com soluções para a reabilitação espacial, energética e sustentável dos edifícios, aplicado nos 64 casos de estudo identificados e caracterizados no inquérito.

2.1 Avaliações subjetivas

As avaliações subjetivas decorreram entre o mês de Fevereiro e Maio de 2013 e excluíram o casco urbano, mais consolidado e onde predominam sobretudo apartamentos. Consideraram-se as 15 freguesias predominantemente urbanas (Fig. 1) incluindo-se ainda São Mamede de Este e Merelim São Pedro, devido à recente reorganização administrativa do território em que estas se agregaram a São Pedro de Este e Frossos, respetivamente (UTRAT, 2012). As freguesias de Adaúfe e Palmeira, também integram o lote de freguesias onde foram realizados os inquéritos, dado a sua proximidade com o centro urbano e pelo seu elevado número de residentes.

O inquérito realizado foi adaptado de Silva (2010) e está estruturado em três partes que compreendem a identificação do caso de estudo, organização espacial e um questionário no qual se procurou caracterizar cada caso de estudo conhecendo, entre outros, a autoria do projeto, lotação quotidiana e existência de área excessiva. Nesse sentido foram selecionadas moradias construídas entre os anos 70 e 90 de dois ou três pisos com garagem no piso inferior (sem comércio), área bruta superior a 250m² e escada pelo exterior, de modo a facilitar a divisão em

frações autónomas. Considerou-se ainda que o logradouro deveria possuir o dobro da área de implantação da habitação, de modo a permitir criar um espaço coletivo para os moradores.

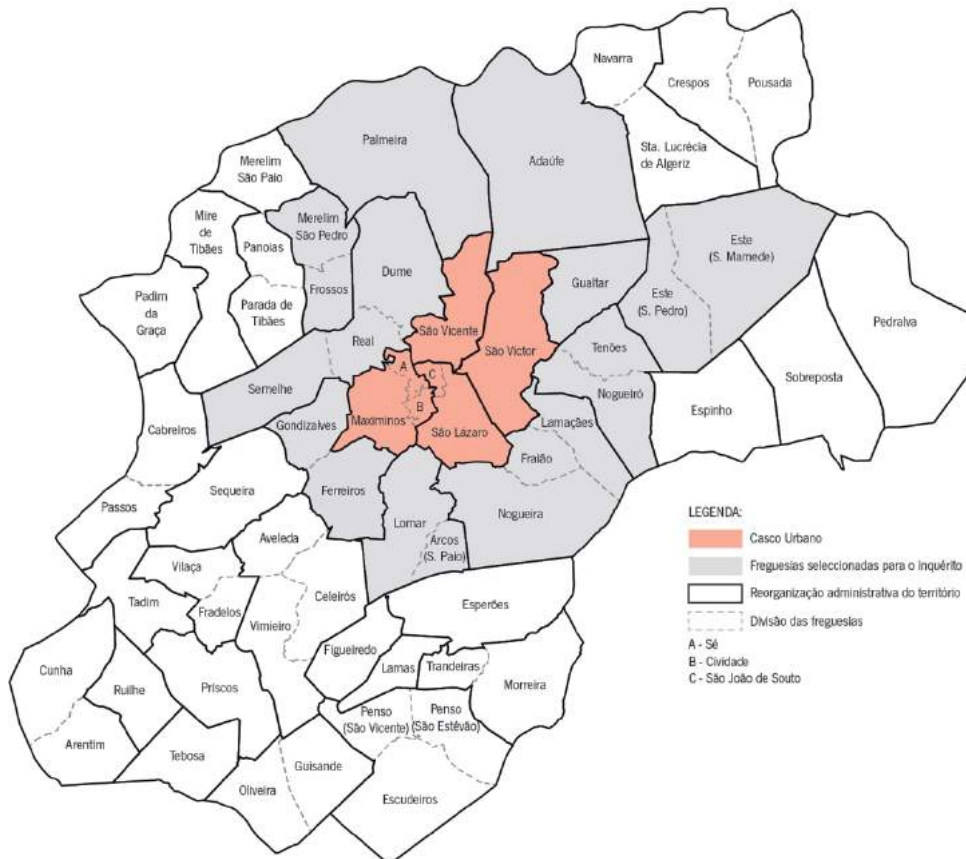


Figura 1. Seleção das freguesias inquiridas

2.2 Kit de intervenção

Tendo como objetivo a reabilitação espacial com adequação da habitação ao número de ocupantes e a melhoria do comportamento térmico e energético dos edifícios, elaborou-se um *kit* de intervenção com soluções Funcionais, Energéticas, Bioclimáticas e Estéticas distribuídas por três níveis de intervenção. Estes níveis foram determinados a partir da adaptação da metodologia de necessidades de reabilitação de Branco, Vilhena e Paiva (2011), segundo critérios de facilidade de execução e investimento necessário para a sua realização.

Distinguiram-se assim intervenções ligeiras (nível 1), intervenções intermédias (nível 2) e intervenções profundas (nível 3). A partir das opiniões recolhidas através dos inquéritos, e com o objetivo de melhor adaptar e potencializar a utilização das moradias sobredimensionadas, delinearum-se quatro cenários de utilização: Familiar, Arrendamento, Venda e Compra, aplicáveis atualmente ou num panorama futuro.

2.3 Aplicação dos três níveis do kit de intervenção nos 64 casos de estudo

Para as intervenções do nível 1 e 2, devido ao desconhecimento da distribuição interior de cada caso de estudo, considerou-se uma solução genérica em que a fração a acrescentar seria de tipologia T3 com cinco divisões (cozinha, sala de estar e três quartos), garagem lateral e lotação para quatro ocupantes.

A intervenção nível 3, com o aumento de um piso (apenas em moradias de dois pisos) possibilita duas frações com tipologia T3 e uma tipologia T2 com quatro divisões (cozinha, sala de estar e dois quartos) e ocupação para três ocupantes.

As áreas brutas de cada fração foram determinadas em função da área de implantação de cada habitação, aplicando as seguintes equações da tabela 1:

Tabela 1

DADOS ACTUAIS:	Área de implantação x número de pisos + área do sótão*
NÍVEL DE INTERVENÇÃO 1 e 2 (com sótão):	Área de implantação x número de pisos + área do sótão*
NÍVEL DE INTERVENÇÃO 1 e 2 (sem sótão):	Área de implantação x número de pisos
NÍVEL DE INTERVENÇÃO 3	Área de implantação inferior a 200 m ² : Fração A 130%** / Fração B 100%** / Fração C 70%** Área de implantação superior a 200 m ² : Fração A 150%** / Fração B 100%** / Fração C 50%**

* Devido à pendente do telhado considerou-se apenas metade da área de implantação de modo a conseguir um pé direito regulamentar;

** Percentagens consideradas para obtenção das áreas brutas de modo a cumprir com a regulamentação das áreas mínimas de cada tipologia.

3 MORADIAS UNIFAMILIARES DOS ANOS 70-90 NA PERIFERIA DE BRAGA

3.1 Caracterização da tipo-morfologia

Na periferia de Braga, assim como na generalidade do território nacional, as moradias unifamiliares sobredimensionadas são frequentes. A maior parte destas habitações foram construídas antes da entrada em vigor do primeiro RCCTE e necessitam de uma reabilitação energética para aumentar os níveis de conforto dos ocupantes, dado a maioria não dispor de qualquer tipo de isolamento térmico na envolvente.

Para além disso, um grande número de construções foi concebido por técnicos não especializados (Leite, 1996), o que justifica, parcialmente, a fraca qualidade construtiva (Matos, 2003). Em termos arquitetónicos é evidente que esta morfologia evoluiu a partir da casa popular, permanecendo a escada exterior, a varanda e recorrendo frequentemente à pedra, essencialmente ao nível do rés-do-chão (Silva, 2010), onde desaparecem os espaços agro-domésticos substituídos pela garagem e arrumos (Matos, 2003).

A atenção era dada principalmente ao exterior em detrimento da qualidade espacial interior (Silva, 2010) como se pode comprovar, em alguns casos, destacando-se na paisagem com multiplicação de telhados ou recurso a mansardas (modelos importados de outros países). No entanto, por possuírem potencialidades como grande volumetria, boa estrutura e grande área desaproveitada, oferecem oportunidades para a reabilitação espacial, permitindo assim diminuir os encargos associados ao regime de propriedade e dinamizar o mercado de arrendamento que está a crescer face ao de compra, devido ao contexto de crise e evolução das características socioculturais da sociedade portuguesa.

3.2 Apresentação e discussão dos resultados das avaliações subjetivas

Ao longo da investigação verificou-se uma menor frequência da tipo-morfologia descrita nas freguesias de Nogueiró, Frossos, Real, Lamações, Tenões e Fraião por se tratarem de recentes áreas de expansão urbana (BRAGA, MUNICÍPIO, 2008) e onde predominam sobretudo construções de prédios multifamiliares. Este tipo de construção foi encontrado também nas outras freguesias periféricas, nas imediações dos casos de estudo, contribuindo para um desenvolvimento urbano mais sustentável uma vez que reúnem, no piso inferior, uma série de amenidades que servem de suporte às necessidades diárias dos ocupantes das diferentes habitações, contribuindo para reduzir o recurso ao automóvel e os potenciais impactes negativos que daí advêm para o meio ambiente.

Na análise aos 64 casos de estudo, o número de construções registadas antes de 1975 era muito baixo (9%), fazendo-se sentir um aumento progressivo até década de 80. A amostra construída mais significativa (39%), entre 1980 e 1984, contribuiu para os 67% de edificações registadas entre a década de 80-90. Nos casos analisados, as áreas de implantação inferiores a 200 m² são

as mais comuns representando cerca de 77% e um número considerável (55%) está inserido em lotes com áreas entre os 500 e os 1000 m². As moradias são maioritariamente (86%) constituídas por 2 pisos, 36% possuem apenas sótão e em 27% não dispõem nem sótão nem cave.

Quanto à área bruta de construção, verificou-se que as moradias com áreas superiores a 400 m² eram as mais frequentes (57%), destacando-se sobretudo as construídas no período entre 80-84, com área de 300-400 m². A nível global registou-se um aumento de quantidade nas edificações com áreas superiores a 500 m², principalmente na década pós 80. Os fatores que estão na origem deste aumento de dimensão são possivelmente a necessidade de afirmação através de diferenciação social, mas também uma maior exigência nos requisitos funcionais (Domingues, 2006). Outro fator não menos importante foi o crescimento do emprego, aumento dos rendimentos das famílias e a facilidade em obter crédito à habitação com baixas taxas de juro (Cabrera, et al., 2003), contribuindo para a construção das moradias, não no sentido de apenas colmatar as carências existentes, mas pensando na possibilidade futuras de os filhos ocuparem parte da habitação.

Em alguns casos, as habitações apresentam compartimentos que ultrapassam largamente as necessidades dos ocupantes: 25% dos casos apresentam duas cozinhas, 11% duas salas de estar, por exemplo. Mais de metade dos inquiridos (56%), considera possuir excesso de área e não utiliza todas as divisões da habitação no quotidiano.

A varanda, outrora utilizada como zona de receção e distribuição, desempenha agora um papel menos importante, sendo substituída nessas funções por um hall de entrada, presente em 75% dos casos. Nos restantes, sobretudo nas construções mais antigas, a distribuição continua a ser feita diretamente para a cozinha ou sala de estar, como era frequente na arquitetura popular, ou para um corredor com a função de separar os espaços sociais, cozinha e sala de estar, dos quartos.

Em 42% dos casos estudados o projeto é da autoria de um desenhador ou projetista e um número considerável (27%) dos proprietários desconhece a autoria. Para além disso, o inquérito permitiu verificar que 60% dos casos de estudo possui apenas três ou menos residentes habituais. Quase metade (47%) dos inquiridos são favoráveis às alterações propostas com vista à otimização energética e divisão funcional. Em 14% dos casos a habitação já tinha sido alvo de intervenção para a divisão em frações autónomas conseguindo aumentar o número médio de ocupantes de 3 para 4.2 habitantes por moradia.

Os mais reticentes (39%) apresentavam como principal justificação recear em ter um bem alugado, com os problemas que podem advir entre proprietário e inquilino. Outro ponto evidenciado foi um certo “individualismo” que ainda existe na população portuguesa com o medo de dividir o espaço coletivo (logradouro) com “desconhecidos”, ainda que houvesse maior abertura com membros da família, situação que já se verifica, em casos pontuais, com o retorno à habitação familiar dos filhos devido a não conseguirem cumprir com os empréstimos, em caso de divórcio ou desemprego.

A forte aceitação encontrada junto dos proprietários, superando os 60%, demonstra a viabilidade do presente estudo.

4 KIT DE INTERVENÇÃO

4.1 Estrutura

O *kit* de intervenção deve ser encarado como uma ferramenta que sistematiza soluções para a reabilitação espacial e energética das moradias sobredimensionadas. Dada a grande diversidade de soluções e materiais existentes no mercado, não se pretende estabelecer uma comparação do desempenho ou custo/ benefício de cada uma, mas propor uma ferramenta de apoio elencando e priorizando princípios com quatro tipos de soluções: Funcional, Energético, Bioclimático

e Estético para uma intervenção informada. Nesse sentido, o *kit* de intervenção foi organizado (Fig. 2) de modo a garantir uma grande diversidade de opções, desde que garantam o carácter evolutivo do processo de reabilitação e a sua adequação à disponibilidade económica dos proprietários.

FUNCIONAL	ENERGÉTICO	BIOCLIMÁTICO	ESTÉTICO
Adequação da habitação à lotação	Isolamento térmico cobertura	Aquecimento passivo	Alteração fachada
Divisão em frações autónomas	Isolamento térmico paredes	Arrefecimento passivo	Alteração cobertura
	Isolamento térmico pavimentos	Iluminação natural	Alteração espaços exteriores
	Vãos envidraçados	Aproveitamento das águas	
	Redução no consumo	Sistemas ativos (fontes renováveis)	

Figura 2. Soluções presentes no kit de intervenção

4.2 Âmbito de aplicação

Nos quatro contextos cenarizados (Familiar, Arrendamento, Venda ou Compra) para a utilização do *kit* de intervenção, o objetivo principal é a melhoria da eficiência energética e o conforto dos utilizadores, adaptando os fogos à lotação. Face às situações verificadas em alguns casos inquiridos, com o regresso a casa dos filhos ou pela mais fácil aceitação da divisão em frações autónomas, caso se destinem a um elemento da família, considerou-se a hipótese de o projeto ser aplicado num âmbito familiar, com o benefício social da interação multigeracional que pode suceder.

O cenário de arrendamento, mais aconselhável e oportuno para dinamizar o sector imobiliário, possibilita a hipótese do inquilino ocupar uma fração com melhores desempenhos energéticos e espaciais para além de beneficiar de um logradouro com jardim ou horta, que dificilmente conseguiria no arrendamento de um apartamento convencional. Para o proprietário, para além de usufruir também de melhores prestações em termos energéticos e de conforto, proporciona um rendimento extra e uma recuperação mais rápida do investimento.

O contexto de venda permite ao investidor destacar-se dos restantes bens disponíveis no mercado com um produto diferenciado, com bons desempenhos energéticos e melhores qualidades espaciais. Funcionalmente idêntico a um apartamento, esta solução tem a vantagem de usufruir do logradouro enquanto espaço comunitário, jardim ou horta.

Finalmente, o contexto de compra permite a famílias ou casais de jovens adquirir um bem, com localização mais próxima do centro urbano e através de uma reabilitação proporcionar melhores desempenhos e características espaciais adequadas às suas necessidades, por um investimento mais reduzido uma vez que é dividido por mais do que um investidor.

4.3 Níveis de divisão funcional

Tendo em consideração as altas taxas de alojamentos sublotados, a diminuição do número médio de indivíduos por família e o crescimento do número de famílias monoparentais, é necessário ajustar o alojamento ao número de ocupantes e ter em consideração os modos de vida contemporâneos. Nesse sentido, cada caso deve ser estudado isoladamente, em função da morfologia da habitação, lotação e da existência de área em excesso de modo adequar da melhor forma a divisão em frações autónomas (Fig. 3).

Os três níveis de divisão propostos (Fig. 4) são classificados segundo o tipo de alteração necessária e localização da garagem. O nível mais básico - nível 1, admite ligeiras alterações, através da definição de uma nova fração e manutenção da tipologia existente. A garagem consoante o tipo de localização (r/c ou cave) e número de pisos da habitação, neste nível de intervenção, viabiliza a opção 1 e 2 com a divisão ou conservação.

O nível 2 sobrepõe-se às alterações anteriores, admitindo a divisão da área existente para a adição de uma ou duas frações, em função da área disponível e tipologia escolhida, e a organização dos espaços existentes, com a reestruturação da disposição dos espaços interiores em função da correta orientação dos vãos envidraçados, para a otimizar o aproveitamento solar. Neste nível intermédio de intervenção já se pressupõe a possibilidade de recorrer à opção 3, de construção nova de uma garagem.

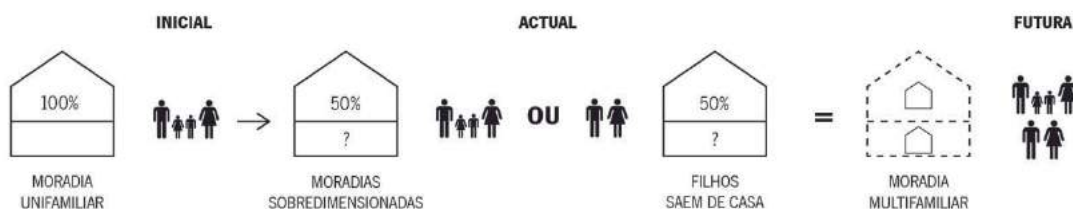


Figura 3. Esquema da aplicação do kit de intervenção

Por fim, no nível 3, com alterações profundas, admite-se a elevação da cércea, através da adição de um novo piso em moradias originalmente de dois pisos, e possibilita-se a divisão em duas ou três frações autónomas. De modo a proporcionar melhores qualidades espaciais permitem-se modificações de ordem estrutural de forma a possibilitar a criação de espaços duplex ou com pé direito duplo.

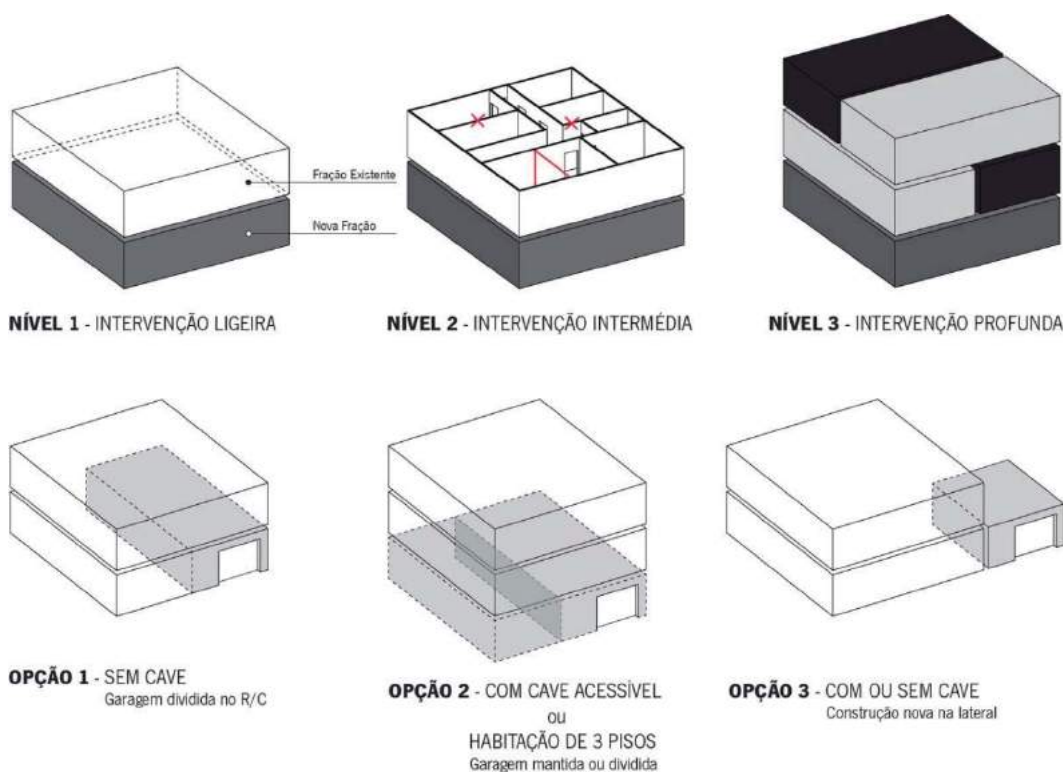


Figura 4. Níveis de divisão funcional

4.4 Ensaio da aplicação dos três níveis do kit intervenção nos 64 casos de estudo

Atualmente as 64 moradias analisadas possuem, em média, 422 m² de área bruta, 3.2 ocupantes por habitação e 38% com áreas entre os 300-400 m². Ao centrar a análise, tendo em consideração a atual lotação de todos os alojamentos, constata-se uma elevada média por habitante de área bruta (149.9 m²) com 2.3 divisões e 1.3 quartos por habitante.

Com as alterações propostas para reabilitação espacial e ao densificar a malha urbana existente, podem proporcionar-se vantagens socioeconómicas para a manutenção de serviços e comércios, encontrados nas imediações das moradias estudadas, e dependentes da densidade populacional (EC, 2001).

As intervenções de nível 1 e 2, apesar de permitirem manter a mesma média de área bruta (422 m²), devido a construção da nova garagem no lote e subdivisão em duas frações autónomas, possibilita o aumento médio dos ocupantes por moradia para 7, em vez dos habituais 3.2. Em termos de áreas brutas, os 128 fogos continuam a oferecer espaços generosos destacando-se a criação de espaços com área bruta de 200-250 m² e 150-200 m² em 30% e 28% dos casos, respetivamente. Por conseguinte, a densidade residencial e populacional também sofrem alterações passando de uma média atual de 10.9 fogos/ha e 35.1 hab/ha para os 28.1 fogos/ha e 76.2 hab/ha. Quanto à média de área bruta por ocupante, consegue-se uma enorme redução com a intervenção, correspondente a cerca de 60.6 m². O número médio de divisões e quartos por ocupante também é reduzido para 1.6 e 0.9 respetivamente.

Na intervenção nível 3 com a incorporação de um novo piso destinado a habitação, em moradias distribuídas por dois pisos, a média de área bruta aumenta para os 525 m². No entanto, ao dispor de três frações autónomas com uma média de 10.7 habitantes por edifício, consegue-se dispor de um total de 192 fogos com áreas mais adaptadas à composição das famílias atuais. As tipologias com áreas brutas compreendidas entre os 100 m² e os 200 m², correspondem a 65% dos casos. Verifica-se igualmente um acerto ao nível da área bruta, número de divisões e número de quartos, que após a aplicação das medidas sugeridas passará a ser de 49 m², 1.3 divisões e 0.7 quartos por ocupante. No que diz respeito à média da densidade residencial, consegue-se triplicar o valor atual, passando a ser de 32.7 fogos/ha, e aumentar consideravelmente a densidade populacional para os 116.5 hab/ha.

5 CONCLUSÕES

Com o presente estudo procurou-se encontrar soluções para o problema da sublotação das moradias unifamiliares na periferia de Braga.

Nas últimas três décadas, apesar de se ter assistido a alterações sociais, sobretudo com a diminuição do número médio de indivíduos por família e aumento de famílias unipessoais, monoparentais e casais sem filhos, a nível habitacional, não se verificou um ajuste nas tipologias. As construções foram aumentando em área útil e no número de divisões resultando numa situação de inadequação das habitações à lotação, com áreas muito superiores às necessidades. No município em estudo, com predominância de moradias unifamiliares de dois pisos e baixa lotação, grande parte dos proprietários são favoráveis às intervenções propostas, como se comprovou com o inquérito realizado. Em casos pontuais, foi já possível verificar a transformação das moradias unifamiliares em multifamiliares, conseguindo elevar o número médio de ocupantes.

O desempenho energético desta tipo-morfologia não corresponde às exigências de conforto atualmente em vigor, devido ao sistema construtivo praticado na época, com ausência de isolamentos térmicos e presença de pontes térmicas essencialmente ao nível dos pilares e vigas. Contudo, esta apresenta potencialidades, como: materiais de elevada inércia térmica, boa orientação solar e varandas, que são favoráveis à introdução de sistemas passivos que foram entretanto caindo em desuso pela facilidade em se recorrer a sistemas ativos. A reabilitação revela-se assim um momento oportuno para revalorizar as características desta tipo-morfologia, otimizando o seu comportamento.

Ao densificar as moradias existentes, maioritariamente com ocupantes de meia-idade, é oportuno repensar não só a adequação das áreas à lotação, mas também a funcionalidade da habitação. A transformação e constituição das famílias exige a adequação das áreas garantindo flexibilidade dos espaços nas soluções apresentadas. As intervenções propostas, conforme

apresentadas no *kit* de intervenção, são de carácter evolutivo e contribuem para demonstrar que a questão financeira pode deixar de ser um impedimento na opção por modos de reabilitar mais sustentáveis. Os fogos com entradas e funcionamento autónomos, permitem que os ocupantes residam em tipologias semelhantes a apartamentos, mas beneficiando de espaços comunitários e áreas verdes (jardim, horta) promovendo assim um estilo de vida mais saudável e económico.

Nas imediações dos casos de estudo situados nas freguesias de Dume, Merelim São Pedro, Gondizalves, Ferreiros, Lomar, Gualtar, Palmeira e Nogueira estão disponíveis os serviços e amenidades essenciais às necessidades diárias dos moradores. Este fator contribui para a criação de comunidade sustentáveis e a redução da utilização do automóvel. Nas recentes áreas de expansão urbana, apesar de predominarem prédios plurifamiliares, estes beneficiam sobretudo da proximidade com as grandes superfícies comerciais. Nas restantes freguesias, designadamente São Pedro de Este, Semelhe, São Paio Arcos, São Mamede Este e Adaúfe, em virtude da implantação em zonas ainda predominantemente rurais, os casos de estudo não beneficiam das mesmas condições. Nestas freguesias, as intervenções apesar de não beneficiarem das mais-valias existentes nas restantes, como a proximidade do comércio e serviços, podem ser uma oportunidade para a dinamização do mercado de arrendamento, atualmente pouco representado a nível nacional, pois é onde existem alojamentos com maiores necessidades de reparação.

Apesar de ter sido unicamente abordada nesta investigação a conversão para habitação multifamiliar, a evolução das tecnologias e da possibilidade de trabalhar a partir de casa, permite que seja possível equacionar os conceitos de casa-trabalho ou mesmo a introdução de espaços de comércio e serviços nesta tipo-morfologia. Este estudo comprovou que é possível através da arquitetura, transformar as moradias unifamiliares em multifamiliares, adequando-as espacial e funcionalmente aos ocupantes e, simultaneamente, garantir uma maior eficiência energética e potenciar as relações humanas e com a cidade.

REFERÊNCIAS

Braga, Município. (2008). *Relatório da avaliação da execução do PDMB*. Direcção municipal de planeamento e ordenamento, divisão de planeamento, BRAGA.

Cabrita, A.R., Pedro, J.B. & Mourão, J., (2003). *Quantidade, qualidade e sustentabilidade do parque habitacional*. Portugal 2000, Outubro, p.23.

Domingues, A. (2006). *O que é que se fala quando se fala de casas?*. JÁ 224 – Publicação trimestral da ordem dos arquitectos. Portugal, Julho-Setembro, p. 48-51.

EC, D.G. (2011). *A Green Vitruvius – Princípios e práticas de projecto para uma arquitectura sustentável*. Ordem dos arquitectos.

INE, I.P., (2013). *O parque habitacional e a sua reabilitação – análise e evolução 2001-2011*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P. e Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Leite, C., (1996). *Quem tem medo dos emigrantes?*. Em: Noites de sociologia do Porto VI. Porto: Revista da Faculdade de Letras do Porto, p.232-236.

Matos, F.L.D, (2003). *Revista da Faculdade de Letras – Geografia*. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Silva, J.O. (2010). *Casa do Emigrante*. Universidade do Minho – Escola de Arquitectura

UTRAT, (2012). *Proposta concreta de reorganização administrativa do território – Município de Braga*. Lisboa.

Vaz, A.J., Ferreira, D.M., Luso, E., & Fernandes, S. (2013). *Manual BIOURB – Manual para a conservação e reabilitação da diversidade bioconstrutiva*. Bragança: Câmara Municipal de Bragança.

Tradição em Continuidade: monitorização das estratégias bioclimáticas das Quintas no Nordeste Transmontano

Joana Gonçalves

Universidade do Minho, Escola de Arquitetura, Guimarães, Portugal
arq.joanag@gmail.com

Ricardo Mateus

Universidade do Minho, Centro de Investigação CTAC, Guimarães, Portugal
ricardomateus@civil.uminho.pt

Teresa Ferreira

Universidade do Minho, Escola de Arquitetura, Guimarães, Portugal
teresacferreira@gmail.com

ABSTRACT: In recent decades the vernacular architecture has been recognized as an important source of knowledge in the adaptation of construction to the climate and other specific local characteristics. However, the systematized information is still scarce to quantitatively understand the hydrothermal behaviour of bioclimatic strategies identified in previous surveys to this type of architecture. Using the farmsteads in the northeast region of Portugal as a case study, this article presents the results of hygrothermal monitoring carried out during the heating and cooling seasons. The data obtained enabled to verify and quantify the effective performance of the identified bioclimatic strategies, which are presented as opportunities for contemporary architecture.

Keywords: vernacular architecture, sustainability, bioclimatic, monitoring

RESUMO: Nas últimas décadas a arquitetura vernácula tem sido reconhecidas como importante fonte de conhecimento na adaptação da construção ao meio ambiental e às especificidades do local. No entanto, escasseia ainda a informação sistematizada que permita compreender quantitativamente o comportamento higrotérmico, das estratégias bioclimáticas elencadas em levantamentos anteriores realizados neste tipo de construções. Recorrendo como caso de estudo às quintas da terra fria transmontana, este artigo apresenta os resultados das monitorizações higrotérmicas realizadas durante a estação de aquecimento e de arrefecimento. Os dados obtidos permitem verificar e quantificar o funcionamento efetivo das estratégias bioclimáticas identificadas, que se apresentam como oportunidades para a arquitetura contemporânea.

Palavras-chave: arquitetura vernácula, sustentabilidade, bioclimática, monitorização in-situ

1 CONTEXTUALIZAÇÃO: RELEVÂNCIA DA ARQUITETURA VERNÁCULA PARA UMA CONSTRUÇÃO MAIS SUSTENTÁVEL

Este artigo apresenta os resultados das avaliações quantitativas de temperatura e humidade realizadas num tipo de arquitetura vernácula portuguesa até ao momento não documentada (Gonçalves, 2014), as quintas da Terra Fria do Nordeste Transmontano. Pelo seu isolamento das redes de infraestruturas estas quintas constituem um desafio para soluções contemporâneas que visam a autossuficiência, permitindo a sua continuidade, mas devem reconhecer as potencialidades já inscritas no lugar. Sistematizando o que é a Quinta na Terra Fria do Nordeste Transmontano, considerar-se-á a afirmação de Jackson (1984): “no modelo de espaços que chamamos paisagem rural, o mais comum e elementar espaço é esse pequeno pedaço de terra em que vive e trabalha uma família”. Apesar da dispersão e isolamento que caracteriza este tipo

de arquitetura, é possível constatar uma maior concentração destas estruturas em torno da cidade de Bragança, o aglomerado de maior relevância na região, num limite máximo de 5 Km.

A variedade formal exterior e a indefinição espacial interior resultam da adaptação ao contexto físico imediato: um declive mais ou menos acentuado, a exposição solar da encosta, a geologia mais ou menos rochosa do lugar de implantação ou os ventos dominantes, determinam a orientação solar do edifício e do espaço de transição, os pés-direitos e a cota de enterramento das adegas, e mesmo o número de vãos nas fachadas. No entanto, apesar desta diversidade é possível sistematizar algumas das estratégias construtivas mais frequentes encontradas nos casos analisados.

Durante anos, os modelos de construção assentes na inesgotabilidade dos recursos, conduziram à desvalorização da adaptação da forma arquitetónica às especificidades locais e do recurso a sistemas passivos de climatização. Na procura de respostas de equilíbrio entre sustentabilidade ambiental, económica e social, ganham força as soluções passivas ou de baixa tecnologia, com um olhar mais atento à relação do desenho arquitetónico com o lugar, numa “interpretação bioclimática” (Olgay, 1962).

Num contexto climático muito próximo do português, Cañas e Martín (2004) procuraram determinar e monitorizar estratégias de desenho bioclimático da arquitetura vernácula espanhola, analisando e comparando o comportamento térmico de construções vernáculas face a construções contemporâneas (Martín, Mazarrón, & Cañas, 2010).

Em Portugal, a investigação de Fernandes (2012) apresenta uma sistematização das estratégias e soluções identificadas nos diversos inquéritos à arquitetura popular em Portugal, segundo os princípios de sustentabilidade e região climática. Também o projeto transfronteiriço BIOURB apresenta um inventário das principais estratégias bioclimáticas da arquitetura tradicional transmontana (Vaz, Ferreira, Luso, & Fernandes, 2013).

A presente investigação procura reconhecer soluções comuns no tipo de arquitetura em estudo, contribuindo para o seu conhecimento mais aprofundado através da compreensão quantitativa do comportamento destas estratégias, incentivando a sua recuperação e a sua reinterpretação contemporânea.

2 METODOLOGIA

Procedeu-se ao registo, levantamento e validação das estratégias vernáculas de adequação ao meio e ao homem, através de uma metodologia baseada em avaliações objetivas – quantitativas e qualitativas – e subjetivas.

A análise ao ambiente térmico através de monitorizações *in-situ*, foi efetuada em 9 habitações, das quais apenas 2 habitadas. Os ensaios decorreram em dois períodos, cobrindo as duas estações climáticas: no período compreendido entre 14 de julho de 2013 e 29 de setembro de 2013 e entre 28 de outubro de 2013 e 24 de janeiro de 2014. O registo da temperatura e humidade foi efetuado com sensores Klimalogg Pro TFA, com uma precisão de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ para a temperatura e de $\pm 3\%$ para a humidade, em intervalos de 15 minutos e por períodos de 15 dias.

3 APRESENTAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

3.1 Critérios de Seleção dos Casos de Estudo

No presente artigo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos na monitorização *in-situ* de três casos de estudo situados no território envolvente à cidade de Bragança: Quinta de Campelo; Quinta do Cano e Quinta do Marrão.

A Quinta de Campelo é um dos raros casos de estudo que continua habitado de forma permanente e no qual a análise de comportamento térmico é confrontada com a realidade da

ocupação. Monitorizaram-se os compartimentos considerados mais relevantes no dia-a-dia: dois quartos a sudeste, um quarto a sudoeste, cozinha e adega. Analisaram-se ainda dois espaços exteriores: a fachada principal a sudeste e o alpendre do pátio a sudoeste (Fig. 1).

Na Quinta do Cano, a habitação é utilizada apenas de forma pontual, pelo que a ocupação não tem um efeito relevante nos dados recolhidos. Uma particularidade deste caso é a utilização de vegetação para sombreamento do pátio e a existência do tanque junto à habitação, permitindo analisar a influência do arrefecimento evaporativo durante a estação quente (Fig. 1).

A secção em estudo da Quinta do Marrão permaneceu habitada até à última década e tem a particularidade de apresentar a varanda encerrada (Fig. 1). Ainda que pouco comum nesta região, optou-se por estudar esta solução, procurando identificar o contributo dos ganhos térmicos proporcionados pelo efeito de estufa no conforto dos espaços interiores.

3.2 Caraterização Construtiva

A construção das alvenarias exteriores e muros de suporte é a manifestação mais evidente da gestão dos recursos locais na construção. Na maior parte dos casos, a envolvente exterior é de alvenarias de xisto ordinárias, em dois paramentos verticais. A simplicidade deste processo permitia que a construção fosse mais fácil e rápida, aproveitando as pedras encontradas no local, normalmente sem qualquer tipo de talha.

O assentamento era feito com argamassas de barro, normalmente provenientes da própria quinta e incluía palha trilhada como agregado que contribuía para dar maior coesão e resistência. Este tipo de paredes, com grande densidade e espessura, apresenta elevada inércia térmica, isto é “capacidade de armazenar calor e libertá-lo ao fim de um período de tempo” (Vaz, Ferreira, Luso, & Fernandes, 2013) contribuindo para enfrentar as grandes oscilações térmicas habituais nesta zona do país, mantendo a estabilidade do ambiente interior.

Todas as quintas são semienterradas, tirando partido da temperatura do solo e da sua inércia térmica, numa estratégia identificada como climatização geotérmica (Vaz, Ferreira, Luso, & Fernandes, 2013). Esta solução assegura ainda uma maior proteção contra os ventos, as chuvas e a exposição solar direta, importante no verão. Habitualmente a estas zonas eram atribuídas funções de armazenamento pelo que o pavimento era mantido em terra batida.

Na generalidade dos casos, os telhados eram formados por duas águas e, em alguns deles, a maior vertente orientada a sul – funcionando como cobertura captadora (Vaz, Ferreira, Luso, & Fernandes, 2013) como foi possível constatar na Quinta de vale das Flores ou na Quinta de São Lázaro. Sobre a estrutura dos telhados assentava o guarda-pó ou o ripado, e era aplicada diretamente a telha cerâmica mais elementar, de canudo. Podia assumir diversas expressões: um tabuado simples e espaçado, favorecendo taxas de ventilação elevadas, utilizando menos recursos – telha-vã; a chamada ripa-junta, em que o tabuado era disposto de forma contínua; ou ainda o tabuado sobreposto em escama, oferecendo uma maior proteção contra as infiltrações pluviais e isolando melhor. Outra opção, mais usual a partir de meados do século XX, é o recurso a forro de madeira criando um desvão entre a cobertura e os tetos falsos dos compartimentos, que se verificou em quase todos os casos habitados durante mais tempo. As coberturas não serviam apenas os espaços interiores. O seu prolongamento para o exterior originava beirais, alpendres ou varandas que permitiam proteger as paredes e os elementos de madeira das chuvas, mas também criar espaços de transição entre interior e exterior, atenuando os efeitos das diferenças de temperatura. Outro espaço de transição frequente é o quintal ou pátio, sombreado com ramada vegetal.

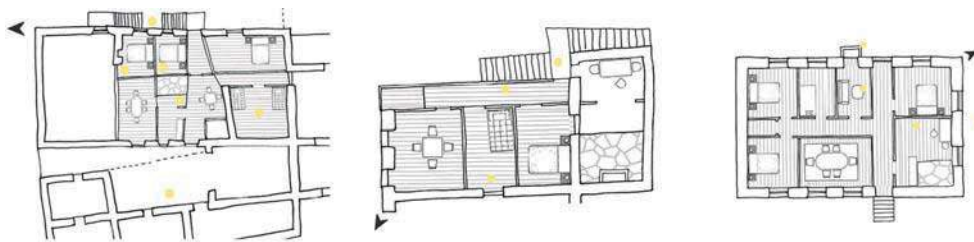


Fig.1 Posição dos sensores na Quinta de Campelo, do Marrão e do Cano, respetivamente.



12

Fig.2 Adaptação à topografia. Fig.3 Estufa Anexa



Fig.4 Pátio com Ramada de Sombreamento (Arrefecimento Evaporativo no Pátio). Fig.5 Utilização da Lareira para Aquecimento



Fig.6 Inércia térmica proporcionada pelas espessas paredes de xisto

A análise à distribuição programática demonstrou que normalmente os quartos se encontravam próximos das fontes de calor. A composição das paredes divisórias interiores com baixa espessura e massa térmica facilitava as trocas de energia entre estes espaços, já que eram construídas em tabique ou taipal simples de madeira. O tabique é um sistema construtivo leve com madeira e barro, com uma estrutura de madeira espaçada cerca de 50cm, sobre a qual se prega um ri-

pado horizontal. Entre os dois planos de fasquio coloca-se um enchimento que pode ser constituído por tábuas, canas, desperdícios de madeira - casquinha - ou espigas de milho, por exemplo; por fim a parede é preenchida com argamassa de barro e rebocada, também com barro ou argamassas de cal.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Quinta de Campelo

Durante o Verão, nos compartimentos orientados a oeste, as temperaturas máximas são atingidas no final do dia, quando os raios solares incidem mais diretamente. No entanto, na cozinha a temperatura máxima é mantida durante mais tempo, entre as 18h30 e as 20h30, coincidindo com o período de utilização na hora de jantar. O quarto a sudoeste (B) apresenta as temperaturas mais elevadas e também as maiores amplitudes térmicas, devido à incidência do sol no final do dia e à constituição da cobertura, sem desvão. Já no quarto a sudeste (A), as amplitudes térmicas são menores, e as temperaturas mínimas acontecem durante o período da manhã, entre as 8h30 e as 10h30, enquanto a janela está aberta para ventilação. Apesar da envolvente exterior deste compartimento estar exposta à radiação solar durante o período da manhã, esta só se reflete na temperatura interior no final do dia, altura em que se atingem as temperaturas máximas (Figura 7). A adega apresenta valores quase constantes, com a temperatura por volta dos 21°C, e humidade relativa, com valores bastante elevados, na ordem dos 70% (Figura 8). Comparando os dados obtidos no interior e no exterior verifica-se que a diferença temporal entre os picos mínimos de temperatura é de cerca de 4 horas e nos picos máximos, em média, 3 horas.

Nas monitorizações de inverno a adega apresenta valores de temperatura e humidade relativa constantes, 9°C e dos 78%, e temperaturas habitualmente superiores aos de todos os restantes compartimentos, com exceção da cozinha, em que a lareira acesa durante praticamente todo o dia permite atingir valores em média na ordem dos 15°C (Figura 9). Os horários de utilização da cozinha são evidentes nos resultados, com os picos de temperatura mais elevadas a acontecerem nos horários das refeições: 13h00 e 19h30. A proximidade com a lareira parece afetar o conforto térmico no quarto a sudeste (A), que apresenta ao longo do dia uma temperatura ligeiramente mais elevada do que o quarto a sudoeste (C). Porém, neste as temperaturas mínimas são normalmente mais elevadas uma vez que o aquecimento elétrico ligado de forma pontual contribui para atenuar os picos de temperatura.

Ainda que estas temperaturas se encontrem bastante abaixo das temperaturas de conforto desejáveis, verifica-se que se mantêm praticamente constantes, não sendo significativamente afetadas pelas oscilações da temperatura exterior, demonstrando assim a capacidade de retenção de calor das espessas paredes de xisto. O mesmo não se verifica na cozinha, onde as amplitudes térmicas diárias chegam a atingir os 10°C, não só por se tratar do único compartimento climatizado da casa, mas também pela baixa inércia térmica da maioria das paredes que delimitam este espaço (tabique e taipal em madeira) e pela ausência de encerramento com a sala e o hall de entrada, facilitando a circulação do ar.

Tal como já se verificara no verão, o quarto a sudoeste (B) apresenta as oscilações de temperatura maiores, uma vez que toda a ala sudoeste da casa se encontra sem utilização. Para além disso, a ausência de desvão contribui também para o arrefecimento mais rápido deste espaço. As temperaturas mínimas são, em média, 2°C mais baixas do que nos restantes quartos e as amplitudes térmicas diárias são também superiores. No que respeita aos dois espaços exteriores analisados verificou-se que, tal como na estação quente, o alpendre, mais abrigado dos ventos apresenta amplitudes térmicas menores, com temperaturas mínimas mais elevadas do que a fachada Sudeste, mas, também, com temperaturas máximas mais baixas.

Tanto na estação fria como na estação quente os valores de humidade relativa dos espaços

habitados permanecem estáveis e dentro da zona de conforto (30-70%) devido às paredes divisórias em tabique, com argamassas de barro, com boa higroscopicidade, contribuindo para a regulação do ambiente interior.

4.2 Quinta do Cano

A análise aos registos da estação quente permite verificar a importância da exposição solar a oeste: as temperaturas máximas são atingidas no final da tarde, entre as 18h00 e as 19h30, com exceção do pátio a nordeste que atinge as temperaturas mais elevadas entre as 15h00 e as 16h00 (Figura 10) A utilização de ramada para sombreamento assim como a presença do tanque, possibilitando o arrefecimento evaporativo, como o demonstram os valores de humidade relativa, tornam este espaço exterior mais agradável nos dias quentes de verão. Em relação aos outros espaços exteriores, o pátio apresenta uma amplitude térmica inferior, em média, 3°C e uma temperatura máxima 5°C mais baixa ao longo do período de monitorização.

A adega, ainda que mais enterrada a nascente do que o espaço equivalente na Quinta de Campelo, apresenta maiores variações de temperatura e valores de humidade relativa mais baixos (Figura 11), provavelmente pela orientação solar da envolvente exterior, a poente, completamente exposta à radiação solar no período mais quente do dia.

Na Quinta do Cano a diferença temporal entre os picos de temperatura máximos no exterior e no interior são de cerca de 3 horas; os mínimos apenas 2 horas. As amplitudes térmicas no interior são muito menores do que no exterior, mantendo o interior da habitação a uma temperatura média de 22.6°C, num período em que as temperaturas medidas no exterior chegaram a atingir os 40°C.

Durante a estação fria, porém, os dados recolhidos não oferecem a mesma relevância que na Quinta de Campelo, uma vez que o edifício não se encontra habitado. Assim, o comportamento térmico da cozinha e da saleta são praticamente idênticos, com temperaturas médias muito baixas, que não chegam aos 7°C. Também as temperaturas exteriores são muito semelhantes na fachada poente e no pátio sombreado, a nordeste, com a temperatura máxima a ocorrer diariamente por volta das 15h30, hora em que a fachada principal se encontra mais exposta à radiação solar (Figura 12).

Uma vez mais, apesar de temperaturas interiores bastante abaixo do limiar de conforto, as variações são pouco elevadas, na ordem dos 2,5°C, não sendo significativamente afetadas pelas oscilações no exterior, com amplitudes térmicas diárias médias de 15°C. Com um comportamento ainda mais constante, a adega é o espaço com a temperatura mais elevada, em média 6°C, e níveis de humidade relativa também constantes (78%).

4.3 Quinta do Marrão

Os registos da estação quente demonstram que as temperaturas no exterior e na varanda encerrada são muito próximas, em média 27°C, ainda que as temperaturas mínimas sejam sempre ligeiramente mais elevadas na varanda, demonstrando assim o efeito de estufa. Apesar da baixa massa térmica da parede de tabique que separa os quartos da varanda, esta funciona como uma zona tampão, havendo um desfasamento médio de 3 horas entre as temperaturas máximas (Figura 13). Devido ao efeito de estufa, o compartimento interior mantém temperaturas elevadas ao longo de todo o dia, com temperaturas mínimas na ordem dos 23.5°C. A ausência de dispositivos de oclusão ou sombreamento proporcionado por beiral ou por vegetação tornam o espaço interior excessivamente quente, superando os 31°C, valor ainda assim 5°C mais baixo do que no exterior.

O furto do sensor de exterior durante as monitorizações de inverno apenas permite analisar os dados de 9 dias. No entanto, esse período é suficiente para compreender que, tal como no verão, os perfis de temperaturas no exterior e na varanda são muito idênticos, embora as

amplitudes térmicas diárias sejam menores no espaço de transição (Figura 14). As temperaturas mínimas na varanda são, em média, 1.7°C superiores às exteriores. O quarto contíguo à varanda apresenta temperaturas estáveis na ordem dos 5°C num período em que as temperaturas mínimas atingiram os 5°C negativos e as amplitudes térmicas superaram os 20°C.

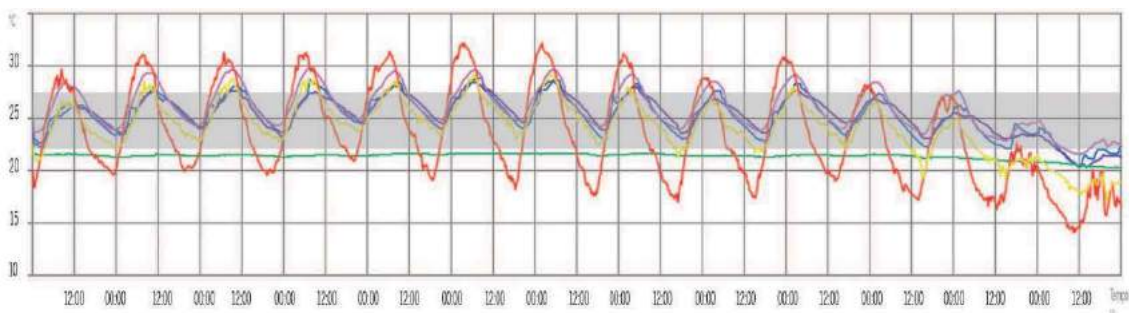


Fig. 7: Quinta de Campelo – Perfis de Temperatura (15/07 – 28/07/2013).

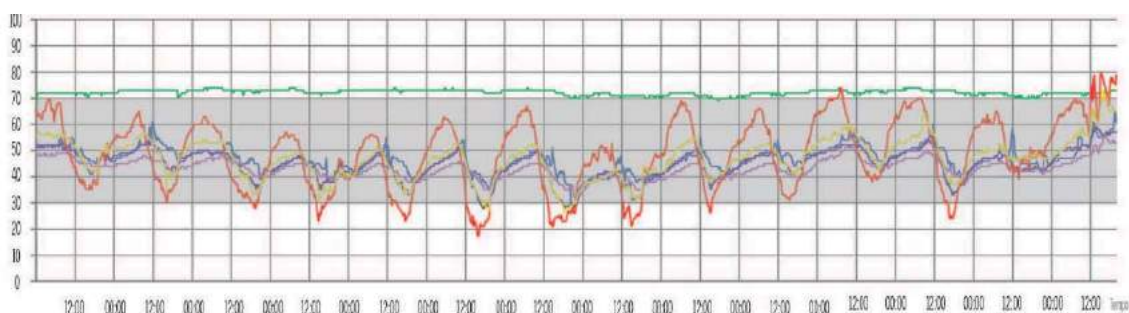


Fig. 8: Quinta de Campelo – Perfis de Humidade (15/07 – 28/07/2013)

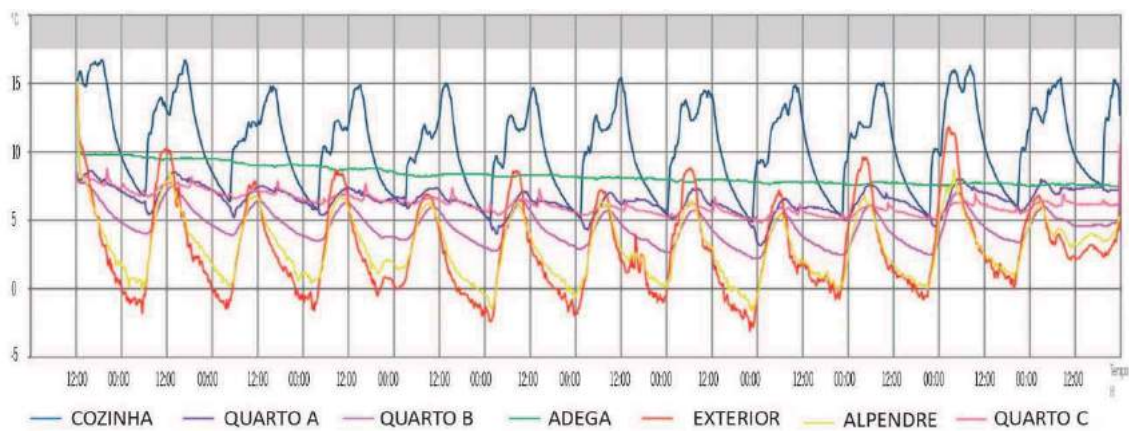


Fig. 9: Quinta de Campelo – Perfis de Temperatura (24/11 – 06/12/2013).

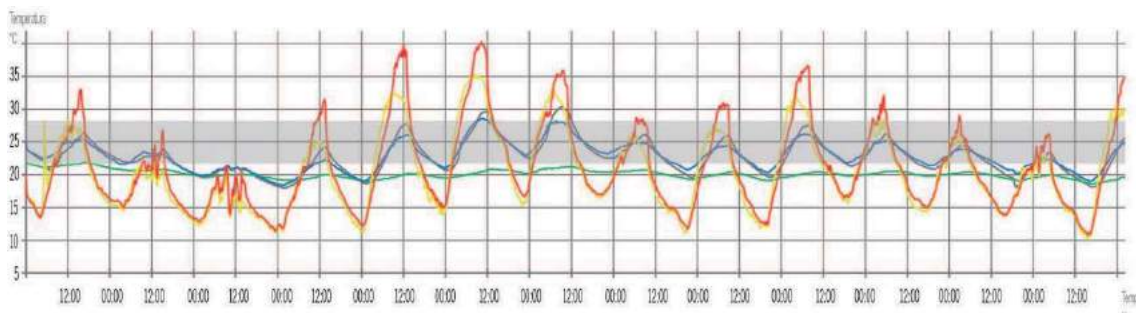


Fig. 10: Quinta do Cano – Perfis de Temperatura (26/07 – 08/08/2013).

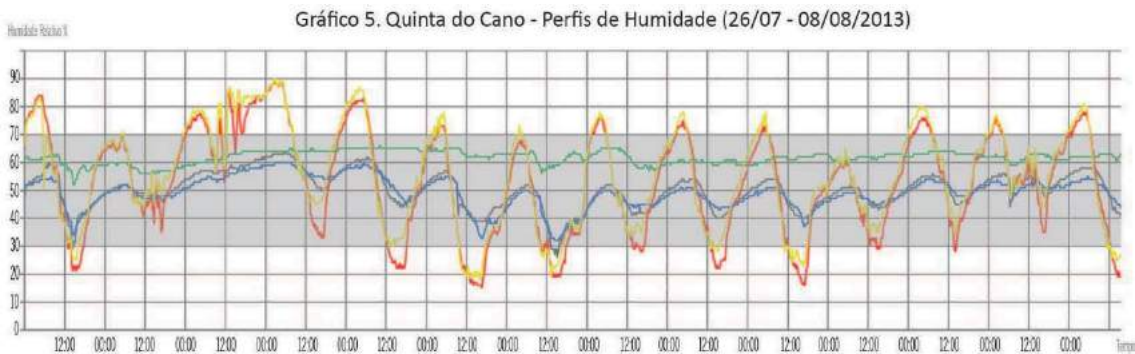


Fig. 11: Quinta do Cano – Perfis de Humidade (26/07 – 08/08/2013).

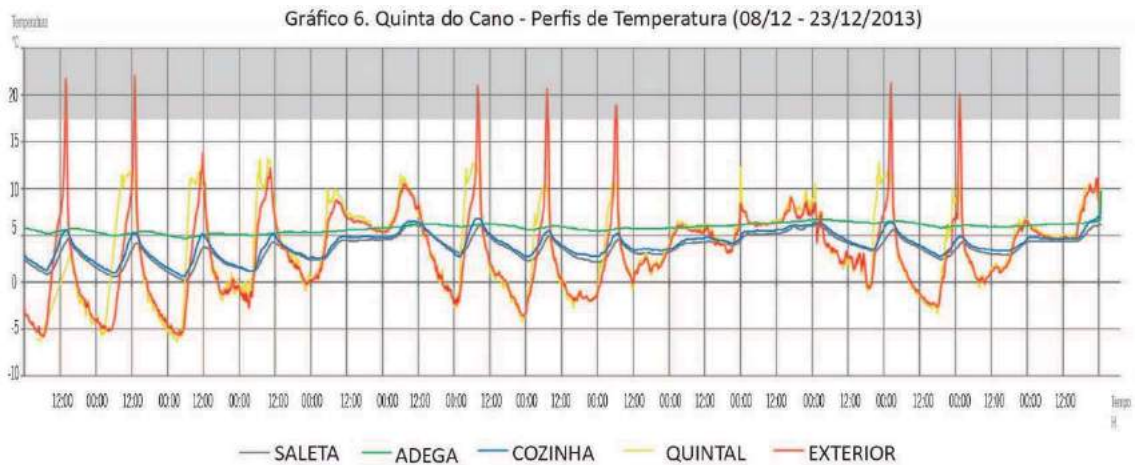


Fig. 12: Quinta do Cano – Perfis de Temperatura (08/12 – 23/12/2013).

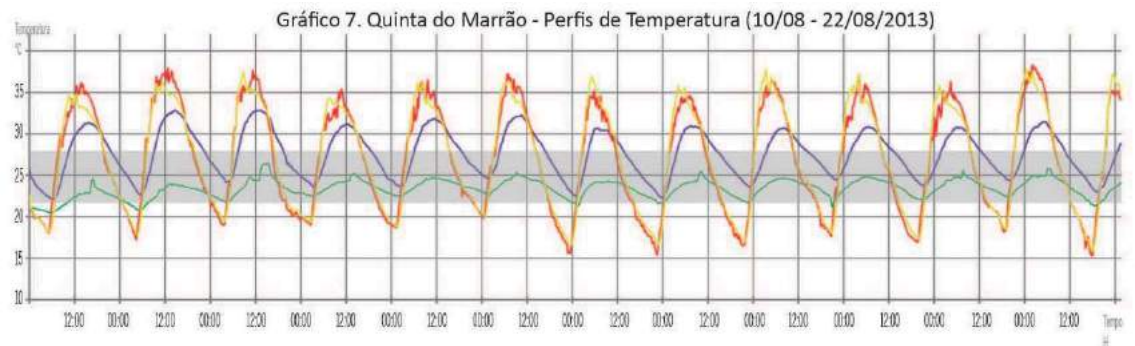


Fig. 13: Quinta do Marrão – Perfis de Temperatura (10/08 – 22/08/2013).

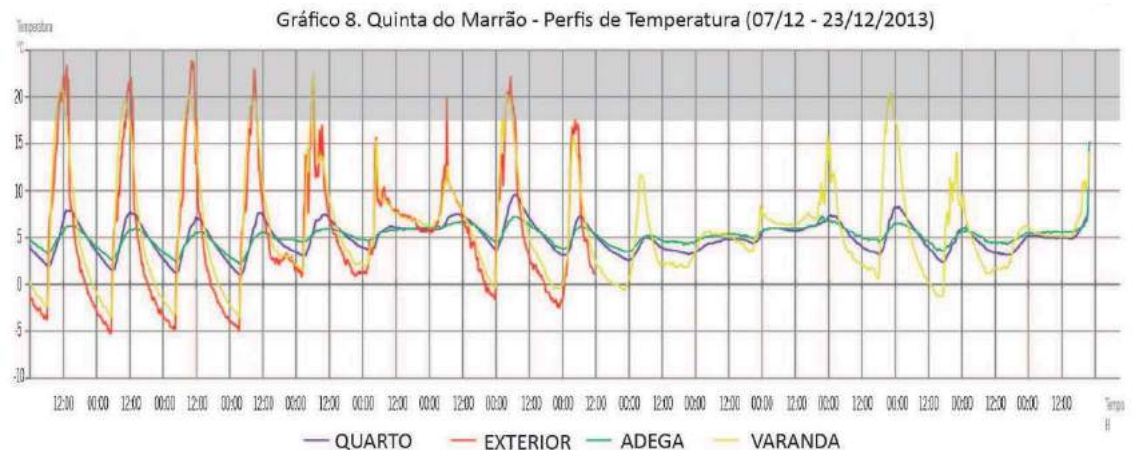


Fig. 14: Quinta do Marrão – Perfis de Temperatura (07/12 – 23/12/2013).

5 CONCLUSÕES

As monitorizações efetuadas *in-situ* no verão e no inverno permitiram quantificar o contributo de alguns princípios bioclimáticos identificados noutros estudos para a manutenção da qualidade do ambiente interior. Porém, tão importante como essa quantificação é compreender de que forma essas características das habitações condicionam, ou condicionaram, a apropriação dos espaços relacionando, transversalmente, o contexto, a construção e os modos de habitar.

Constatou-se que a implantação do edifício aproveitando o declive natural do terreno, permite tirar partido da inércia térmica do solo e proteger o edifício das intempéries (fig.2). A localização nas zonas mais enterradas das funções programáticas associadas à conservação dos alimentos, como despensas e adegas, permite otimizar esta relação, tirando partido dos níveis de humidade e temperatura estáveis, com amplitudes médias de 1.6°C e humidades relativas na ordem dos 76%. Na generalidade dos casos analisados, estes espaços apresentam, durante o verão, as temperaturas mais frescas dos espaços interiores monitorizados e, durante o inverno, temperaturas mais confortáveis do que os espaços não climatizados, como se verifica na Quinta de Campelo.

A estufa anexa (fig.3) revela-se uma estratégia efetiva para proporcionar ganhos térmicos no interior, o que pode nem sempre ser benéfico no desempenho térmico do edifício. Na Quinta do Marrão, único caso analisado com esta estratégia bioclimática, a simplicidade da construção condiciona os resultados, pois apesar de se verificar o efeito de estufa pretendido, a ausência de dispositivos de oclusão durante o verão e a excessiva ventilação durante o inverno não permitem otimizar os ganhos térmicos. O quarto atinge temperaturas excessivamente elevadas durante o verão, tornando-se desconfortável, o que justifica o facto de a última moradora optar pela loja como espaço preferencial para a sesta, durante a estação quente.

O arrefecimento evaporativo proporcionado pelo tanque na Quinta do Cano, associado à utilização de ramada de sombreamento, torna o espaço do pátio mais confortável durante os dias quentes de verão. Com menores oscilações de temperatura e temperaturas máximas mais baixas, este torna-se o lugar ideal para reuniões sociais e momentos de lazer, como as refeições familiares no exterior (Fig. 4), mas também funções associadas à vida doméstica.

A única cozinha monitorizada ainda em utilização, na Quinta de Campelo, reflete claramente o porquê de este espaço ser o centro da casa. Durante o inverno, este compartimento apresenta as temperaturas mais elevadas, apesar das grandes oscilações de temperatura causadas pela acentuada circulação de ar, e os registos de temperatura manifestam claramente os modos de habitar dos residentes (fig.5).

Todas as quintas têm em comum a existência de um ou vários espaços de transição orientados, sejam eles pátios (Campelo), alpendres (Campelo), varandas (Britelo) ou latadas de sombreamento (Cano). Ainda que a varanda seja a solução considerada mais típica nesta região a análise dos casos de estudo demonstra que esta não é um elemento indispensável na caracterização do tipo, sendo frequentemente substituída por outras estratégias mais adequadas ao contexto imediato. Exemplo disso pode ser encontrado na Quinta de Vale das Flores, onde no lugar onde habitualmente se encontraria a varanda, na fachada orientada a sudoeste, se encontra uma parede cega, como proteção dos ventos dominantes, e um alpendre que protege a entrada dos ventos e da chuva, mas simultaneamente serve funções pragmáticas de arrumação associadas à agricultura, abrigando os carros de bois e alfaias ou armazenando a lenha. Independentemente do tipo de estratégia de transição aplicada, estes espaços revelam-se efetivos reguladores atenuando as diferenças entre o exterior e o interior Para além destas funções, estes espaços eram lugares sociais, zonas de estar e de convívio e pontos de relação visual com o exterior, mas estavam também associados a algumas tarefas domésticas como a secagem de cereais, frutas ou plantas aromáticas.

Ainda que não dispondo de isolamento térmico e mantendo taxas de ventilação elevadas, seja pela composição do telhado ou do sobrado, pelas caixilharias pouco estanques ou mesmo pela ausência destas, todos os casos de estudo monitorizados apresentam perfis de temperatura bastante estáveis nos compartimentos interiores, sobretudo se comparados com as oscilações no exterior. As espessas paredes de xisto (fig.6) contribuem para este desempenho, devido à sua elevada massa térmica, retendo o calor e libertando-o ao longo do período mais frio do dia, tal como se verifica pelos desfasamentos dos picos de temperatura no exterior e no interior, em média superior a 2 horas. Apesar disso, as temperaturas permaneceram muito abaixo dos níveis de conforto durante a estação de aquecimento, e para isso pode ter contribuído o facto de a maioria dos casos não se encontrar habitado nem em bom estado de conservação.

Ainda que reconhecendo que as necessidades mudaram e que as exigências de conforto, enquanto conceção cultural, são hoje superiores, as monitorizações *in-situ* nos edifícios revelaram-nos adequados ao contexto climático onde se encontram: um bom comportamento higrotérmico durante a estação quente, mantendo-se frescos e com valores de humidade confortáveis sem necessidade de recorrer a sistemas ativos de arrefecimento, e um desempenho estável durante a estação fria que, ainda que exigindo o recurso complementar a sistemas ativos de aquecimento, poderia permitir a manutenção de temperaturas confortáveis com reduzido consumo energético. Para além disso, evidenciaram as mais-valias de algumas estratégias de adequação ao meio, como a climatização geotérmica, o arrefecimento evaporativo ou os espaços de transição orientados, que oferecem novas oportunidades à arquitetura contemporânea. Em alguns casos estas soluções apresentavam fragilidades, como a estufa anexa na Quinta do Marrão, mas mesmo este reconhecimento mostra que é possível a sua reinterpretação não pela continuidade mas pela evolução no contexto contemporâneo.

Pelo seu isolamento das redes de infraestruturas estabelecidas, que pode ter contribuído para algumas situações de abandono, torna-se particularmente pertinente que as intervenções contemporâneas visem a continuidade dos processos de autossuficiência identificados, ensaiando soluções que valorizem estratégias bioclimáticas de adaptação ao contexto para a redução dos consumos energéticos, como os edifícios ZEB (zero energy buildings) ou WEFI (water, energy and food almost independent buildings).

REFERÊNCIAS

Gonçalves, J. 2014. *Tradição em Continuidade: Levantamento das Quintas da Terra Fria do Nordeste Transmontano e Contributos para a Sustentabilidade*. Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura. Guimarães: Universidade do Minho.

Olgay, V. (1962). *Arquitectura y Clima - manual de diseño bioclimatico para arquitectos y urbanistas* (1998 ed.). Barcelona: Gustavo Gili.

Cañas, I., & Martín, S. (2004). Recovery of Spanish Vernacular Construction as a model of bioclimatic architecture. *Building and Environment*.

Cañas, I., & Martín, S. (2009). Recovery of Spanish vernacular construction as a model of bioclimatic architecture. *Building and Environment*, pp. 1477-1495.

Fernandes, J. (2012). *O contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a Sustentabilidade dos Edifícios*. Dissertação de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis. Guimarães: Universidade do Minho.

Vaz, A. J., Ferreira, D. M., Luso, E., & Fernandes, S. (2013). *Manual Biourb - Manual para a conservação e reabilitação da diversidade bioconstrutiva*. Bragança: Câmara Municipal de Bragança.

Jackson, J. B. (1984). *Discovering the Vernacular Landscape*. Yale University Press.

The influence of the Palestinian sociocultural values in shaping the vernacular architecture of Nablus city

Fajr Ali Al Tawayha

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
fajrty@gmail.com

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

Ricardo Mateus

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
ricardomateus@civil.uminho.pt

ABSTRACT: Recently, environmental architecture and sustainable construction has been ranked on top of the world's interests. Making use of natural resources helps in reducing energy consumption and costs associated with the operation of buildings. The current architectural approaches and designs in Palestine are far away from environmental concepts, copying and simulating abroad approaches, without taking into account the culture, climate, and inhabitant's needs. On the contrast, vernacular architecture has achieved environmental concepts and has given suitable approaches and samples - without any need to simulate or copy - which come from people and land. This paper discusses how the Palestinian socio-cultural context shaped the residential vernacular architecture in Palestine, taking the old city of Nablus as a case-study. The research concept depends on analysing and trying to understand the effect of the socio-cultural context on vernacular architecture and trying to reach some rules or understandings of how it works in order to reach a modern environmental dwelling that is suitable to this concept. The research method goes through analysing study cases from the traditional architecture models and the Nablus city is selected as a case study. This analytical and qualitative method can lead to deep understanding for how to benefit from vernacular architecture in Palestine in finding the future environmental residential construction. One of the main findings of this research is to set general and special rules for building sustainable buildings in Palestine from the socio-cultural point view, in order to be a reference for designers, stakeholders, ministry of planning, and municipalities.

Keywords: Sociocultural constrains, Palestinian vernacular architecture, sustainability.

1 INTRODUCTION

Nowadays the architectural approaches used in Palestine forgot completely the learnings from the traditional architecture and are above all based in design approaches from abroad. Therefore these approaches do not consider Palestinian's specific climate conditions, internal organization of spaces, sociocultural constrains (including specific demands for privacy), among other aspects. This models are very bad in maintaining the indoor environment within the comfort boundaries, ignoring the inhabitant's needs, and not reflecting the cultural and religious identity of Palestinian society (Asquith and Vellinga 2006).

Vernacular architecture is considered as an environmental architecture, and cultural constrains are one of the main foundations of environmental buildings and structures. This paper will discuss the effect of the specific sociocultural context on vernacular architecture and how the learning from the past can be considered again in the design process of modern buildings. This paper will discuss some design rules and limitations in terms of cultural view, especially because of the strong and major effect of the specific sociocultural context of the Palestinian society in particular, and

middle eastern society in general. An example of ignoring the specific sociocultural constrains can result in the situation presented in Figure 1.



Figure 1. Changes conducted by the local citizens on buildings because of sociocultural constrains (Sarkis 2001).

2 SOCIOCULTURAL PRINCIPLES IN PALESTINIAN SOCIETY

The German orientalist Otto Spies says that "The Islamic city is affected by the neighbour rights between inhabitants which comes from the religious legislations" (Abu-Lughod 1987).

The Palestinian society is a society with people who believed themselves bound together by the most fundamental ties (family), common village origin, ethnic or sectarian Religious identity as most of Arab countries.

The strongest and the most effective bounds in the Palestinian society are cultural bounds, which come from the religious believes. Religion is very effective and touches every side of the daily life and affects it, such as the habits of clothing, food, the way of thinking and learning, and many other sides, and of Course architecture is a part of this (Stevenson and Ball 1998).

Therefore, if these specific principles are not taken into consideration, it will definitely cause negative side effects on any product, including those from the construction industry, and the current samples of contemporary building omitted this side and failed in achieving sustainable built environment.

3 THE EFFECT OF THE CULTURAL VALUES

UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization) has coined the term "whole life sustainability" in order to expand the general meaning of sustainable architecture from designing environmentally friendly buildings, to architecture incorporating local identity into design process (Tocher 2011 cited by Kultur 2012).

"The word culture is a determining of a very complicated concept which expresses all of the intellectual activities of a civilization. The culture is: dynamic, expressed through the community as well as the individual, interpreted with each member of the community, shared with groups and transformed to new generation. It involves a system of rules, and also attitudes, values, beliefs and norms. It conveys the sustainability of vitality of the community, and has the potential to change" (AYALP 2011).

To clarify more, an example about this effect in a small scale (design scale) is useful. According to Rapaport (1969), the cultural elements that affect the house formation in the Middle East are:

- Religion;
- Architectural language and other heritage peculiarities;
- The structure of family and relatives;

- Child raising methods;
- Settlement patterns;
- Land division and land owning systems;
- Food habits;
- Symbolic and traditional systems;
- Status defining methods and social identity;
- Cognitive maps; privacy, intensity, territoriality;
- Behavioral organization in a house;
- Working, business with others and trades.

With all these cultural, social and psychological impacts, home is more than design and drawing's, walls, and materials, it became a home that gains high symbolic and emotional meaning (AYALP 2011).

Place formation can be defined as the individual forms towards a certain environment. The concept of place involves not just a physical element but also emotional factors (AYALP 2011).



Figure 2. The old and the new city of Nablus ("Nablus Food Tales from Nablus" 2014).

With such a huge influence and effect from such impacts the home become a concept of place rather than space, so while designing a place, architect should design every single detail related to this place. Home is more than a place to live inside, it's a place filled with motion, meanings, stories, this is the feeling while looking and feeling vernacular architecture, it's a space at the beginning, and by time and culture it carries a lot of stories and experience and become a place.

Perhaps a simple and quick look at the old town of Nablus, gives us a sense of the big difference between it and the modern part of the city in terms of the general image, context, design approaches and methods of construction.

And with deeper insight the difference grows and expands in terms of achieving environmental concepts and observing the needs of the people, culture and place, unlike the modern part. Perhaps the most prominent solution is taking the cultural aspect into account within the design process, and the sustainable building process will come as a result.

Some of these cultural concepts will be discussed in the further section in terms of affecting the city and the buildings from the performance point of view. These effects can be either direct (Intentional) or indirect (Unwitting).

Perhaps privacy is one of the concepts that is mainly affecting the Palestinian society, it comes from strict cultural believes, and it means that nobody can reveal his home, cultural activities,

or family life, and also it means preventing mix between men and women in social or cultural activities and daily life (Al-Tawayha 2011).

This aspect led people to find and create many different architectural solutions such as: i) the courtyard house; ii) semi-public gardens; iii) Semi-private spaces.

3.1 The courtyard house

The demand for privacy prevents the family entertainment and special activities in urban areas and public squares, therefore they created private spaces inside their houses that overcome their needs for external spaces (Figure 3).



Figure 3. Court yard house in Nablus old city (Horn 2012).

The use of courtyards also led, in an indirect way, to create a green environment inside the house, with watery elements, which helps to keep the climate suitable and comfortable especially in summer days.

Additionally, privacy prevents that neighbor's can rise their building over a certain high in order to protect these courtyard from the external views (Figure 4).

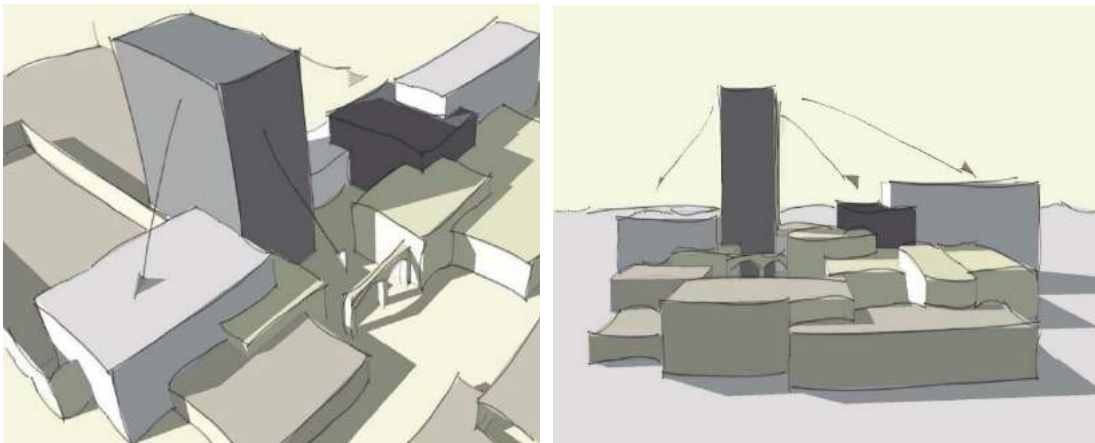


Figure 4. 3D model showing the negative effect of high-rise buildings.

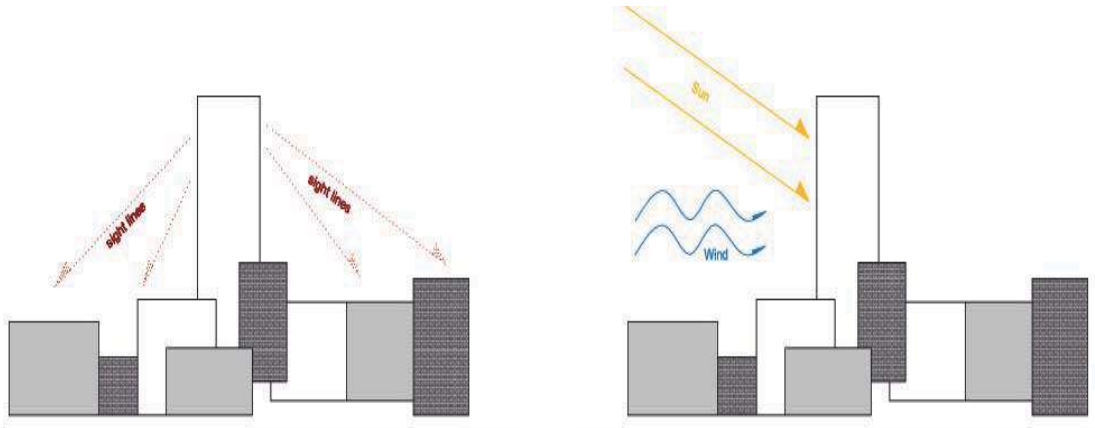


Figure 5. 3D model showing the negative effect of high-rise buildings.

This blockage has another indirect advantages, it also do not obscure sun and wind from reaching the house, and keeps a healthy climate and good ventilation in all the dwellings in the city.

3.2 Semi-public gardens

Such gardens were created for relative families in each neighborhood as an alternative solution for public parks, where free contact between people – males and females - are not allowed by the sociocultural and religious values.

The cultural and social activities were not ignored and therefore such solutions were created. These gardens can't be used by strange people or foreigners, it's only used by people who are allowed to communicate in this community (Figure 6).



Figure 6. Courtyard house in Nablus old city (Horn 2012).

From the creation of semi public gardens, a new concept raised which was sharing the city responsibilities between authorities and people, so that people feel their responsibilities toward their city and also feeling their responsibility towards these parks, taking care of them and keeping them in a good condition as better as they could. Therefore these green areas are still used and exist all around the city. Such concept would be very useful for poor countries - developing countries, such as Palestine, and it's clearly observed in the old city of Nablus. These semi-private parks and gardens give the city vitality, healthy environment, and reduce pollution(Akbar 1994).

As a result of ignoring this concept and the lack of governmental possibilities, there is a great scarcity in public parks in Nablus city and Palestine, even the existing ones are ignored and disabled and people do not care and do not feel any responsibility towards them. This cause a

lot of semi-desert lands, an unhealthy environment in addition to significant social problems. These problems are a result of ignoring the city and society culture, and as seen in Figure 8, the main parks in Nablus city are losing the green and watery elements, and also losing the interaction with society.

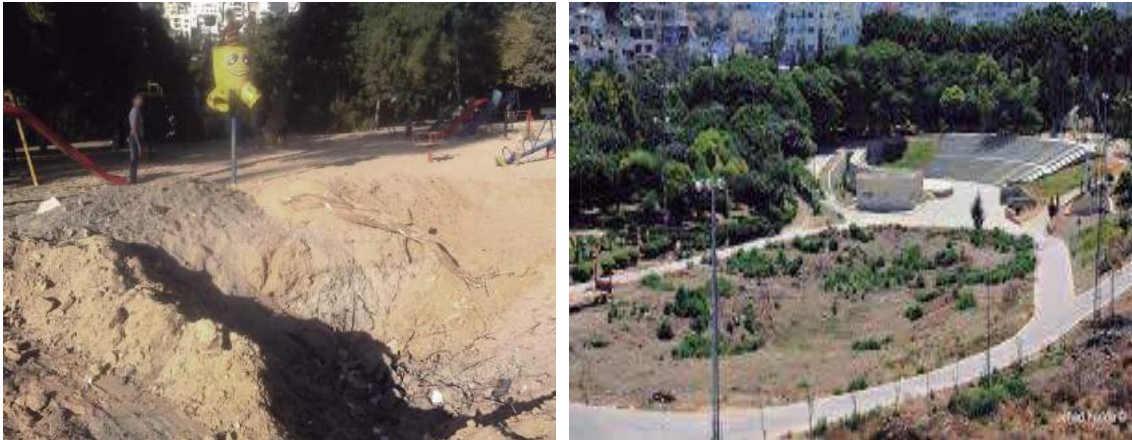


Figure 7. Public Park in Nablus neglected because of cultural aspects ("DOOZ" 2014).

3.3 Semi-private spaces

The semi-private spaces were created for the meeting of the very close relatives, such as "extended family" which includes the father and his wife and their married sons and their families. These spaces are called "Al Hosh" or the "Yard".

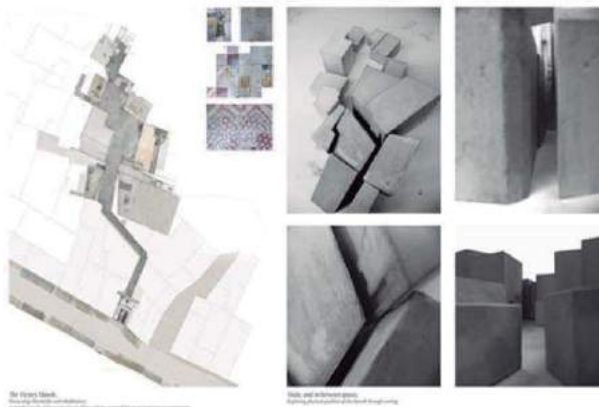


Figure 8. "Yard" space in Nablus old city (Horn 2012).

The gradual transition from public space (Figure 8), to semi-public and semi-private spaces gives the people and the families a high sense of safety (which is called Urban Security) that is considered a sustainable concept. People are very attached to such spaces, because of the high sense of ownership. All of these approaches and solutions are giving the city a vital image, from both urban and design views, it's merged more with nature and environment(Akbar 1994).



Figure 9. Gradient in public, semi public, and private spaces in Nablus old city (Nablus Municipality 2011, edited by authors).

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

As discussed by Ujam and El-Fiki (2006) without cultural awareness, any attempt to create a more sustainable environment is likely to falter.

For a developing and growing country such as Palestine, it is necessary to begin and grow in a right way, and to build on a strong and clear foundation to reach suitable and sustainable buildings for the people. It is necessary to learn from the very rich background that still exists and is lived in the old cities of Palestine and this is only possible through analysing and understanding these cities and how they work.

The old cities in Palestine were strongly affected by sociocultural values and, as presented in this paper, these values are embodied in the local vernacular architecture and affected its performance, in a direct or indirect way. As an example, the development of the old city of Nablus was based in these values and therefore designers and other stakeholders should learn the advantages from these models that are working, used and improved from more than 1000 years.

This paper presents and discusses the big characteristics that could be achieved by taking sociocultural values into consideration when designing buildings. This field of research is very poor in Palestine and should be explored and developed, especially in the context of a society that is so much linked to sociocultural values such as the Palestinian society. Because of this lack of information more studies are needed to interpret and understand this deep and effective concept so that it could be applied and transposed to contemporary buildings and cities. That could be achieved by exploring the importance of these sociocultural values and how it could be affective and included in the design process, this is to provide municipalities and local governments a set of suggested design principles and recommendations in order to improve the environmental quality in future Palestinian residences.

It is demonstrated here that there is a strong effect of the sociocultural values on the design process, both on urban or building scale, and it is clear that ignoring such values causes big cultural, environmental and economical problems.

REFERENCES

Abu-Lughod, Janet L. 1987. "The Islamic city—Historic Myth, Islamic Essence, and Contemporary Relevance." *International Journal of Middle East Studies* 19 (02): 155–76.

Abkar, Jamel. 1994. "Is there an Islamic city?" *Journal of King Saud University* Volume 6: 27.

Al-Tawayha, Fajr. 2011. "The Effect of the Islamic Legislations on the Design Process (Toward Modern Islamic Design)." Master Thesis, Nablus, Palestine: An- Najah National University. An-najah national university library.

Asquith, Lindsay, and Marcel Vellinga. 2006. Vernacular Architecture in the 21st Century: Theory, Education and Practice. Taylor & Francis.

AYALP, NUR. 2011. "Cultural Identity and Place Identity in House Environment: Traditional Turkish House Interiors."

"DOOZ." 2014. DOOZ. Accessed December 1. <http://www.dooz.ps/>.

Engineering department. 2002. "Nablus Old City." Nablus Municipality.

Horn, Samantha. 2012. "A Place To Stay: A City Strategy To Reconnect Nablus With The Landscape." The RIBA President's Medals Student Awards. December 9. <http://www.presidentsmedals.com/Entry-31911>.

"Nablus|Food Tales from Nablus." 2014. Accessed December 1. <http://rising.globalvoicesonline.org/nablus/nablus/>.

Rapoport, Amos. 1969. "House Form and Culture."

Sarkis, Hashim. 2001. Le Corbusier's Venice Hospital and the Mat Building Revival. Prestel Pub.

Stevenson, Fionn, and Jonathan Ball. 1998. "Sustainability and Materiality: The Bioregional and Cultural Challenges to Evaluation." *Local Environment* 3 (2): 191–209.

"The Context." 2014. Bait Al Karama. Accessed December 1. <http://baitalkarama.org/the-project/support/>.

Ujam, Faozi, and Sherif El-Fiki. 2006. "Promoting an Endogenous Approach to Education at the Local Community Level." *Intercultural Education* 17 (3): 259–79.

CHAPTER 7 | CAPÍTULO 7 | CAPÍTULO 7

Acoustics applied to buildings and sustainable environments

Acústica aplicada a edificios e ambientes sustentáveis

Acústica aplicada a edificios y entornos sostenibles



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Avaliação de Propriedades Acústicas da “Casa Popular Eficiente”

Jamile Giriboni Rossi

Universidade Federal de Santa Maria, Engenharia Civil, Santa Maria, RS, Brasil
jamilegr@hotmail.com

Anderson Dal Ongaro

Universidade Federal de Santa Maria, Engenharia Acústica, Santa Maria, RS, Brasil
anderson.dalongaro@eac.ufsm.br

Marco Antonio Silva Pinheiro

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Engenharia Acústica, Santa Maria, RS, Brasil
marco.pinheiro@smail.ufsm.br

Marcos Alberto Oss Vaghetti

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Engenharia Civil, Santa Maria, RS, Brasil
marcos.vaghetti@ufsm.br

Dinara X. da Paixão

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Engenharia Civil, Santa Maria, RS, Brasil
dinaraxp@yahoo.com.br

ABSTRACT: The agglomeration of dwellings in urban areas, concomitantly with the increase in noise level, has generated the need for the use of materials that have a good acoustic performance. Most materials used for this purpose is costly. Constructions in alternative materials has been the focus of several studies. The "efficient popular home", a low-cost building, located at the Federal University of Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil, is an example. The purpose of this work is the evaluation and analysis of acoustic indices in insulation and absorption of partitions of the construction of "efficient popular home", through experimental procedures, analysis and use of calculation methods, described in ISO standards. The rates of isolation of facades obtained are within the range recommended by ABNT Brazilian standard. However, the rate of isolation of internal partitions are below the minimum required.

Keywords: efficient popular home, acoustic comfort, insulation

RESUMO: A aglomeração de habitações na zona urbana, concomitantemente com o aumento no nível de ruído, tem gerado a necessidade da utilização de materiais que possuam um bom desempenho acústico. A maioria dos materiais empregados para este fim é de custo elevado. Construções em materiais alternativos tem sido foco de vários estudos. A “casa popular eficiente”, uma construção de baixo custo, localizada na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, é um exemplo. O propósito deste trabalho é a obtenção e a análise de índices acústicos de isolamento e absorção de divisórias da construção da "casa popular eficiente", por meio de procedimentos experimentais, análise e emprego de métodos de cálculo, descritos em normas ISO. Os índices de isolamento de fachadas obtidos encontram-se dentro dos valores recomendados por norma brasileira da ABNT. No entanto, os índices de isolamento de divisórias internas ficaram abaixo do mínimo requerido.

Palavras-chave: casa popular eficiente, conforto acústico, isolamento

1 INTRODUÇÃO

1.1 Aspecto Social

A questão da habitação de interesse social é um dos problemas urbanos de maior relevância no Brasil. De acordo com o Ministério das Cidades (Ribeiro, 2013), o déficit habitacional para a população de baixa renda é estimado em 5,8 milhões de moradias.

Para suprir a questão da habitação popular, torna-se cada vez mais comum o uso de tecnologias construtivas que objetivam grande produção com tempo e custo reduzidos, como é o caso da construção industrializada em larga escala. Segundo Krüger & Lamberts (2000, p. 2) “os programas habitacionais para a população de baixa renda são em geral implementados igualmente em todo o Brasil, com praticamente nenhuma atenção à região climática onde as casas devem ser construídas.” Desta maneira, um mesmo sistema construtivo é empregado em cidades com características muito distintas, ficando evidente a despreocupação com o conforto acústico deste tipo de moradia.

1.2 A Casa Popular Eficiente

A edificação unifamiliar de interesse social, denominada nesse trabalho de Casa Popular Eficiente, foi projetada para a cidade de Santa Maria, RS, como resultado da parceria estabelecida entre a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), tendo como premissas básicas desenvolver ações concretas que valorizem a redução do consumo de energia elétrica e a utilização de condicionantes bioclimáticos, incentivando sobretudo o conforto dos moradores aliado a ações que preservem o meio ambiente.

Um protótipo dessa edificação, ilustrada na Figura 1, foi construído no campus da Universidade Federal de Santa Maria e inaugurado em Dezembro de 2013, utilizando materiais menos impactantes ao meio ambiente, como tijolos de solo cimento, telha ecológica Tetra Pak, forro de painéis OSB e tintas e impermeabilizantes ecológicos. Além disso, a construção reuniu diversas estratégias para a melhor utilização dos recursos naturais, tais como: o aproveitamento da água da chuva, reaproveitamento de águas cinzas, uso da vegetação para proteção solar, emprego da ventilação e da luz natural e o uso da energia solar para aquecimento de água (Vaghetti et. al., 2013).

Por meio desse protótipo, que visa contribuir com tecnologias sustentáveis capazes de oferecer uma alternativa de moradia para a população carente, foram desenvolvidas diversas linhas de pesquisas, dentre elas destaca-se o estudo das propriedades acústicas da casa.



Figura 1. Fotos da “casa popular eficiente” (frente, lateral e fundos), localizada no parque do centro de eventos da UFSM

Os pontos centrais dessa construção são o baixo custo agregado e a sustentabilidade, a qual envolve a eficiência e o conforto. Assim, a construção do protótipo se justifica por apresentar um projeto diferenciado de edificação de baixo custo, o qual vem sendo avaliado energeticamente, e, por meio deste artigo, acusticamente. Isso é uma forma de analisar e promover melhorias nos procedimentos construtivos adotados nas construções ditas populares.

2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

2.1 Objetivos

Atualmente, devido à grande aglomeração de habitações na zona urbana, concomitantemente com o vertiginoso aumento no nível de ruído nas cidades, desponta também a necessidade da utilização de materiais que possuam entre suas características físicas, a eficiência no que diz respeito ao isolamento acústico.

Assim, para uma habitação exercer as suas funções, deve ao menos proporcionar um bom conforto acústico. Daí, tem-se a importância de um estudo para avaliar propriedades acústicas de materiais alternativos empregados na chamada “casa popular eficiente”, que contemplam telhas Tetra-Pak, paredes em tijolos de solo-cimento e placas OSB.

O principal objetivo a que se propõe este trabalho é analisar as propriedades acústicas dos materiais e divisórias da “casa popular eficiente”, conforme critérios de algumas normas internacionais e nacionais, ISO e ABNT/NBR.

Dessa maneira, procura-se caracterizar o isolamento acústico de paredes internas e fachadas de acordo com as medições de perdas de transmissão realizadas in loco e identificar o conforto acústico através das medições do tempo de reverberação, também realizadas in loco. A partir das medições citadas acima, poder-se-á verificar se o emprego de tijolo solo-cimento, telhas Tetra-Pak, impermeabilizantes ecológicos e forros de painéis OSB, torna uma edificação sustentável mais confortável acusticamente que aquelas utilizadas com materiais ditos convencionais.

2.2 Justificativa

A produção habitacional sustentável torna-se um desafio para a compreensão da sociedade atual. A certificação de vida digna aos habitantes dessa moradia é praticamente uma obrigação sustentada por engenheiros e arquitetos.

O conceito de sustentabilidade está sendo aos poucos introduzido no cotidiano das pessoas. É imprescindível que a construção civil promova mudanças que se adaptem as culturas locais para que a sustentabilidade faça parte intrínseca deste cotidiano. A “casa popular eficiente” é uma proposta adaptada para este fim.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Procedimento Experimental

Para o desenvolvimento da pesquisa e obtenção dos principais resultados dos índices de isolamento acústico, interno e externo, e absorção acústica serão necessários procedimentos experimentais, bem como análise e emprego de métodos de cálculo. Os procedimentos de medições em campo de índices de isolamento acústicos de paredes internas estão contemplados na ISO 16283-1(2014), que substituiu a ISO 140-4(1998). As medições referentes a isolamento acústico de fachadas e seus elementos também estão prescritas na ISO 16283-1(2014), a qual substituiu a ISO 140-5(2008). O tempo de reverberação dos cômodos deve ser avaliado conforme a ISO 3382-2(2008). O cálculo do coeficiente de absorção de materiais é determinado pela ISO 11654(1997). Para isso, a avaliação dos coeficientes de absorção acústica dos materiais empregados na “casa popular eficiente”, como, por exemplo, painéis OSB e tijolos de solo-cimento, deve ser feita em laboratório, conforme estabelece a ISO 354(2003). No entanto, a avaliação de tempo de reverberação TR de salas comuns serve para classificar tais salas conforme definições acústicas importantes, como por exemplo, clareza e inteligibilidade de fala. Estas normas contemplam os principais índices acústicos para avaliação de parâmetros acústicos para a “casa popular eficiente”.

As paredes da “casa popular eficiente” são alvenaria estrutural em tijolos modulares de solo-cimento, o qual é composto de 5% de cimento e 95% de solo arenoso, com argila. Os blocos são secos ao sol, sem queima. Todas as paredes externas são revestidas com reboco no lado interno da edificação e pintadas com tintas de terra crua. No lado externo, as paredes ficam com os tijolos justapostos e a vista, com rejuntamento. As esquadrias são de madeira Eucaliptos, do tipo de correr.

Inicialmente, fez-se um estudo detalhado das normas relativas aos parâmetros acústicos de divisórias, materiais e salas, para a precisa identificação dos métodos de medição. Isso inclui a identificação de diferentes posicionamentos de fontes sonoras e microfones, bem como distâncias mínimas exigidas para realização de medição dos índices de pressão sonora no local.

A Figura 2 é uma representação da planta baixa da “casa popular eficiente”, com indicação das divisórias dos cômodos, as quais são alvo de avaliação.

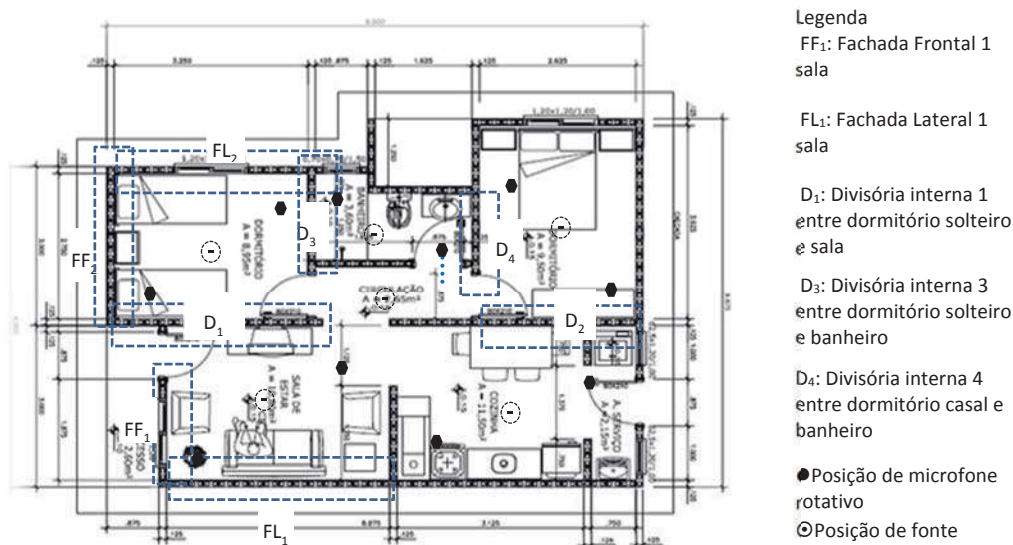


Figura 2. Planta baixa da “casa popular eficiente”

A Tabela 1 resume os volumes de cada um dos cômodos mostrados na Figura 2 e que são objeto de medições.

Tabela 1. Volume dos cômodos e área das divisórias investigadas da “casa popular eficiente”

Cômodo	Volume (m ³)	Divisórias	Área (m ²)	Divisórias	Área (m ²)
Quarto Solteiro	22.73	D ₁	6.25	FF ₁	7.19
Quarto Casal	24.13	D ₂	6.56	FF ₂	6.88
Banheiro	9.82	D ₃	4.06	FL ₁	9.38
Circulação	6.73	D ₄	3.13	FL ₂	8.13
Sala	32.94				
Cozinha	35.08				

As divisórias avaliadas quanto ao isolamento interno são aquelas que separam o quarto de solteiro do banheiro, circulação e sala de estar, bem como aquelas que separam o dormitório de casal do banheiro, circulação e cozinha. Da Figura 2, observa-se que não há porque avaliar isolamento acústico entre a sala e a cozinha, já que existe uma abertura entre esses dois cômodos. O tempo de reverberação é medido e analisado para todos os cômodos indicados na planta baixa da “casa popular eficiente”.

Para as medições, tanto de isolamento quanto de tempo de reverberação, são usados dois pontos de posição de fonte e um ponto de microfone rotativo, para cada posição de fonte. Com exceção do banheiro e do corredor, que possuem uma das dimensões ortogonais muito

pequena, as distâncias mínimas dos pontos de medições, entre paredes, microfone e fonte para as medições de perda de transmissão sonora ou isolamento e tempo de reverberação foram obedecidas conforme recomendações de norma.

3.2 Equipamentos

O equipamento utilizado para medir os níveis de pressão sonora é o Analisador de Níveis de Pressão Sonora, do tipo 2270, da marca B&K, conforme indicado na Figura 3. Em conjunto com a fonte sonora mais um amplificador de fonte, ambos mostrados na Figura 3, estes equipamentos são suficientes para se avaliar os níveis de pressão sonora, em diferentes bandas de frequência, incluindo curvas ponderação A ou C. É importante ressaltar que estes equipamentos são considerados tipo 1 – elevado grau de precisão, conforme recomendação de norma brasileira referente aos tipos de equipamentos que devem ser utilizados em medições de níveis de pressão sonora para obtenção de índices acústicos. Todos eles foram disponibilizados pelo laboratório de acústica, do curso de engenharia acústica, da Universidade Federal de Santa Maria, do estado Rio Grande do Sul, Brasil.

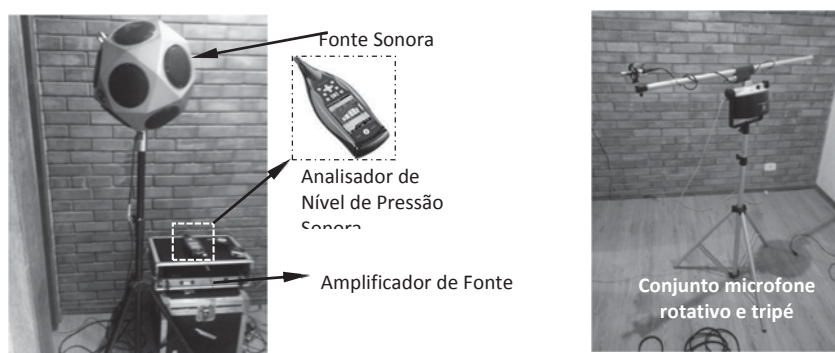


Figura 3. Equipamentos utilizados nas medições

Em todas as medições foram usados dois pontos de posição de fonte e um ponto de posicionamento do microfone rotativo para cada posição de fonte. Essa distribuição está compatível com aquelas requisitadas por normas ISO citadas anteriormente.

Uma vez obtidos os valores dos níveis de pressão sonora nos cômodos da “casa popular eficiente”, são determinados os parâmetros $D_{nT,w}$ e TR dos cômodos indicados nas Tabela 1, correspondentes, respectivamente, a diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes para ensaio de campo e tempo de reverberação. A diferença padronizada de nível ponderada é calculada conforme procedimento encontrado na ISO 717-1(2013) e as medições dos níveis de pressão sonora usados no cálculo do $D_{nT,w}$ devem ser feitas conforme a ISO 16283-1(2014). Este parâmetro $D_{nT,w}$ é aquele exigido ou indicado pela NBR 15575-4(2012), para avaliação do desempenho de sistemas de vedações verticais internas em edificações habitacionais, in loco.

Para a avaliação do desempenho de sistemas de vedações verticais externas em edificações habitacionais, mede-se os níveis de pressão sonora entre as respectivas divisórias e calcula-se a diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa ou $D_{2m,nT}$. Com a curva dos valores de $D_{2m,nT}$ em função da frequência, calcula-se diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa ou $D_{2m,nT,w}$. A partir da comparação dos resultados obtidos com aqueles sugeridos pelas normas citadas, faz-se a classificação das divisórias da “casa popular eficiente” quanto às suas propriedades acústicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais resultados obtidos a partir das medições dos níveis de pressão sonora nos cômodos

de emissão e recepção, bem como dos tempos de reverberação resumem-se na diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes para ensaio de campo $D_{nT,w}$ e a diferença padronizada de nível ponderada a 2m da fachada $D_{2m,nT,w}$ e o tempo de reverberação. O cálculo de $D_{nT,w}$ é regido pelo ISO 717-1(2013). A Tabela 2 resume os valores da diferença padronizada de nível ponderada, bem como o índice de redução sonora ponderado R'_w . A diferença entre esses dois parâmetros é que o primeiro é calculado usando o tempo de reverberação TR da sala de recepção, conforme mostra a equação (1), e o segundo é calculado usando a área S que separa os dois cômodos e a área A equivalente de absorção, da sala de recepção, conforme equação (2).

$$D_{nT} = D + 10 \log \left(\frac{T_R}{T_0} \right) \quad (1)$$

$$R' = D + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right) \quad (2)$$

$$D_{2m,nT} = D + 10 \log \left(\frac{T_R}{T_0} \right) \quad (3)$$

Nessas expressões $T_0 = 0.5s$ e $A = 0.16 V/TR$, onde V é o volume do cômodo de recepção. D é a diferença de pressão sonora entre os ambientes de emissão e de recepção sonoras.

O sub-índice w que aparece em $D_{nT,w}$, $D_{2m,nT,w}$ e R'_w refere-se a ponderação dos valores de diferença do nível de pressão sonora, ponderados em 500Hz, conforme procedimento estabelecido pelo ISO 717-1(2013).

Tabela 2. Comparação dos valores $D_{nt,w}$ in loco com os valores mínimos exigidos pela NBR 15575

Divisória entre Cômodos	$D_{nT,w}$ (dB)	$D_{nT,w}$ (dB) NBR 15575	R'_w (dB)
Quarto Solteiro – Banheiro	40	45 a 49 (Mínimo)	39
Quarto Solteiro – Circulação	23	Parede entre unidades habitacionais	22
Sala – Quarto Solteiro	26	autônomas (parede de geminação), no	25
Quarto Casal – Banheiro	32	caso de pelo menos um dos ambientes	33
Quarto Casal – Circulação	21	ser dormitório	20
Cozinha – Quarto Casal	29		28

Da Tabela 2 identifica-se que nenhum dos índices de isolamento das divisórias fica acima do mínimo estabelecido pela NBR 15575. O melhor desempenho ficou entre a parede que divide o quarto de solteiro do banheiro. Este se deve ao fato em que a parede do banheiro é totalmente revestida na área de banho, bem como o lado oposto (no quarto de solteiro) desta parede. Para os demais casos, o baixo isolamento é devido a vazamento acústico pelas portas dos quartos e também por frestas visíveis a olho nu nas paredes que separam o quarto de solteiro da sala, e o quarto de casal da cozinha, geradas por pequenas irregularidades nos blocos de assentamento. Com exceção de um caso apenas, os resultados experimentais de $D_{nT,w}$ resumidos na Tabela 2 são menores que valores de $D_{nt,w}$ de alvenaria em blocos cerâmicos, apresentados em Pinto (2011), os quais são 37dB, 41dB e 44 dB, para paredes com 17cm de espessura, representando diferentes divisórias em um mesmo apartamento residencial da edificação.

A Tabela 3 resume os valores a diferença padronizada de nível ponderada a 2m da fachada $D_{2m,nT,w}$, obtidos experimentalmente e calculados conforme a equação (3).

Já a Tabela 4 reproduz aquela encontrada na NBR 15575-4, com os valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, de vedação externa para classificação da vedação em nível de desempenho mínimo (M), intermediário (I) e superior (S).

Tabela 3. Valores $D_{2m,nt,w}$ obtidos por medição in loco

Divisória entre Cômodos	$D_{2m,nt,w}$ (dB)
FF ₁ : Fachada Frontal 1 - sala	22
FF ₂ : Fachada Frontal 2 - dormitório solteiro	32
FL ₁ : Fachada Lateral 1 - sala	31
FL ₂ : Fachada Lateral 2 - dormitório solteiro	25

 Tabela 4. Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nt,w}$ para ensaios de campo, exigidos pela NBR 15575-4

Classe de Ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nt,w}$ (dB)	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação.	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

Conforme se identifica das Tabela 3 e 4, somente a fachada frontal (FF₁) da sala não atende ao requisito mínimo de norma, quando se considera a classe de ruído tipo II, a qual seria a mais adequada em função da real localização da casa popular eficiente. Isso se explica pela janela presente naquela divisória, bem como a porta de entrada, a qual possuía uma pequena abertura embaixo, o que aumenta a passagem de ondas sonoras.

Observa-se que a fachada lateral do dormitório de solteiro apresentou um valor no limite exigido, enquanto que as demais fachadas apresentaram valores de $D_{2m,nt,w}$ que colocam a vedação externa com desempenho intermediário. No caso da fachada lateral do dormitório de solteiro, a presença da janela é a responsável pelo menor índice.

Positivamente, a fachada lateral do dormitório de solteiro tem um valor de $D_{2m,nt,w}$ que atende a situação mínima mais exigente, que é a classe de ruído III. No entanto, as divisórias externas da casa popular eficiente atenderiam ao nível de desempenho superior, somente se aquela estivesse situada em um local distante de fontes de ruídos externas de qualquer natureza.

Quanto ao o tempo de reverberação de todos os cômodos, aquele não foi maior que 2s, para todas as frequências, conforme se identifica na Figura 4. Os valores relativamente pequenos ou menores que 1s tem relação com a rugosidade presente nos blocos de solo cimento, além do pequeno volume dos cômodos. Conforme a NBR 12179 (1992), o tempo de reverberação ótimo referente a palavra falada, na frequência de 500Hz e considerando um volume da sala igual a 30m³, deve ser 0,8s.

Embora os tempos de 1,47s para o quarto do casal e de 1,38s para o quarto de solteiro (ambos em 500Hz) sejam considerados relativamente altos, certamente após a ocupação da casa, com uso de móveis, cortinas e outros materiais absorventes acústicos, o *TR* diminuirá para valores de um ambiente acusticamente confortável.

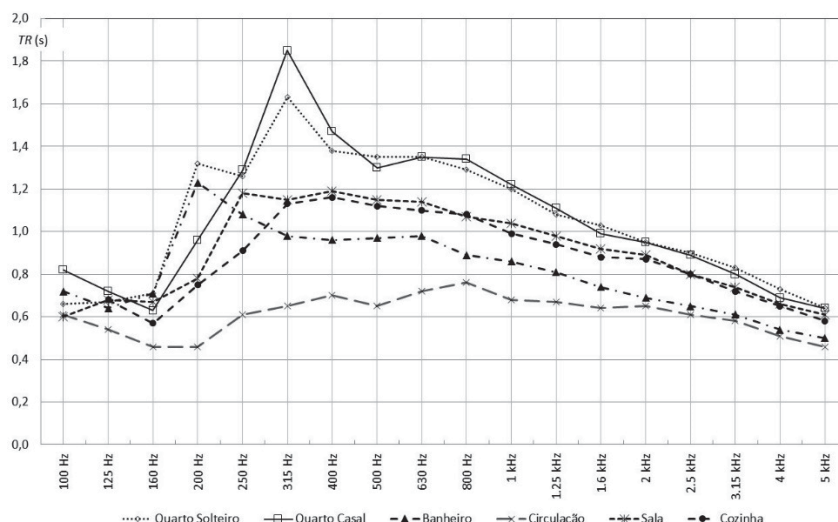


Figura 4. Tempo de reverberação TR (s) dos cômodos avaliados

5 CONCLUSÕES

Após uma série de medições acústicas na “casa popular eficiente”, identificou-se que alguns parâmetros como a diferença de nível padronizada ponderada não atinge o valor mínimo estabelecido por normas, quanto ao isolamento de divisórias internas. O maior valor referente ao isolamento entre cômodos obtido foi $D_{nT,w}$ igual 40 dB e o menor igual a 21dB, respectivamente, referentes a separação entre quarto de solteiro e banheiro, e entre o quarto de casal e circulação. Ambos os resultados não atendem a faixa de valores mínimos, que é de 45 dB a 49 dB. São valores menores que os de alvenaria em blocos cerâmicos, devido a presença de pequenas aberturas entre os blocos de solo-cimento. No entanto, a classificação da Norma de Desempenho, além de ser sutilmente subjetiva, deve ser utilizada entre unidades habitacionais autônomas. No caso em questão, a avaliação pós-ocupacional será muito importante para qualificação de satisfação ou não do usuário. Em relação a diferença padronizada de nível ponderada a 2m da fachada, somente no caso da fachada frontal de entrada da casa, com $D_{2m,nT,w}$ igual a 22 dB, onde há a porta de entrada e uma janela, não se atendeu ao mínimo exigido que é 25 dB, considerando-se a classe de ruído II, que é a classe mais adequada diante da localização da casa. Neste caso, as fachadas sem esquadrias têm desempenho intermediário, pois os resultados de 31 dB e 32 dB são maiores que o valor mínimo 30 dB. Quanto ao tempo de reverberação dos cômodos, embora seja relativamente alto para algumas frequências, reitera-se aqui que a ocupação dos cômodos os tornará com valores mais baixos, conseqüentemente, deixando o ambiente acusticamente aprazível. São previstas novas medições que considerem a ocupação da “casa popular eficiente”.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 12179, 1992. *Tratamento acústico em recintos fechados*. Rio de Janeiro, Brasil.

ABNT NBR 15575-4, 2012. *Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas*. Rio de Janeiro, Brasil.

ISO 140-4, 1998. *Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms*. Geneva.

ISO 140-5, 1998. *Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades*. Geneva.

ISO 354, 2003. *Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room*. Geneva.

ISO 717-1, 2013. *Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation*. Geneva.

ISO 3382-2, 2008. *Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms*. Geneva.

ISO 11654, 1997. *Acoustics - Sound absorbers for use in buildings - Rating of sound absorption*. Geneva.

ISO 16283-1, 2014. *Acoustics - Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation*. Geneva.

Krüger, E.L. & Lamberts, R. 2000. Avaliação do desempenho térmico de casas populares. In: *Anais do VIII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído: Modernidade e Sustentabilidade*, Salvador, Bahia, Brasil.

Pinto, R.B. 2011. *Determinação experimental e numérica da redução sonora aérea em paredes de alvenaria utilizadas em habitações*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Ribeiro, A. 2013. [Entrevista disponibilizada em 21 de Maio de 2013, a Internet]. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/index.php/o-ministerio/noticias/2744-9minha-casa-minha-vida-e-tema-de-apresentacao-do-ministro-aguinaldo-ribeiro-em-barcelona>>. Acesso em: 28 de jul. 2013.

Vaghetti, M.A.O. et al. 2014. Casa Popular Eficiente: um benefício ambiental aliado a um custo mínimo (Módulo 4). Santa Maria: UFSM, 2013. *Relatório Parcial de Pesquisa* (Protocolo nº 28582 GAP/CT). Disponível em: <www.ufsm.br/gepetecs>. Acesso em: 1 jun. 2014.

Critérios e metodologias para limitação de vibrações, em edifícios, provenientes de vias férreas

Jorge Patrício

LNEC, Av. do Brasil, 101, Lisboa, Portugal

jpatricio@lnec.pt

Fernando Schiappa de Azevedo

Acustica XXI, Av. EUA, Lisboa, Portugal

fschiappa@yahoo.com

ABSTRACT: The sustainability of the cities, in particular of their historic centres, depends mainly on their ambient and on the easy and non-intrusive mobility of their inhabitants. Underground railways are a good mean of improving mobility. In this paper criteria for admissible vibration and due-to-vibration noise are reviewed, and the methodology for their prediction and isolation, where needed, is presented.

Keywords: Railways, vibration levels, sound insulation.

RESUMO: A sustentabilidade das cidades, depende essencialmente do bom ambiente e da mobilidade dos seus habitantes. As vias férreas subterrâneas são hoje um meio de aumentar essa mobilidade. Nesta comunicação descrevem-se os critérios para a limitação (admissibilidade) dos níveis de vibração nos edifícios, e também do ruído, causados por vias ferroviárias subterrâneas, a metodologia para a sua previsão, e as metodologias para o seu isolamento, onde necessário.

Palavras-chave: Vias férreas, níveis de vibração, isolamento sonoro.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade das cidades, e em particular dos seus centros antigos, e a manutenção da habitabilidade dos seus edifícios, depende essencialmente do bom ambiente e da mobilidade (rede de transportes) dos seus habitantes, quer os que lá habitam, quer os que considerem lá ir viver.

Uma das componentes essenciais do bom ambiente é o baixo nível de ruído acústico, quer nos espaços públicos quer no interior das habitações.

O tráfego urbano de transportes públicos ou privados, cada vez mais necessário, é contrário ao bom ambiente em geral, e ao bom ambiente acústico em particular.

Muitas cidades consideram, hoje em dia, a instalação de redes de transporte público subterrâneo, geralmente designada por Metro, que, apesar do maior investimento inicial, tem a vantagem evidente de não piorar o ambiente, ou mesmo melhorá-lo na medida em que substitui transporte (público e particular) de superfície.

Todavia, sendo este tipo de transporte uma fonte de vibrações que se propagam pelo solo, pelas fundações e estruturas dos edifícios, e originam incomodidade no interior de habitações, é necessário, quando do projecto para a sua implementação, efectuar estudo de impacto ambiental, visando evitar incómodo nas habitações, que seja causado tanto pela vibração sensível de pisos e paredes, como pelo ruído audível, emitido pela fonte de vibração, ou mesmo pela vibração dos elementos de compartimentação vertical e horizontal dos edifícios.

2 CRITÉRIOS APLICÁVEIS

2.1 Critérios de incomodidade

Estes critérios serão aplicáveis às vibrações provocadas pelos equipamentos em exploração, no caso, às geradas nos locais habitados, pelos comboios passando no túnel. Os limites admissíveis da vibração onde as pessoas vivem ou trabalham são:

C₁) Valores admissíveis da velocidade eficaz da vibração (LNEC):

Tabela 2.1 – Valores limites de conforto para o valor eficaz da velocidade de vibração, v ; locais sensíveis, em casa ou no escritório

v_{rms} , mm / s	V_{rms} , dBv	Sensação
$v \leq 0,11$	$V \leq 67$	Nenhuma
$0,11 < v \leq 0,3$	$67 \rightarrow 75$	Perceptível, suportável para curta duração
$0,3 < v \leq 1,1$	$75 \rightarrow 87$	Evidente, afectando as condições de trabalho
$v > 1,1$	$V > 87$	Muito perceptível, dificultando ou impedindo o trabalho

C₂) Critérios da norma ISO 2631-2:1989 para vibração continuada:

Tabela 2.2 – Valores limite da ISO 2631 do valor eficaz da velocidade; locais onde as pessoas vivem ou trabalham

$\max(v_{rms}(f_i))$, mm/s	$\max(v_{rms}(f_i))$, dBv	Sensação vs local
$v = 0,1$	66	Limiar de percepção, locais de uso sensível
$v = 0,14$	69	Em casa, noite
$v = 0,2$	72	Em casa, de dia
$v = 0,4$	78	Escritório

Nota : Componente vertical ou horizontal, a mais significativa, $1 < f_i < 80$ Hz (ISO 2631, 1989).

C₃) O critério para a vibração ruidosa (LNEC):

Tabela 2.3 – Valor limite da velocidade eficaz, pesada A, onde as pessoas vivem

$v_{rms}(A)$, mm/s	L_{A_v} , dB _A	Sensação vs local
$v = 0,03$	25	Em casa, de noite, ou em locais de uso sensível

Nota : Componente normal, ao piso ou à parede, da velocidade eficaz de vibração, pesada A, o mais significativo (LNEC).

2.2 Critérios de Danos nas Edificações

Os critérios de danos serão aplicáveis quando das obras de escavação, com recurso a máquinas de demolição e escavação e ao desmonte de rocha com o recurso a explosivos. Os limites admissíveis da vibração nos edifícios são:

2.1.1 – Danos devidos a vibrações impulsivas (C₄):

Tabela 2.4 – Limites do valor máximo do módulo da velocidade de vibração, $|V_{max}|$; base da edificação (mm/s)

\tipo de solo tipo de construção\	incoerentes soltos e coe- rentes moles	incoerentes compactos e coerentes duros e médios	coerentes rijos
sensíveis	1,75 - 2,5	3,5 - 5	7 - 10
correntes	3,5 - 5	7 - 10	14 - 20
de betão armado	10, 5 - 15	21 - 30	42 - 60

Nota – Os primeiros valores valem para um número diário de solicitações superior a três, os segundos para três ou menos.

2.1.2. Danos devidos a vibrações continuadas:

Para as vibrações continuadas, tem sido utilizado o seguinte critério, C₅, (LNEC).

Para os equipamentos sensíveis, os níveis de vibração admissíveis devem ser especificados pelos respectivos fabricantes. Outra norma de danos opcionalmente a considerar é a norma DIN 4150, (ver também a parte 3:1999).

Tabela 2.5 – Danos – Valores da velocidade global efectiva v_{rms} no local

v_{rms} (mm/s)	efeitos
$v_{rms} < 3,5$	praticamente nulos (62)
$3,5 \leq v_{rms} < 7$	queda de cal em edifícios antigos
$7 \leq v_{rms} < 21$	fendilhação ligeira nos revestimentos
$21 \leq v_{rms} < 42$	fendilhação acentuada nos revestimentos e alvenarias
$42 \leq v_{rms}$	danos consideráveis, possível fendilhação da estrutura de betão armado

Nota – Componente vertical, ou horizontal, se esta fôr mais significativa.

3 PREVISÃO DA VIBRAÇÃO GERADA PELOS COMBOIOS (EXEMPLO)

3.1 Metodologia

A metodologia proposta em comunicações anteriores (Schiappa, 2010; Schiappa 2012), adaptada (Office of Railroad Development, 2006) é a seguinte (junta-se como base de entendimento exemplos de medições efectuadas num túnel de Metro, em construção na Argélia, tendo-se considerado 10 pares de pontos para análise; Fig. 3.1):

a) – Na rua, e com os desenhos de projecto mostrando a planta da cidade e do túnel ferroviário, faz-se uma inspecção visual, para escolher os edifícios sobre o túnel e os pontos junto às respectivas fundações, onde se farão as medições ao nível do solo (estes pontos ficarão sobre outros correspondentes, na parede do túnel, ao nível da via férrea), e anotam-se as características dos edifícios.

b) – Recorrendo a uma máquina de demolição, tipo pica-pau, induzem-se vibrações no piso do túnel, e mede-se as vibrações (aceleração vertical) na parede do túnel e à superfície, junto à fundação do edifício, nos pontos escolhidos.



Figura 3.1 – Esquema de medição

c) – Para cada par de pontos, no túnel e à superfície, ao longo do percurso da via, e onde houver edifícios a considerar, calculam-se os espectros eficazes da velocidade vertical de vibração, $V_s(f_i)$ and $V_u(f_i)$ (s, na superfície; u, no túnel), e determina-se para cada par de pontos a função de transferência, T:

$$T_{u \rightarrow s}(f_i) = V_s(f_i) / V_u(f_i) \quad (3.1)$$

Tabela 3.1 - Função de transferência túnel → superfície obtida no solo xistoso; via a 28 m de profundidade (P2)

f , Hz	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	
T	-14,6	-12,9	-14,3	-8,7	-9,3	-14,2	-12,8	-17,7	-13,8	-7,7	-0,9	-0,1	
16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	global	
	-5,4	-3,0	3,6	-8,0	-10,4	-19,4	-26,0	-28,8	-31,4	-35,1	-46,4	-48,2	-22,5

Nota: Verifique-se a pouca redução a 12,5 Hz, e mesmo a amplificação a 25 Hz.

d) – Estima-se (Office of Railroad Development, 2006) ou mede-se, de preferência, a vibração gerada por comboios semelhantes em vias semelhantes, ao nível da via, $v_{ut}(t)$, e calcula-se o respectivo espectro $V_{ut}(f_i)$.

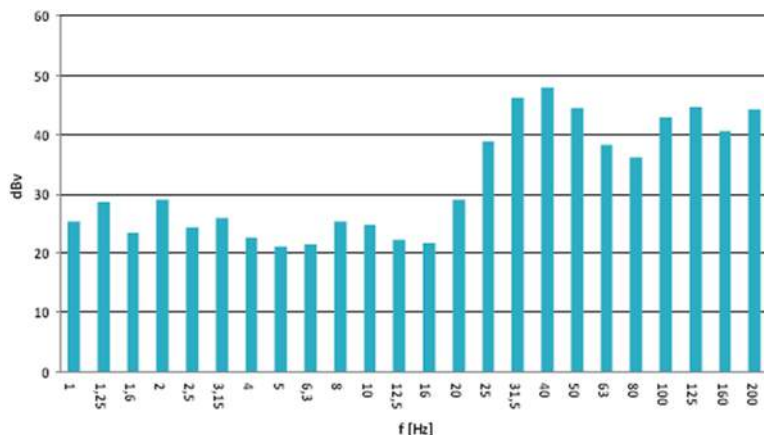


Figura 3.2 - Espectro de velocidade obtido na passagem em túnel de uma composição de metropolitano. Neste caso, as travessas da via, sistema STEDEF, tinham uma “pantufas” de borracha, o que justifica os valores moderados obtidos.

e) – A vibração previsível ao nível do solo, junto à fundação de cada edifício considerado é:

$$V_{st}(f_i) = T_{u \rightarrow s}(f_i) \times V_{ut}(f_i) \quad V, \text{ em mm/s} \quad (3.2)$$

$$V_{st}(f_i) = T_{u \rightarrow s}(f_i) + V_{ut}(f_i) \quad \text{em dBv} \quad (3.2b)$$

f) – A possibilidade da ocorrência de ressonâncias nas lajes dos edifícios é prevenida com um acréscimo ao valor global da velocidade eficaz, ao nível do solo, de + 6 dBv.

g) – O futuro desgaste e degradação das superfícies de rodas e carris é contabilizado por um acréscimo de + 10 dBv em todas as bandas de frequência.

h) – Os espectros finais $V_{btw}(f_i)$ e valores globais finais obtidos v são comparados com os limites admissíveis. Os valores globais, são estimados a partir dos espectros por $v_{rms} = (\sum_i v_{rmsi}^2)^{1/2}$.

Tabela 3.2 – Previsão da vibração no ponto (P9) em solo xistoso, a 23 m de profundidade

f, Hz	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5			
T	25,2	28,5	23,3	29,0	24,4	25,9	22,6	21,0	21,5	25,3	24,6	22,2			
A	-20,9	-26,5	-24,7	-15	-4,6	-18,8	-13,8	-16,6	-24,5	-20,8	-13,9	-3,1			
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
D	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
P	14,3	12	8,6	24	29,8	17,1	18,8	14,4	7	14,5	20,7	29,1			
f, Hz	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200			
T	21,7	28,9	38,7	46,1	47,8	44,3	38,2	36,0	42,8	44,6	40,5	44,2			
A	-1,4	12,6	9,5	-2,2	-9,2	-16,4	-24,6	-25,2	-15,1	-19,2	-36	-38,7			
R	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	0	0	0	0	0	0	0			
D	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
P				42,1	63,3	70	65,7	60,4	37,9	23,6	20,8	37,7	35,4	14,5	15,5

Nota: T – vibração gerada pelo comboio; A - atenuação; R – ressonâncias; D – desgaste de rodas e rails; P – previsão: valor global: $v_{rms} \dots 72,3$ dBv.

i) – Onde necessário introduz-se isolamento, por exemplo, dimensionando uma laje de betão e uma manta elástica, a colocar sob a via, com a característica suficiente $\Delta V(f_i)$ para baixar os espectros $V_{btw}(f_i)$ a valores inferiores aos admissíveis .

Tabela 3.3 – Previsão do ruído emitido da vibração num conjunto de pontos em solo xistoso

Ponto	P1	P2	P3	P4	P5	P8	P9	P10
profundidade	30	28	30	28	28	34	23	24
vibração, v , dB _v	80,9	66,5	63,4	76,6	51,5	65	72,3	67,7
$v_{rms}(f)_{max}$, dBv	76,3	64,1	60,7	73,1	50,9	62,3	70,0	65,3
f domin.	25	25	40	40	40	40	25	31,5
ruído, L _A , dB _A (1)	36,9	22,5	-	47,6	22,5	36	28,3	38,7
ruído, L _A , dB _A (2)	39,6	26,9	-	52,4	17,5	35,1	31,2	31,5

Nota: 1 - Ref: FTA – Transit noise and vibration impact assessment; 2 – Calculado.

 Tabela 3.4 - Isolamento previsto com uma laje (esp. = 45 cm) sobre borracha (22 mm), dB_v

f , Hz	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5
Δv_{rms}	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,9	+1,5	+2,5	+4,3	+8,2	+14,1	+4,5
16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	glob
-3,6	-9,0	-13,5	-17,6	-21,4	-24,6	-27,6	-30,5	-32,9	-35,2	-37,6	-39,7	-

Tabela 3.5 – Previsão da velocidade vertical de vibração e do ruído, com isolamento só em torno de P1, 2, 4, 9 & 10, dBv et dBA

Ponto	P1	P2	P3	P4	P5	P8	P9	P10
atenuação global do isolam ^o	11,5	13,1	0	20,4	0	0	13,3	11,7
velocidade ef., v , dBv	69,3	53,4	63,0	56,2	51,5	65,0	59,0	56,0
max espectro ef. vel., dBv	66,4	50,6	60,7	52,1	50,9	62,3	56,5	47,7
f dominante, Hz	20	25	12,5	31,5	40	40	25	31,5
ruído, L _A , dB _A	22,9	2,9	-	22,0	17,5	35,1	14,4	10,9

Nota: A profundidade dos pontos 6 e 7 era de 35 e 36 m.

4 CONTROLO DA VIBRAÇÃO GERADA PELA OBRA DE ESCAVAÇÃO (EXEMPLO)

4.1 Necessidades

Sendo a obra de construção uma situação transitória limitada no tempo, as pessoas estão dispostas a aceitar alguma incomodidade. No entanto, no trabalho de máquinas (como máquinas de perfuração e demolição) gerando vibrações continuadas, com duração diária significativa, deve procurar-se obedecer aos critérios de incomodidade, C₁ a C₃. Em trabalhos gerando solicitações mais violentas, geralmente impulsivas (ou de curta duração) é imperativo um controle, mantendo os valores da vibração abaixo dos limites de danos, critérios C₄ e C₅.



Figura 4.1 – Escavação onde foram utilizados explosivos e máquinas de escavação/demolição.

Note-se que danos consideráveis ocorrem muitas vezes devidos a assentamentos decorrentes das escavações, danos que mais tarde são atribuídos às vibrações. Quando são interpostas acções judiciais, pode ser problemática a determinação da causa dos danos em questão, donde

a necessidade de um controle da vibração decorrente da obra, como foi o caso do exemplo da figura 4.1.

4.2 O desmonte de rocha com explosivos

A utilização de explosivos é feita por pessoal habilitado e autorizado. Uma primeira estimativa da velocidade máxima (dita de pico) de vibração decorrente de um desmonte, é dada pela expressão (Medvedev):

$$v = k (d/w^a)^b \quad (4.1)$$

onde v é a velocidade de pico, em mm/s, d a distância da pega ao local sob controle, w a massa de explosivo em kgm, detonado num único furo, em tempo separado de outras detonações de pelo menos 8 ms, a um expoente variando teoricamente entre 1/3 (onda esférica) e 1/2 (onda superficial), e b e k , parâmetros a ajustar à características locais (Moura Esteves, 1993, Schiappa, 2002).

Em coordenadas logarítmicas, com $a = 1/3$, a equação 4.1 fica:

$$\log(v) = \log(k) - b \log(d/w^{1/3}) = \log(k) - b \log(s) \quad (4.1b)$$

colocando, $s = d/w^{1/3}$

Uma previsão antes do início das explosões é feita usando $k = 1900$, e $b = 1,5$. Normalmente, as primeiras pegas são realizadas com menores cargas explosivas, e determina-se um chamado perfil sísmico, medindo a velocidade de vibração em diversos pontos. No decorrer da obra é possível ajustar e ir ajustando os coeficientes, $\log(k)$ e b , da recta $\log(v)$ vs $\log(s)$, 4.1b.

Os pontos de medição devem escolher-se ao nível do solo, junto às fundações, de edifícios de interesse, geralmente os mais sensíveis pelo seu tipo de construção e valor patrimonial (cultural e histórico).

4.3 O conceito de mapa de vibração

É corrente quando do desmonte de rocha com explosivos a ocorrência de reclamações dos habitantes e proprietários próximos, ou mesmo a interposição por estes de acções judiciais. É assim importante, partindo dos valores das medições, normalmente num reduzido número de pontos, e dos dados das pegas já ocorridas estimar os valores que terão ocorrido em toda a área circundante à obra. A figura 4.2 mostra no gráfico $\log(v)$ vs $\log(s)$ os resultados em duas obras diferentes, pontos a vermelho, ●, e a laranja, ●, comparados com a previsão de Medvedev (Moura Esteves, 1993). Para cada obra, faz-se o ajuste à fórmula 4.1b, no caso de escavação em túnel usando o parâmetro $a = 1/3$.

Diferenciando 4.1:

$$\delta v = s^{-b} \delta k - b k s^{-b-1} \delta s - k s^{-b} \ln(s) \delta b \quad (4.2)$$

e desprezando o erro δw , $\delta s/s = \delta d/d$, e dividindo 4.2 por 4.1, obtém-se:

$$\delta v/v = \delta k/k - b \delta d/d - \ln(d/w^{1/3}) \delta b \quad (4.3)$$

Verifica-se assim que a distribuição de $\delta v/v$ é, para além da distribuição de $\delta k/k$ (justificável porque, de diferentes pegas para um mesmo ou para diferentes pontos, o percurso das ondas de vibração é diferente), afectado pelo erro relativo de d , menor para maiores distâncias, e pelo erro de b . Na obra representada a vermelho, ●, os valores de $\log_{10}(d/w^{1/3})$ variaram entre

1,16 e 1,88, a que correspondem valores Neperianos de 2,67 e 4,33, o que mostra a necessidade do ajuste o melhor possível do valor de b , na perspectiva de que b é constante, para o que é importante a utilização de um conjunto-amostra de pegas-medições mais vasto e significativo. Ignorando as duas últimas parcelas de 4.3, fica-se com:

$$\delta v/v = \delta k/k \tag{4.3b}$$

em que v é o valor de $v(s)$ dado pela curva ajustada.

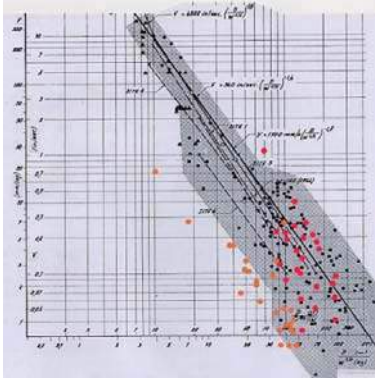


Figura 4.2 – Exemplo da relação, $\log(v)$ vs $\log(s)$

Assumindo um carácter Gaussiano para estas variações relativas, calcula-se a variância σ da amostra dos valores $\Delta v_i/v$ medidos.

Invertendo 4.2 obtém-se:

$$d = (w)^{1/3} \cdot (v/k)^{-1/b} \tag{4.4}$$



Figura 4.3 – Mapa de vibração: Planta do local da obra de escavação com explosivos, com a localização das pegas, O, dos pontos de medição, P a S, e locais de reclamação, A a M, □, e as isocinéticas correspondendo a $d(v_{adm})$, — — — e a $d(v_{adm}/(1+3\sigma))$ — — — .

Num mapa do local da obra, com centro nos furos das pegas a que correspondem as velocidades medidas, traçam-se circunferências com raio d obtido introduzindo-se em 4.4 os valores de velocidade admissíveis pela NP 2074, singelos (para uma confiança de 50%) ou divididos por $(1 + 3\sigma)$, se se quiser valores com muita confiança. Obtém-se, traçando a curva envolvente das circunferências, correspondentes a iguais valores admissíveis e confiança semelhante, isocinéticas fechadas, fora das quais, com a confiança escolhida, os valores da velocidade da vibração devida às explosões, não terão ultrapassado o valor da isocinética.

A figura 4.3 mostra um mapa de vibração, com as isocinéticas de $v = 5$, 10 , e 30 mm/s, a traço interrompido — — — as que definem as áreas exteriores de muita confiança, correspondentes à “impossibilidade”, associada ao intervalo de $+3\sigma$, de nessas áreas ter ocorrido um pico de velocidade igual (ou superior) ao valor da respectiva isocinética. Os valores obtidos de k , b e σ foram: $k = 468$, $b = 1,24$, e $\sigma = 0,35$ (Schiappa e Patrício, 2005).

5 CONCLUSÕES

A sustentabilidade das cidades, exigindo um melhor ambiente, mas também uma melhor mobilidade dos seus habitantes e visitantes, é viabilizada também pelo transporte ferroviário em túnel subterrâneo, invisível, imaterial e silencioso à superfície.

As composições ferroviárias, rodando sobre as vias, na fase de exploração, podem causar vibração incómoda nos edifícios sobrejacentes, assim como ruído aéreo emitido pelas paredes no domínio da audiofrequência, vibração essa que na fase de projecto e construção pode e deve ser estimada, para implementação de soluções de minimização, se necessário. Esta estimativa deve ser verificada, com medições, na fase de exploração, no início e periodicamente, acompanhando um processo de monitorização.

Durante a obra de escavação e construção, com o uso de explosivos, e de máquinas de demolição e de perfuração, o controlo da velocidade de vibração na base das edificações é imperativo para lhes evitar danos. Em particular, quando do desmonte de rocha com explosivos, o mapa de vibração é um instrumento de estimativa dos valores ocorridos em locais onde não é possível ou viável efectuar medições.

Por último, o conceito de mapa de vibrações, a par com os conhecidos mapas de ruído, pode ser um instrumento de gestão e controlo de vibrações, com reflexos no interior dos edifícios em termos de incomodidade e ruído radiado, de significativa importância, devendo começar a ser adaptado como ferramenta legalmente consagrada.

REFERÊNCIAS

- Grootenhuis, P. – Floating Track Slab Isolation for Railways, 1977. Journal of Sound and Vibration.
- ISO 2631-2: 1989 et 2003 – Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)
- Moura Esteves, Joaquim – Controlo das Vibrações Provocadas por Explosões na Indústria da Construção. 1993. LNEC.
- NP 2074, de 1983 – Avaliação da Influência em Construções de Vibrações Causadas por Explosões ou Solicitações Similares.
- Office of Railroad Development - Transit Noise and Vibration Impact Assessment. FTA-VA-90-1003-06. May 2006. Office of Planning and Environment. U. S. Department of Transportation. Federal Transit Administration.
- Schiappa de Azevedo, Fernando – Vibrações Ambientais: Incomodidade nos Seres Humanos e Danos nas Edificações. 2002. LNEC, Lisboa.
- Schiappa de Azevedo, Fernando; Domingues, Odete - High Speed Trains: Future Railway Nearby Vibration Prediction. Input and Transfer Function Estimates. (In portuguese: *Comboios de Alta Velocidade. Previsão de Vibrações Próximo de Futura Via. Estimativas da Solicitação e da Função de Transferência*). Congresso Acústica 2012, 1 – 3 Outubro. Évora, Portugal.
- Schiappa de Azevedo, Fernando; Domingues, Odete; Castro, Joana – High Speed Trains in Portugal. Vibration Impact Assessment. (In portuguese: *Impacto dos Comboios de Alta Velocidade no Ambiente. Previsão das Vibrações*). Congresso Internoise 2010, 13-16 June 2010. Lisbon, Portugal.
- Schiappa de Azevedo, Fernando; Patrício, Jorge – Measuring and Evaluating Vibrations in Buildings due to Blastings. Two Case Studies. 2005. In 12th ICSV, Lisboa, Portugal

Mapeamento acústico das denúncias de poluição sonora em Natal-RN

Luciana Alves

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

luciana_ralves@hotmail.com

Débora Pinto

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

deboranpinto@gmail.com

Virgínia Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

virginia@ufrnet.br

Bianca Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

dantasbianca@gmail.com

ABSTRACT: The cities, in their current instances, are in part forgetting environmental quality. This worsens in Brazil, due to the lack of methodologies and actions for prevention and prediction of noise pollution. This research aims to map the concentration of complaints of noise pollution existing in the city of Natal/RN - Brazil. For the survey data were collected reports of noise pollution in Municipal Secretariat of Environment and Urbanism (SEMURB) in the years 2012 and 2013, so which one were placed individually on a city map and inserted in SoundPLAN® acoustic mapping software, obtaining maps with patches of noise pollution concentration. As a result, noise pollution in Natal/ RN exceeds regulatory limits, especially in mostly commercial districts. It is inferred that the problem comes from the lack of adequate to the reality of the local legal instruments and technical staff to perform actions within these complaints and inspections.

Keywords: Noise pollution; Natal/RN; SoundPLAN®

RESUMO: As cidades, em suas instâncias atuais, estão com qualidade ambiental em parte esquecidas. Isto se agrava no Brasil, devido à ausência de metodologias e ações para prevenção e previsão da poluição sonora. Esta pesquisa tem como objetivo mapear a concentração de denúncias de poluição sonora existente na cidade do Natal/RN- Brasil. No levantamento de dados, foram coletadas as denúncias de poluição sonora na Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo (SEMURB) nos anos de 2012 e 2013, nos quais, foram situadas individualmente no mapa da cidade e inseridas no software de mapeamento acústico SoundPLAN®, obtendo-se mapas com manchas de concentração de poluição sonora. Como resultado, a poluição sonora em Natal/RN ultrapassa os limites normativos, principalmente em bairros majoritariamente comerciais. Infere-se que o problema é proveniente da falta de instrumentos legais adequados para a realidade do local e de corpo técnico para realizar ações dentro destas denúncias e fiscalizações.

Palavras-chave: Poluição Sonora; Natal/RN; SoundPLAN®

1 INTRODUÇÃO

É nas cidades onde se concentram diversos tipos de problemas ambientais. Neste contexto, segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2013), a poluição sonora já é considerada a segunda causa de poluição no mundo, perdendo apenas para a do ar. A chamada “poluição sonora” consiste no ruído excessivo das fontes perturbadoras do meio urbano, principalmente no centro das grandes cidades (GUEDES, 2005). No mundo moderno é a principal forma de perda auditiva e surdez em indivíduos adultos. Suas repercussões na saúde e maneiras de estabelecer controles têm sido objeto de crescentes estudos e preocupações no campo da saúde pública, da fisiologia, da acústica e da engenharia (Santos, 1994).

Qualitativamente, o ruído se diferencia do som por ser do tipo indesejável, em geral de conotação negativa, e considerado um dos grandes problemas de poluição das cidades. O som é uma experiência tão comum no nosso cotidiano que raramente nos damos conta de todas as suas funções. Do ponto de vista do fenômeno físico, o som é definido como qualquer variação de pressão que o ouvido possa detectar. (Bistafa, 2006).

Na União Europeia, no período diurno, 40% da população é exposta a níveis de pressão sonora superiores a 55dB(A), sendo destes, 20% a níveis superiores a 65dB(A). No período noturno, 30% são sujeitos a níveis acima de 55dB(A). Poluição sonora é ainda mais severa em países em desenvolvimento, como o caso do Brasil (OMS, 1999).

Em estudo realizado com moradores de Natal (Veloso & Elali, 2006), foi verificado que, como aspectos prioritários para intervenção, o nível sonoro perde somente para saneamento, limpeza e arborização. Isso expõe como a sociedade natalense se sente incomodada com a emissão de ruídos.

Avaliando uma possível solução nesse sentido para Natal, a fim de minimizar os efeitos da poluição sonora, Viveiros *et al* (2008), define que “o mapeamento acústico é uma ferramenta fundamental para o estudo do ruído ambiental. Baseado no levantamento dos níveis de ruído de uma cidade, através da medição ou através do uso de método predicional, o mapa acústico, nada mais é do que a representação de curvas isofônicas (similar às curvas topográficas dos mapas convencionais) - pontos de ruído com a mesma intensidade - de certa área geográfica. Os diversos níveis de intensidade sonora são separados por zonas com cores padronizadas em trechos de 5 dB.”

Os ambientes urbanos apresentam cenários acústicos complexos e seus estudos precisam considerar a participação de várias fontes sonoras e a necessidade de se avaliar inúmeros pontos. Para este fim, os modelos computacionais se tornam imprescindíveis, uma vez que possibilitam a realização de cálculos, análises e relatórios rápidos e com certa precisão (Viveiros *et al*, 2008).

As simulações computacionais calculam automaticamente para um número muito grande de pontos, os níveis de emissão sonora, a partir dos parâmetros dos níveis sonoros das fontes específicas e das características físicas do local que se está estudando. Com isso, é capaz de gerar um mapa dos níveis de pressão sonora utilizando uma escala de cores relacionada aos níveis sonoros. Com este recurso, é possível se conhecer os níveis de pressão sonora em qualquer ponto de uma área modelada, por meio de leitura direta no mapa do ruído. Além disso, permite que sejam simuladas alterações nos parâmetros que determinam a emissão do ruído, constituindo-se assim numa importante ferramenta não só para a avaliação do impacto ambiental causado pelas fontes sonoras, mas também para a avaliação prévia da eficácia de alternativas de controle do ruído que possam ser adotadas (Carlitxo, 2002).

Mapas de ruído e planos de ação de ruído estão sendo desenvolvidos em países da União Europeia após a Directiva 2002/49/CE, permitindo simulações baseadas nos modelos e apoiado pelo processamento de resultados de medição acústica. É obrigatório para as autoridades

responsáveis pelo desenvolvimento de mapas estratégicos de ruído e planos de ação de ruído informar e consultar a sociedade de uma forma clara, compreensível e acessível. Como muitas observações mostram métodos comumente utilizados nos processos de consultoria, problemas de ruído ambiente muitas vezes não atendem a esses requisitos (Wilinska *et al*, 2012; PE/CE, 2002) .

De acordo com a Directiva 2002/49/CE (PE/CE, 2002), que se refere à avaliação e gestão do ruído ambiente, os municípios com mais de 250 mil habitantes em todos os estados membros da UE foram obrigados a desenvolver mapas estratégicos acústicos desde 2007, e para a elaboração de planos de ação contra o ruído na base de dados a partir desses mapas 12 meses mais tarde. Estas obrigações incluem municípios com mais de 100 mil habitantes, com perspectiva de junho de 2012 para a preparação de mapa acústico e junho de 2013 para desenvolvimento de planos de ação contra o ruído. Os planos de ação devem ser projetados para melhorar a gestão de problemas e efeitos do ruído. Esta não é uma tarefa fácil, dada, se levarmos em conta a complexidade das questões acústicas para o cidadão comum por um lado, e vulnerabilidade social dos problemas gerados pelo excesso de ruído no outro (Wilinska *et al*, 2012).

A cidade do Natal/RN ainda possui poucos estudos sobre conforto acústico urbano, sendo todos eles direcionados a algumas frações espaciais específicas da cidade. Este trabalho tem como objetivo avaliar o cenário acústico da cidade do Natal considerando levantamento de dados sobre denúncias de poluição sonora, através do mapeamento acústico realizado através do modelo computacional *SoundPLAN*®. Trata-se, portanto, de um estudo inédito para a cidade, mapeada como um todo, através de dados fornecidos pelos cidadãos.

2 METODOLOGIA

A cidade do Natal/RN possui uma configuração espacial que se aproxima ao recorte geográfico de uma figura triangular, com seu vértice localizado no encontro entre o Oceano Atlântico e a desembocadura do estuário do Potengi/Jundiá, onde começou o povoamento da Cidade. Espalhou-se gradativamente, com um crescimento natural em direção ao Sul, pois os elementos naturais (o parque das Dunas, o Rio Potengi e o Oceano Atlântico) dificultaram significativamente outra forma de expansão. Posteriormente o povoamento deu-se atravessando o Rio Potengi/ Jundiá em direção ao Norte (Macedo, 2005). É possível observar na Figura 1 o macrozoneamento administrativo da cidade, cuja origem se deu na Zona Leste, além do destaque aos bairros citados posteriormente nos resultados deste trabalho.

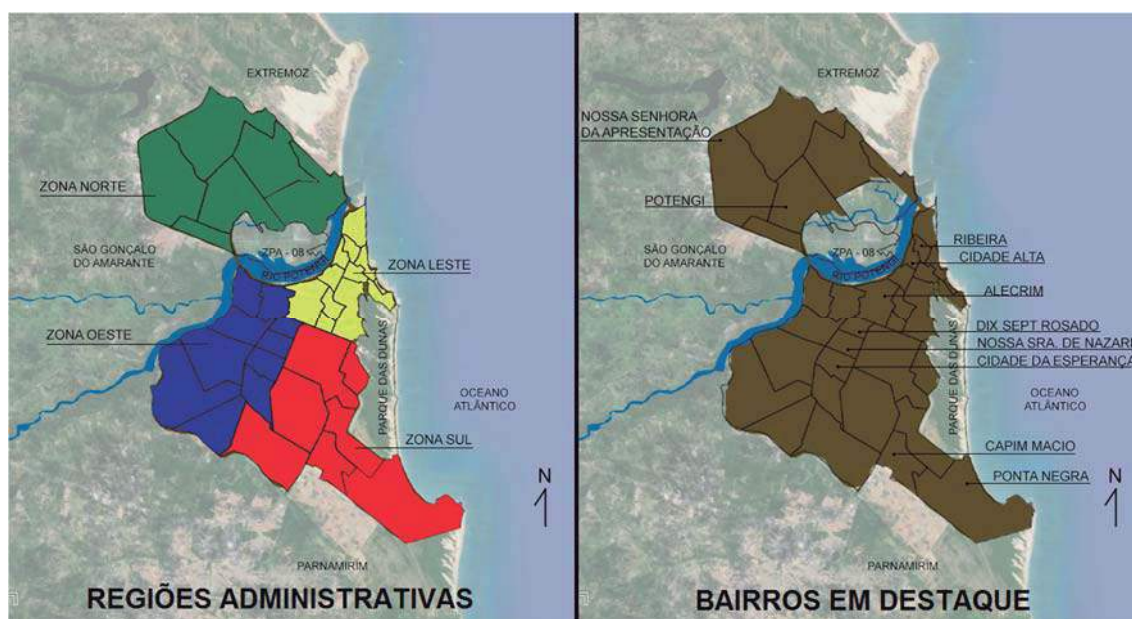


Figura 1. Mapa de Natal com regiões administrativas. (SEMURB , 2008)

Para o mapeamento acústico da cidade do Natal/RN foi coletado o relatório de denúncias do Setor de Programas Ambientais (SPA) da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo (SEMURB) da referida cidade para os anos de 2012 e 2013. A partir de tal relatório, foi detectado que a poluição sonora é o tipo de poluição ambiental com maior quantidade de denúncias. Cada uma destas sobre poluição sonora, neste recorte temporal, foi localizada no mapa da cidade classificada de acordo com o tipo de fonte sonora identificada. Foram pontuadas 528 denúncias de poluição sonora ao todo, nos quais foram agrupadas conforme características semelhantes dos usos.

Os dados de número de denúncias coletados foram inseridos no programa *SoundPLAN*[®], versão 7.1 do Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no qual foi gerado o mapeamento acústico da cidade, através de análise qualitativa do ruído decorrente das denúncias de poluição sonora. Tais denúncias foram individualmente inseridas no mapa da cidade no software *AutoCAD*[®], o qual foi posteriormente importado pelo software *SoundPLAN*[®]. A utilização deste para o desenvolvimento do mapa realizado nesta pesquisa é justificada pela representação gráfica proporcionada pelo software ao gerar um mapa de fácil legibilidade espacial, de modo a resultar um mapa de concentração de denúncias de poluição sonora.

Foram utilizados níveis de potência sonora de 85dB(A) para a maioria das fontes sonoras e de 95dB(A) para algumas fontes pontuais de altos níveis de ruído ambiental¹. Foram considerados ruídos diurnos e noturnos, estimados com base em medições realizadas na cidade do Natal e nos dados encontrados nos processos de poluição sonora do órgão fiscalizador, buscando-se trabalhar com o cenário mais crítico para os tipos de fonte de ruído encontrados. O mapa de ruído no plano horizontal (Grid Noise Map) foi gerado possuindo entrada de dados com altura de 1,20m acima do nível do solo e malha de cálculo de 50m x 50m. Vale ressaltar que, para efeito de simplificação de modelagem, não foi considerado o mapa de gabarito, topografia e contagem de tráfego de veículos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento de dados sobre denúncias de poluição sonora na cidade do Natal permitiu a classificação dos tipos de ruídos emitidos, bem como sua frequência de ocorrência destes diante da amostragem total. De acordo com o quantitativo, bares e restaurantes são os principais motivos de denúncias de poluição sonora, seguidos, com diferença consideravelmente discrepante, por caixas de som, paredões de som e oficinas. É possível inferir, então, que os bares e restaurantes apresentam níveis sonoros acima do permitido pela NBR 10151/2000 e, portanto, cometem infrações ao promover música ao vivo ou transmissão de jogos de futebol ao vivo em telões sem o devido isolamento acústico.

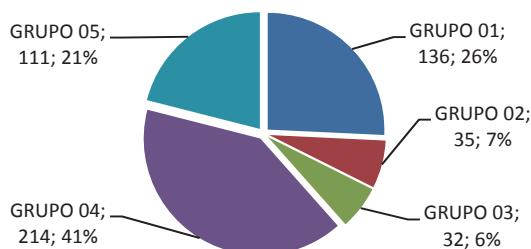


Figura 2. Gráfico de quantitativo por agrupamento (SEMURB, 2014).

A Figura 2 demonstra o agrupamento realizado de acordo com a semelhança de usos, no qual o grupo 01 é composto por lava jato, maquinário, oficina e serralha, o grupo 02 por escola, esporte

¹ Para esta análise simplificada, o software registrava as potências sonoras, obtidas através das referências bibliográficas BISTAFA (2006) e EGAN (1988), estabelecidas para a frequência de 500Hz.

e igreja, o grupo 03 por alarme, animal, construção e residência (com predominância relevante de construção em mais de 84% das ocorrências do grupo), o grupo 04 por bares e restaurantes, boates e casas de festas (no qual 80% das denúncias são a bares e restaurantes) e o grupo 05 por ambulante e carro de som, caixa de som e paredão de som.

A partir da metodologia adotada, foram gerados mapas através do software *SoundPLAN*® por agrupamento. Tais mapas apresentam manchas de concentrações de ruído urbano, demonstrando quais as localidades mais ruidosas da cidade de acordo com as denúncias de poluição sonora feitas pela população para cada grupo. Foi gerado, também, um mapa geral com todas as denúncias coletadas. Sabe-se que este mapa não pode ser considerado como um mapeamento acústico da situação real da cidade, tendo em vista que a base de dados se restringe às denúncias de poluição sonora coletadas pela SEMURB, os níveis de pressão sonora são estimados de acordo com o uso descrito nestas e na eventualidade da ocorrência de alguns casos denunciados. Ocorre, porém, que o mapa se aproxima ao máximo da realidade existente em Natal, se o tráfego for desconsiderado, já que estes são os dados mais significativos sobre poluição ambiental. Foi desconsiderado o ruído de tráfego neste trabalho por este ser alvo de outra pesquisa em desenvolvimento pelos autores. Pretende-se agrupar os dados resultantes desta pesquisa com aqueles referentes ao tráfego, gerando, assim, o mapeamento acústico da cidade. Os resultados obtidos para os grupos são mostrados na Figura 3 e o mapa acústico generalizado, na Figura 4.

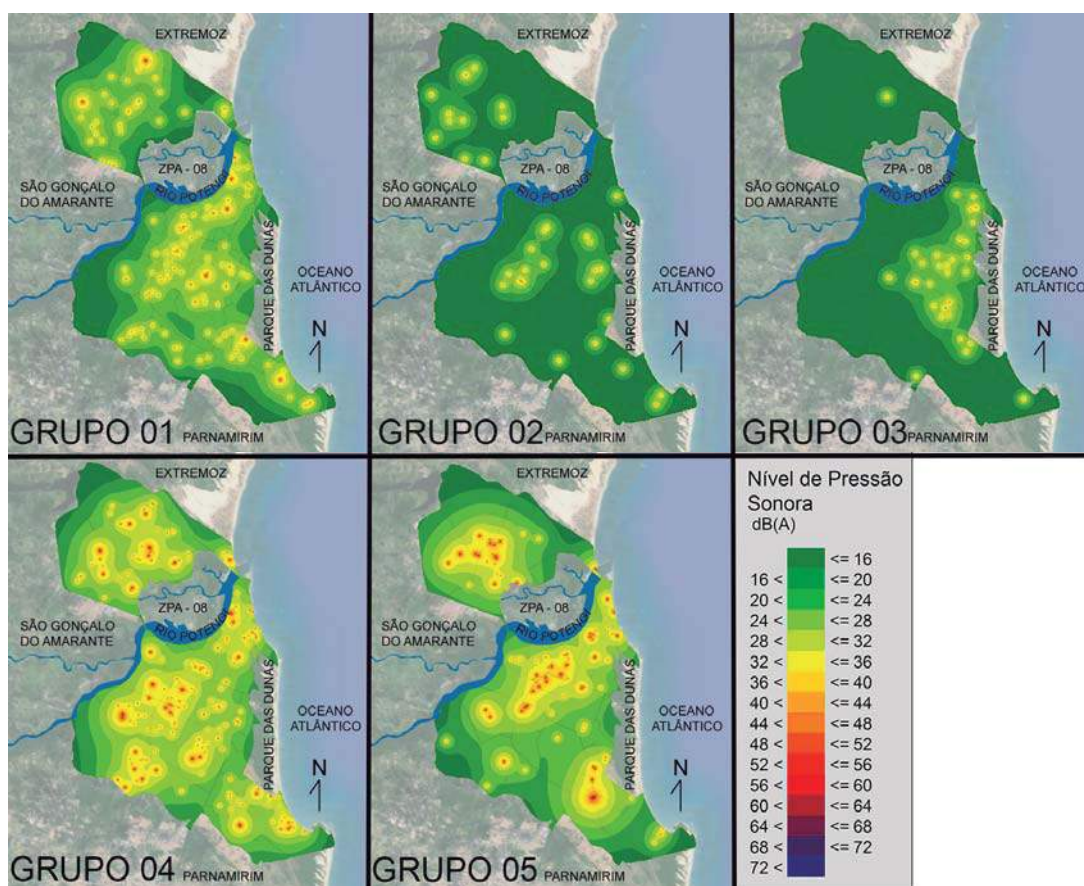


Figura 3. Mapas acústicos dos grupos indicados (SoundPLAN, 2014).

Com base na leitura crítica dos mapas gerados, é possível perceber a distribuição das concentrações de poluição sonora na cidade do Natal. Sabe-se, através do mapa acústico do grupo 01, que o ruído provocado por lava-jatos, maquinários, oficinas e serrarias possuem uma distribuição espacial relevante em toda a cidade. Quanto às escolas, esportes e igrejas, representados no mapa acústico do grupo 02, percebem-se pequenas concentrações

principalmente nas regiões administrativas norte e oeste. O mapa acústico do grupo 03 representa o ruído causado por construções, havendo apenas 05 casos neste grupo decorrentes de alarmes, animais ou residências. É perceptível a concentração de tais denúncias nas regiões administrativas leste e sul, zonas em constante processo de verticalização na cidade. Os bares e restaurantes, detentores do maior número de denúncias em geral, constituem o grupo 04 juntamente com boates e casas de festas. O mapa acústico demonstra uma distribuição espacial relativamente constante em toda a cidade, sendo possível observar algumas concentrações mais bem definidas nas zonas norte e oeste. Assim como o grupo anterior, o mapa acústico do grupo 05, composto por ambulantes e carros de som, caixas de som e paredões de som, verifica-se ocorrência em toda a cidade, majoritariamente nas zonas norte e oeste com um ponto de concentração relevante na zona sul. Este grupo mostra, claramente, o uso constante de paredões de som na região administrativa norte e no trecho indicado na região sul, por parte da população ou de equipadoras de automóveis, enquanto a concentração na região oeste e parte da leste demonstra bairros mais comerciais, nos quais o uso de caixas de som para promoção dos comércios é constante.

O mapa geral, mostrado na Figura 9, dez bairros foram identificados como aqueles com concentrações de denúncias de poluição sonora mais agravantes. O primeiro deles, Nossa Senhora da Apresentação, juntamente com o segundo, Potengi, são localizados na Região Administrativa Norte e apresentam pequenas concentrações em determinadas regiões dos bairros, sendo na porção leste do bairro Nossa Senhora da Apresentação e porção norte do bairro Potengi. Foram identificadas denúncias que envolvem, principalmente, bares, paredões de som e serrarias.

Os bairros Ribeira (03) e Cidade Alta (04), ambos localizados na Região Administrativa Leste, deram origem à cidade do Natal e constituem dois dos três bairros mais ruidosos da zona. Estes são predominantemente comerciais, nos quais se pode considerar apenas ruído diurno. Na Ribeira a poluição sonora é provocada, em sua maioria, por eventos envolvendo música, como “pagodes” ou festas diurnas. Já na Cidade Alta, a predominância é de caixas e carros de som utilizados pelas lojas comerciais para veicular propagandas.

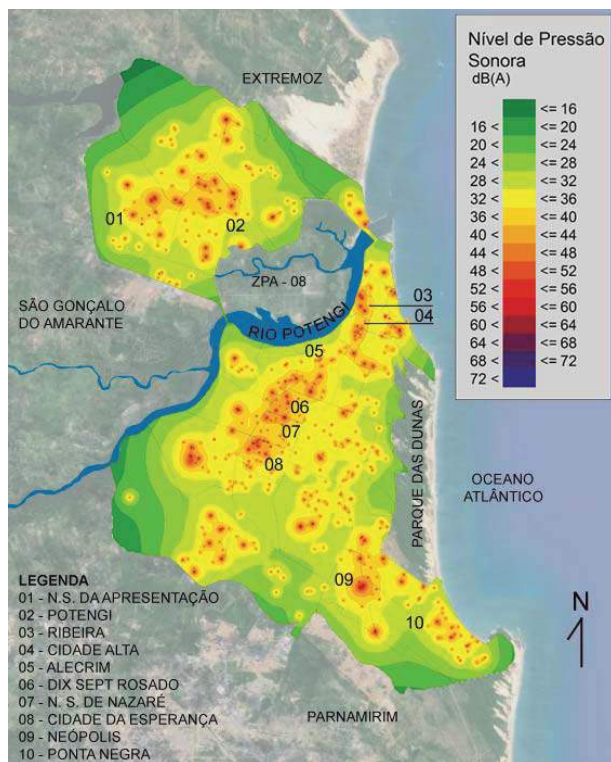


Figura 4. Mapa acústico da cidade do Natal/RN com base em poluição sonora. (SoundPLAN, 2014).

O Alecrim (05), bairro majoritariamente comercial da Região Administrativa Leste, juntamente com os bairros Dix-Sept Rosado (06), Nossa Senhora de Nazaré (07) e Cidade da Esperança (08), localizados na Região Administrativa Oeste, formam um cordão de bairros ruidosos na cidade, unidos aos bairros Ribeira e Cidade Alta supracitados. Nestes bairros, as principais ocorrências são de caixas de som, bares, maquinários e oficinas. Algumas denúncias de paredões de som e casas de festas também foram identificadas. Tais dados demonstram que estes bairros podem ser considerados ruidosos independente do turno.

Os bairros Neópolis (09) e Ponta Negra (10), pertencentes à Região Administrativa Sul da cidade, se mostraram os mais ruidosos desta zona. Neópolis possui, de fato, uma concentração de lojas equipadoras automotivas e uso de paredões de som, que refletem no índice de poluição sonora encontrado em todo o bairro. Já Ponta Negra concentra ruídos provenientes de bares com música ao vivo ou caixas de som, principalmente na região mais próxima da orla marítima, ainda que exista boa parcela do bairro com uso de solo residencial.

A Região Administrativa Norte de Natal é considerada uma Mancha de Interesse Social pelo Plano Diretor e, juntamente com a Região Oeste, compõe, de modo geral, as áreas de menor renda da cidade. Já a Zona Sul e Leste concentram, também de modo generalizado, os bairros de maior renda na cidade. Estas características são, de certa forma, refletidas nos tipos de fontes sonoras encontradas como emissoras de maiores concentrações de poluição sonora em cada uma das regiões. A predominância no uso de solo do bairro também interfere nos tipos de fontes sonoras. Os bairros tidos como comerciais possuem denúncias de poluição sonora diurna causadas, em sua maioria, por caixas de som. Além disso, pode-se inferir que as denúncias feitas à SEMURB possuem influência cultural do tipo de comunidade moradora de cada bairro e região, já que para alguns qualquer ruído é motivo de denúncia, enquanto para outros as denúncias se caracterizam apenas para ruídos de alto nível de poluição ambiental.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de uma análise do espaço urbano, notadamente do ponto de vista acústico, pode-se identificar os principais componentes que influenciam no ruído urbano, verificar as fontes sonoras, detectar quais áreas precisam de tratamento e o que pode ser feito para melhorar a qualidade sonora do ambiente construído.

Em relação à área de estudo foi possível perceber que a influência da concentração de fontes sonoras próximas apresentou, no mapa acústico, níveis acima do recomendado pela ABNT NBR 10151/2000, desconsiderando a influência do ruído de tráfego, tido um grande problema na cidade. Percebe-se, desta forma, que as denúncias realizadas para a SEMURB carecem de maior fiscalização para que o ruído urbano seja mais bem controlado e haja uma melhoria significativa da qualidade acústica da região. Conclui-se, ainda, que a ferramenta de mapa de ruído tende a ser extremamente interessante para o mercado imobiliário e para a Prefeitura, a qual poderia utilizá-lo para criar ou rever suas leis de zoneamento e uso do solo.

Com as questões referentes à acústica do espaço urbano, estima-se que foi assumida a premissa de que nas cidades o ruído é inevitável e que nada pode ser feito. Porém, diversos estudos demonstram que existem ferramentas de mapa de ruído, e instrumentos de traçado urbano e barreiras acústicas com enorme potencial para reduzir o impacto sonoro no meio urbano, associados a políticas de conscientização da população dos perigos trazidos pela poluição sonora e uma intensa fiscalização de controle desta.

Vale ressaltar que esta pesquisa traz inovações em metodologia que podem ser aplicadas em novos trabalhos e servirá de base para o mapeamento acústico da cidade de Natal/RN, juntamente com o mapa de ruído viário.

REFERÊNCIAS

- Bistafa, S. R. 2006. *Acústica aplicada ao controle de ruído*. São Paulo: Editora Edgard Bugher.
- Calixto, A. 2002. O ruído gerado pelo tráfego de veículos em “rodovias – grandes avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisado sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
- Egan, M. D. 1988. *Architectural acoustics*. USA: McGraw-Hill.
- Guedes, I. C. M. 2005. Influência da Forma Urbana em Ambiente Sonoro: Um estudo no bairro de Jardins em Aracajú (SE). Dissertação (mestrado) – Campinas: Universidade Estadual de Campinas.
- Macedo, M. E. 2005. Análise da interferência da legislação urbanística no crescimento do bairro de Lagoa Nova: planos diretores de 1974, 1984, 1994. 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Organização Mundial da Saúde – OMS. 2013. <http://www.who.int> Acessado em 14 Nov. 2013.
- Organização Mundial da Saúde – OMS. 1999. Guidelines for community noise. <http://www.who.int/docstore/peh/noise/gu> Acessado em 14 nov. 2013.
- Parlamento Europeu/ Comissão Europeia – PE/CE 2002. Directiva 2002/49/CE. In *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, n.45, L189: 12-25. <http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2002:189:SOM:PT:HTML> Acessado em 16 jul. 2012.
- Santos,U.B. 1994. Ruído: Riscos e Prevenção. São Paulo: Hucitec,.
- Veloso, M.; Elali, G. A. 2006. Qualidade de vida urbana em Natal: mitos e realidade. Natal: EDUFRRN.
- Viveiros, E; Ventura, A.N; Coelho, J.L.B; Neves, M.M. 2008. Uma contribuição para o aprimoramento do Estudo de Impacto de Vizinhança: a gestão do ruído ambiental por mapeamento sonoro. In: ENTAC, 2008, *Livro de Actas* Belo Horizonte:ENTAC
- Wilinska, A.; Kazmierczak, J.; Nieporek, A. 2012. Participatory approach to noise mapping and acoustic climate management. In *Euronoise, 2012. Livro de Actas* . Praga.

Impacto sonoro decorrente de alterações na legislação urbana - o PEU das Vargens, Rio de Janeiro

M. Lygia Niemeyer

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de pós Graduação em Arquitetura, Rio de Janeiro, Brasil.

lygianiemeyer@gmail.com

ABSTRACT: Urban centers in Brazil have experienced a great sprawl over the last decades. However, the rapidly grown has been exceeding the ability of local administration to provide adequate infrastructure and life quality for its inhabitants. The noise pollution in Brazilian cities has often been augmented by the disregard of the environmental issues in the context of urban planning. This paper aims to discuss the transformations over the acoustical environmental due the new urban parameters approved by the 1004/2009 law for Vargem Grande district, in the western area of Rio de Janeiro. Among the probable negative impacts there is the increase of noise pollution due the population growth and to the resulting increase in vehicle traffic. The evaluation methodology has involved the elaboration and critical analysis of noise maps (present situation/ future scenario)

Keywords: Noise pollution, urban planning, noise maps.

RESUMO: As cidades brasileiras têm experimentado uma grande expansão nas últimas décadas. No entanto, este rápido crescimento tem sido superior à capacidade das administrações locais de oferecer infraestrutura adequada e qualidade de vida para seus habitantes. A poluição sonora tem sido agravada pela desconsideração das questões ambientais no contexto do planejamento urbano. Este trabalho tem por objetivo discutir a modificação do ambiente sonoro em função dos novos parâmetros urbanísticos aprovados pela lei complementar 1004/ 2009 para a região de Vargem Grande, Zona Oeste do Rio de Janeiro. Entre os impactos negativos esperados está o aumento da poluição sonora, decorrente do adensamento populacional e do consequente aumento do tráfego de veículos. A metodologia de avaliação envolveu a elaboração e análise crítica de mapas de ruído (situação atual/ cenário futuro).

Palavras-chave: poluição sonora, planejamento urbano, mapas de ruído.

1 INTRODUÇÃO

Os centros urbanos de países em desenvolvimento como o Brasil têm crescido rapidamente nas últimas décadas. Atualmente, 85% da população brasileira vivem em áreas urbanas, sendo cerca de 30% concentrada nas oito principais regiões metropolitanas (IBGE 2010). O rápido crescimento de muitas destas cidades tem superado a capacidade da administração local de suprir as necessidades de infraestrutura adequada, habitação e qualidade de vida de sua população (Assis 2006).

Entre os impactos negativos deste crescimento está o aumento da poluição sonora, que expõe a população urbana a níveis de ruído nocivos, potencialmente causadores de danos à saúde física e mental (i. e. perturbação do sono, stress, perda de concentração, perda auditiva, etc.) (WHO 2003). Nas cidades brasileiras, o agravamento da poluição sonora pode ser atribuído à desconsideração do ambiente sonoro nas ações de planejamento urbano.

As políticas públicas relacionadas ao meio urbano pouco tem considerado a problemática ambiental, especialmente as novas demandas associadas aos efeitos das mudanças climáticas (Bueno 2012) e da poluição sonora urbana. A abordagem dos problemas relacionados à gestão

do ruído nas cidades tem sido realizada a partir de critérios puramente quantitativos, sem considerar aspectos relativos à paisagem sonora (Rego 2012).

Por outro lado, impulsionada pela ineficiência do transporte público, a taxa de expansão da frota circulante tem ultrapassado o crescimento populacional, passando de 24,3 milhões em 2006 para 4,1 milhões de veículos¹ em 2013. Ainda mais expressivo foi o aumento do número de motocicletas que passou de 2,5 milhões em 2000 para 13,1 milhões de unidades em 2013. Os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro concentram 56% do total de automóveis e comerciais leves (Sindpeças, 2013). A construção de autoestradas, túneis e viadutos estão, frequentemente, sendo adotadas como alternativa para resolver os problemas de mobilidade urbana (Niemeyer 2010). Estas intervenções têm sido particularmente mais prejudiciais quando realizadas em um contexto urbano consolidado.

O Estatuto da Cidade, denominação oficial da lei 10.257 (10/07/2001), regulamenta o capítulo Política Urbana da Constituição Brasileira. O Estatuto apresenta entre os seus objetivos: *“a garantia do direito a cidades sustentáveis (...); a ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar (...) a poluição e a degradação ambiental”* (Brasil 2001). Além disso, define instrumentos de política urbana - plano diretor, estudo prévio de impacto ambiental e de impacto de vizinhança.

O Plano Diretor (Brasil 2005) é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes e para cidades com especial interesse turístico ou dentro da área de influência de empreendimentos que geram impactos ambientais significativos. Entre seus principais objetivos está o planejamento do uso do solo municipal e a promoção das políticas setoriais (i.e. meio ambiente, patrimônio artístico e cultural, habitação, transporte).

O Estudo de Impacto de Vizinhança, por sua vez, é uma avaliação técnica requerida para implantação de empreendimentos potencialmente danosos ao meio ambiente pelo seu porte/ tipo de atividade ou pela fragilidade/ importância da área de implantação. O Relatório de Impacto de Vizinhança deve conter, no mínimo, a análise das seguintes questões: *“aumento da densidade populacional, equipamentos urbanos e comunitários; uso da terra; valorização imobiliária; de geração de tráfego e demanda por transporte público; ventilação e iluminação; paisagem urbana e cultural”*. No entanto, mesmo que muitos desses tópicos sejam potencialmente modificadores do ambiente acústico, no texto da lei não são definidas metodologias objetivas de avaliação de impacto sonoro.

No Brasil, a principal referência para avaliação de ruído ambiental é a norma NBR 10151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade (ABNT, 2000) que estabelece Níveis Critério de Avaliação (NCA) em função do uso do solo. Entretanto, os procedimentos da norma são baseados na conformidade entre o ruído emitido e NCA, ou seja, para atividades em funcionamento.

A Diretiva 2002/49/EC deu aos países da Comunidade Europeia um instrumento fundamental para a gestão do ruído urbano: os mapas de ruído estratégico que permitem identificar situações de conflito; avaliar a exposição da população ao ruído; subsidiar medidas para mitigação de danos estabelecidos; definir metas e planejar ações para controle da poluição sonora (Barrigón Morillas 2002, Mendes & Silva 2006 Doysi et al. 2008, Picaut & Fortin 2011).

Neste sentido, embora a legislação brasileira estabeleça limites de ruído ambiental, na prática, a efetiva aplicação dessas normas é inviabilizada pelo custo elevado de aplicação de medidas mitigadoras em situações consolidadas. Esse contexto aponta para a necessidade de integrar instrumentos de avaliação preliminar de impacto sonoro aos Estudos de Impacto de Vizinhança,

¹ Composição da frota: automóveis (78,7%), comerciais leves (15,9%), caminhões (4,5) e ônibus (1%).

para permitir que o estudo de alternativas para mitigação de danos seja realizado na fase de planejamento das intervenções.

No Brasil, a utilização de programas de mapeamento sonoro está prioritariamente concentrada em centros de pesquisa, universidades e alguns escritórios de consultoria acústica (Guedes 2005, Moraes 2006, Barreto & Freitas 2008, Pinto & Mardones 2009, Garavelli et al. 2010, Cantieri et al 2010). Apesar do estado da arte das pesquisas, o uso de mapas de ruído ainda não foi incorporado pela administração pública aos procedimentos para concessão de licença ambiental, nem mesmo para implantação de estruturas viárias e empreendimentos de grande porte.

Este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial de impacto sonoro decorrente de alterações na legislação de uso do solo definida pela lei complementar 1004/ 2009, o chamado "PEU das Vargens" (PCRJ 2009).

A área de estudo está localizada na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro que, nos últimos anos, vem sofrendo forte pressão do mercado imobiliário em função da proximidade com os investimentos para as Olimpíadas de 2016 e pelos novos parâmetros urbanísticos. Ressalta-se que entre os impactos esperados está o aumento poluição sonora decorrente do adensamento populacional e consequente aporte no tráfego de veículos.

2 ÁREA DE ESTUDO

A Baixada de Jacarepaguá abrange os bairros de Jacarepaguá, Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Vargem Grande, Vargem Pequena e Camorim. É limitada ao norte pelos maciços da Pedra Branca e da Tijuca e ao sul pela orla marítima. No final da década de 60, foi elaborado por Lúcio Costa o "Plano da Barra da Tijuca e Jacarepaguá" (Fig. 1a), que seguia os mesmos princípios modernistas adotados pelo urbanista no "Plano Piloto de Brasília". O traçado urbano se apresentava como contraponto ao modelo dos bairros da Zona Sul carioca "*que sofriam um processo intenso de construção e adensamento... desvencilhando-se das dificuldades impostas em áreas já parceladas e edificadas*" (Rezende & Leitão 2003 apud Name & Silva 2012).

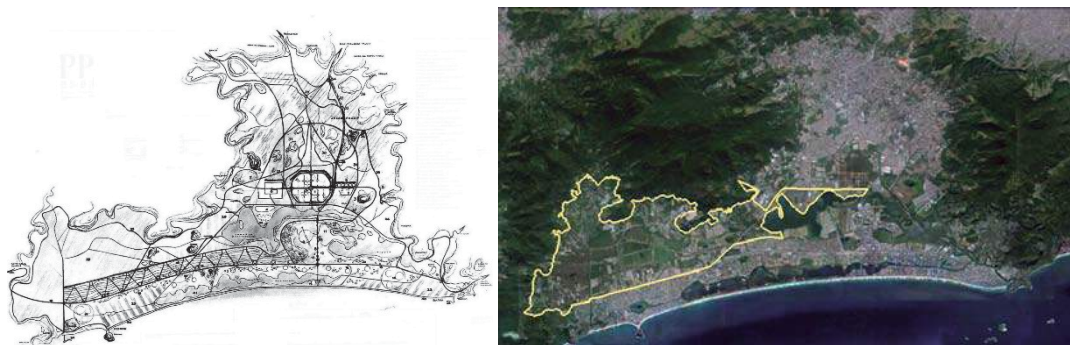


Figura 1. À esquerda (a) traçado original do plano de Lucio Costa. (2010). À direita (b) limites do "Peu das Vargens" sobre imagem do Google Earth

A partir da década de 1970 os parâmetros urbanísticos originais foram sendo progressivamente modificados visando atender às demandas do mercado imobiliário nas áreas da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes. Por quatro décadas a região das Vargens se manteve a margem deste processo, até a modificação radical dos parâmetros urbanísticos pelo "PEU das Vargens" (Fig. 1b).

O recorte espacial foi definido pela interação com a pesquisa "Mudanças climáticas e as formas de ocupação urbana: estudos comparativos de tipos de ocupação e indicadores socioambientais para adaptação de situações de vulnerabilidade e risco das regiões metropolitanas de Rio de

Janeiro e Campinas”² (Tangari & Bueno 2012). Este projeto foi desenvolvido de forma colaborativa por duas equipes, uma do Rio de Janeiro e outra de Campinas, que realizaram, a partir de projetos metodologicamente idênticos, pesquisas quantitativas e qualitativas em recortes espaciais específicos de cada cidade.

Além de maior agilidade nas etapas de levantamento de dados e construção do modelo digital de simulações sonoras, o compartilhamento de informações viabiliza o cruzamento dos mapas de ruído com os mapas temáticos resultantes das diferentes abordagens da área em questão.

Para efeito de estudo, a equipe do Rio de Janeiro definiu quatro Unidades de Paisagens (UPs) em função de suas características tipo-morfológicas: (UP1) Domínio Florestal e de Encostas; (UP2) Interface Floresta/Zona Edificada; (UP3) Baixa Densidade de Edificações; (UP4) Alta Densidade de Edificações (Fig. 2a).



Figura2. À esquerda (a) localização das Unidades de Paisagem em relação aos limites do PEU. À direita (b) recorte espacial dos mapas de ruído.

Em função da extensão da área de estudo, as primeiras simulações foram realizadas na Unidade de Paisagem 2, setor 5 do PEU. Trata-se de área relativamente plana localizada em base de encosta, onde a baixa densidade de ocupação e a presença de grandes glebas sem uso aparente indica elevado potencial de transformação, devido à valorização do solo e às mudanças da legislação urbanística. Deste critério resultou a seleção das áreas para realização dos mapas de ruído, localizados nas estradas dos Bandeirantes, Sacarrão e Rio Morto (Fig. 2b).

3 METODOLOGIA

3.1 Modelo Digital

Os mapas foram gerados no programa Soundplan, versão 7.2 (Braunstein & Berndt 2004). Os dados de entrada para a simulação são divididos em duas categorias: modelagem do campo de propagação e quantificação da emissão sonoras das vias de tráfego.

A entrada de dados deve abranger uma área maior que o recorte do mapa propriamente dito, para que seja computada a influência das fontes sonoras do entorno. As dimensões desta “borda” dependem do tipo e intensidade das fontes sonoras e do padrão de ocupação do solo da área de estudo (Pinto et al. 2004).

Para construção do modelo do campo de propagação, os dados referentes à topografia (curvas de nível e pontos cotados) e à malha viária (eixo e largura das vias) foram importados diretamente de bases cadastrais da Prefeitura. Como a área de estudo sofre um acelerado processo de ocupação, para modelagem dos edifícios foram utilizadas bases cadastrais -

² A pesquisa recebeu recursos do Programa FAPERJ/ FAPESP e é coordenada pelas professoras doutoras Vera Regina Tângari (PROARQ/FAU/UFRJ) e Laura Machado de Mello Bueno (PUC/ Campinas). No Rio de Janeiro o trabalho está sendo desenvolvido pela equipe do Grupo Sistema de Espaços Livres (SEL-RJ).

atualizadas por ortofotos, levantamento de campo e sobrevôos de helicóptero - cedidas pela equipe do projeto “Mudanças Climáticas”.

Para racionalizar o processo de alimentação do programa de simulação, os arquivos foram previamente trabalhados em Autocad, com o objetivo de filtrar, organizar e separar os elementos (topografia, edifícios, muros, barreiras, massas vegetais, vias de tráfego) relevantes para a simulação sonora.

3.2 Trabalho de campo

O trabalho de campo tem por objetivo complementar a base de dados necessária para construção do modelo, geração e calibração do mapa de ruído da situação atual. Os dados de campo organizados em fichas, apresentadas no anexo 1, são os seguintes:

- Medição dos Níveis de Pressão Sonora e contagem de veículos para calibração do modelo;
- Caracterização do tráfego: número de faixas, declividade, velocidade média do fluxo e tipo de pavimentação das vias e passeios;
- Complementação e atualização das informações das bases cadastrais (pavimentações, massas vegetais, construções novas / demolições);
- Registro fotográfico dos pontos notáveis (espaços sensíveis, paisagens sonoras relevantes, zonas de conflito).

3.3 Calibração do mapa

Esta etapa é particularmente importante porque o Soundplan - assim como os demais programas disponíveis no mercado brasileiro - foi produzido para atender aos requisitos da Diretiva 2002/49/EC, definidos a partir das especificidades de cidades localizadas em países da União Europeia.

Para validação e calibração dos mapas, os valores simulados são comparados com os valores medidos. Mesmo quando os dados de emissão sonora são baseados em medições *in loco*, a calibração é importante para verificar se os valores são condizentes com a realidade.

3.4 Cenário futuro

O modelo usado nas simulações considerou o cenário de curto prazo: manutenção das edificações existentes e ocupação das maiores glebas vazias das estradas dos Bandeirantes, Sacarrão e Rio Morto. O cenário de simulação foi construído pelo grupo SEL/RJ, com base no padrão de ocupação e tipologias construtivas que estão sendo adotados pelo mercado imobiliário e dos parâmetros urbanísticos previstos para o Setor E do PEU das Vargens (Tab. 1).

Tabela 1 - Parâmetros Urbanísticos (Setor 5/ PEU das Vargens)

	LOTE MÍNIMO	TESTADA MÍNIMA	AFASTAMENTO MÍNIMO		N ^o DE PAVIMENTOS		IAT		TAXA DE OCUPAÇÃO	TAXA DE PERMEAB.
			FRONTAL	DIVISAS	SC	CC	SC	CC		
ZUM 1					4	6				
ZUM 2					PISOS (14	PISOS (20	2,25	2,5		
ZUM3	600 m2	15 m2	5 m	OBRIGATÓRIO	m)	m)			60%	30%
ZRU					4 PISOS (14 m)		2,25			

O cenário futuro considerou ocupação das glebas por condomínios de edifícios multifamiliares (24 unidades com 3 quartos e 48 unidades de 2 quartos cada) e, na faixa de zoneamento a 100 metros do alinhamento, edifícios unifamiliares, com o número máximo de pavimentos permitido pela legislação, com contrapartida. Em virtude das características do solo não foi considerado o uso de subsolo e sim o estacionamento externo, solução que tem sido adotada pelo mercado imobiliário na região.

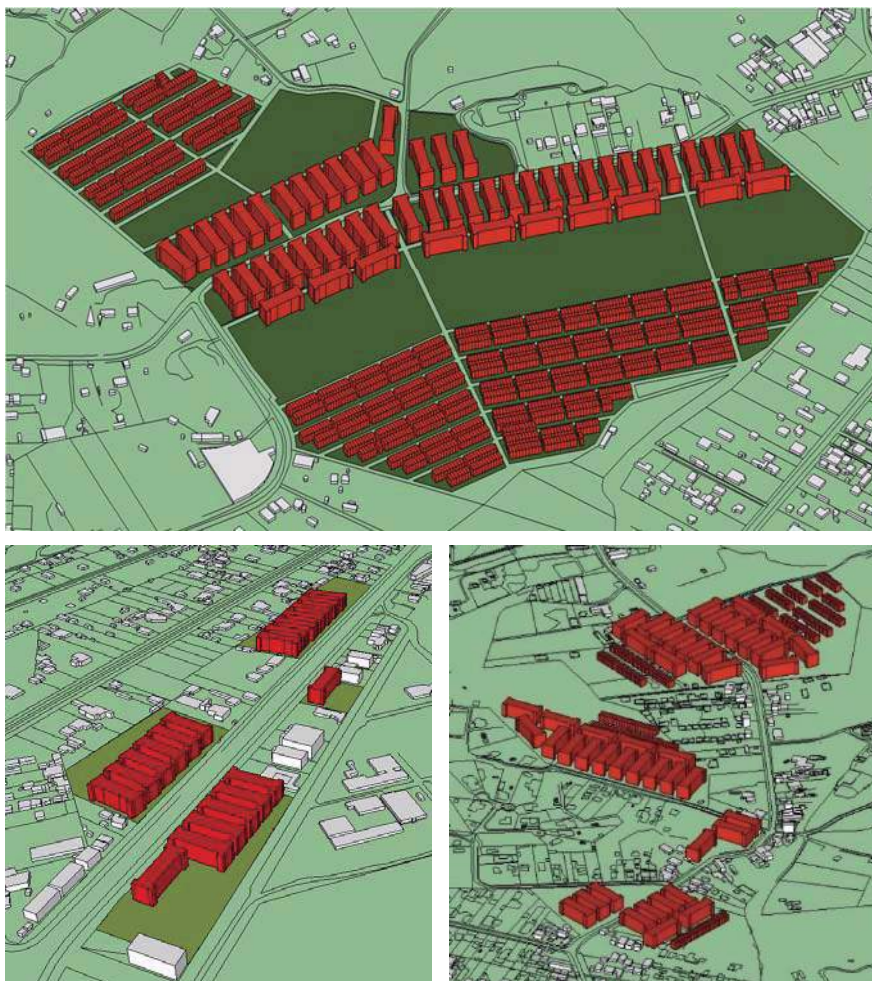


Figura 3. Simulações de cenário futuro: acima a Estrada dos Bandeirantes, abaixo à esquerda a Estrada do Rio Morto e à direita, Estrada do Sacarrão. Fonte: Grupo SEL-RJ.

O cálculo do aporte de tráfego, nas vias públicas e internas dos condomínios, adotou os índices de geração de viagem para uso residencial, na cidade do Rio de Janeiro: 1,2 viagens e 1,8 viagens/ dia, para unidades de 2 e 3 quartos respectivamente (Grieco et al. 2012).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

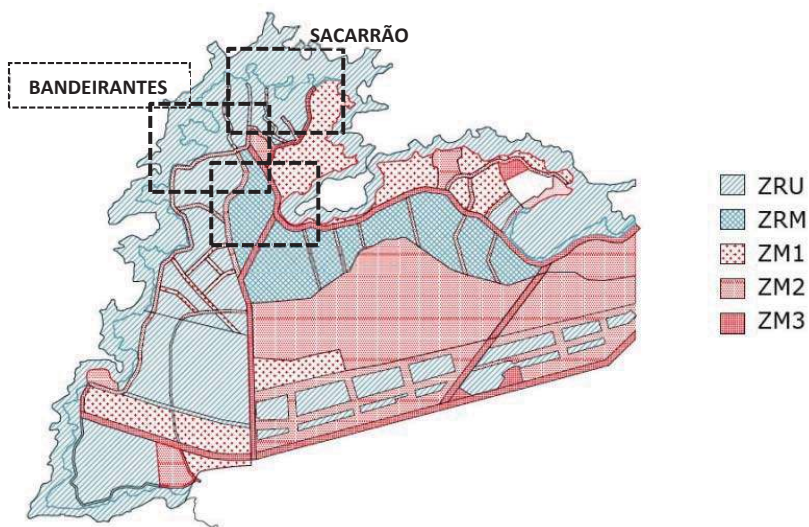


Figura 4 – Limite dos mapas de ruído sobre zoneamento sonoro do PEU das Vargens. O nível máximo de ruído para o período diurno é de 55 dB(A) nas áreas em azul e de 65dB(A) nas áreas em vermelho.

De acordo com a lei municipal 3268 (PCRJ 2001) os níveis máximos de ruído permitidos na cidade do Rio de Janeiro são vinculados ao zoneamento de Uso e Ocupação do Solo, por similaridade com a NBR 10151 (ABNT 2000). O nível máximo de ruído permitido para as Zonas de Uso Residencial Unifamiliar (ZRU) e Multifamiliar (ZRM) é de 55 dB(A) para o período diurno e 50 dB(A) para o período noturno. Para Zonas de Uso Misto (ZM1, ZM2 e ZM3) o limite é de 65 dB(A) para o período diurno e 60 dB(A) para o período noturno (Fig. 4).

4.1 Estrada do Rio Morto

A simulação de cenário futuro indica significativa elevação dos níveis sonoros ao longo das Estradas do Rio Morto e Bandeirantes como consequência do aporte de tráfego de veículos particulares. Entretanto, em função da topografia plana e do tecido aberto, o níveis sonoros se mantém próximo aos limites permitidos pela legislação para o período diurno: 65 dB (A) no entorno imediato das vias de tráfego e 55 dB(A) no interior das quadras (Fig. 5).

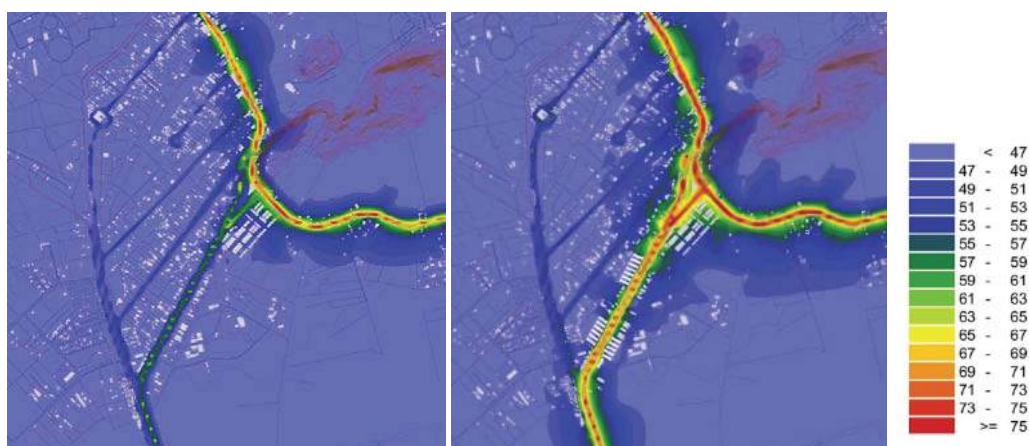


Figura 5. À esquerda, situação atual. À direita, cenário futuro da Estrada do Rio Morto.

4.2 Estrada dos Bandeirantes

Na situação atual, os níveis sonoros estão dentro dos limites da legislação. Os valores mais elevados, de 61 a 65 dB (A), ocorrem ao longo da Estrada dos Bandeirantes. Na maior parte do mapa estão abaixo de 50 dB(A), com exceção das vias secundárias onde chegam a 55 dB(A).

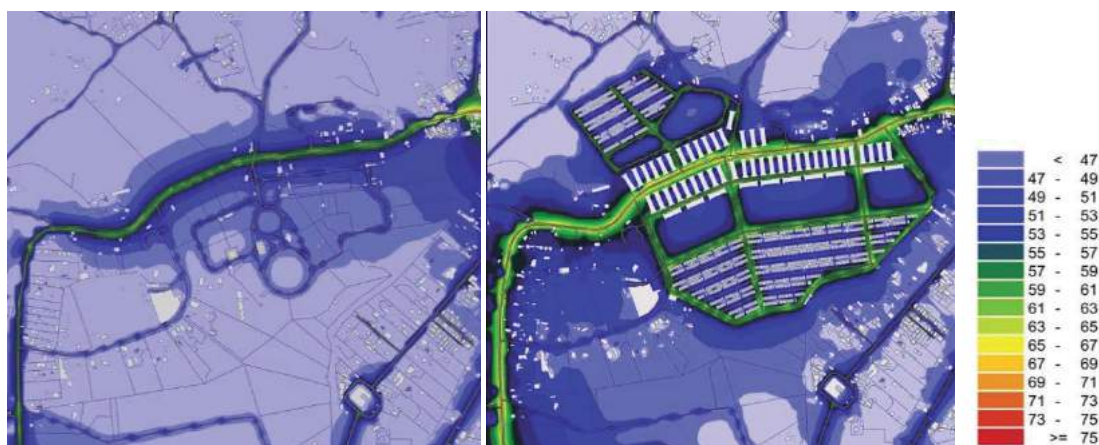


Figura 6. À esquerda, situação atual. À direita, cenário futuro da Estrada dos Bandeirantes.

Na estrada dos Bandeirantes, a simulação de cenário futuro aponta um aumento dos níveis em toda a área de estudo (Fig. 6). Na estrada dos Bandeirantes, este aumento se deve não apenas ao aumento do volume de veículos, mas também à consequente redução da fluidez do

escoamento. No interior dos condomínios, além do tráfego nas vias internas deve também ser considerado o efeito das reflexões sobre os edifícios e à pavimentação do solo nas áreas para estacionamento.

4.3 Estrada do Sacarrão

O impacto sonoro mais significativo foi verificado na Estrada do Sacarrão. O mapa de ruído da situação atual apresenta níveis de ruído ligeiramente mais elevados no entroncamento com a estrada dos Bandeirantes, que apresenta maior densidade de ocupação residencial, comércio local e acesso a um grande parque aquático. Entretanto, com exceção deste trecho inicial, tanto na estrada do Sacarrão quanto no interior das quadras o nível de sonoro se mantém abaixo dos limites definidos pela legislação, onde a paisagem sonora é constituída por sons da natureza (animais, rio) e de atividades cotidianas dos moradores.

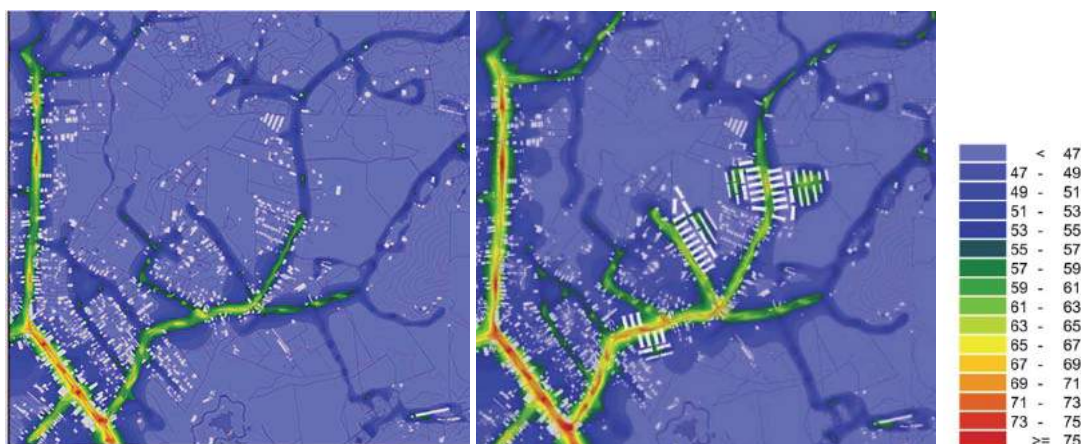


Figura 7. À esquerda situação atual, à direita, cenário futuro - Estrada do Sacarrão.

O cenário futuro indica impacto sonoro significativo em toda a área simulada, ultrapassando os limites fixados pela legislação no entorno das Estradas do Sacarrão e Bandeirantes e da Rua Crescêncio Mendes do Nascimento (acesso ao segundo grupo de edificações) e nas áreas de maior densidade dos condomínios. Além do aporte de tráfego, em uma via estreita e em aclive acentuado, contribuem para este aumento a eliminação das grandes massas vegetais e a pavimentação das áreas de estacionamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros urbanísticos definidos pelo PEU das Vargens modificam de forma radical o padrão de ocupação da região de Vargem Grande. O mercado imobiliário tem investido maciçamente na região em função da proximidade com o Parque Olímpico que está sendo construído na Barra da Tijuca e da carência de terrenos em áreas consolidadas da cidade.

Os resultados indicam um impacto significativo no ambiente sonoro no cenário de curto prazo, apesar das simulações terem considerado o uso exclusivamente residencial, que apresenta menor potencial de geração de viagens que as atividades de comércio e serviços também permitidas para a área.

O elevado custo exigido para redução de danos em situações já estabelecidas aponta para a necessidade de incluir metodologias objetivas de avaliação de cenários futuros para as ações que impliquem em modificações significativas na morfologia urbana.

Sistemas de auxílio à decisão, baseados na simulação de cenários futuros, são fundamentais para o planejamento de ações sobre o meio urbano e para a formulação de parâmetros urbanísticos coerentes com uma política urbana sustentável. A maioria desses *softwares* permite a importação de dados de bases cadastrais e Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

viabilizando a análise integrada de diferentes disciplinas e o gerenciamento das complexas relações espaciais do meio urbano.

Entretanto, apesar dos avanços obtidos na pesquisa de métodos de avaliação do ambiente sonoro, alcançados no âmbito das universidades e centros de pesquisa, ainda persiste um descompasso entre a produção acadêmica e as práticas de gestão urbana.

6 AGRADECIMENTOS

A autora agradece à Capes pelo auxílio financeiro para participação no Euro ELECS.

REFERÊNCIAS

Assis, Eleonora S. 2006. Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros. *Revista de Urbanismo e Arquitetura*. V.10. P. 20-25.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2000. *NBR 10.151: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade*. Rio de Janeiro, 2000.

Braunstein & Berndt GmbH. 2004. *Handbookuser's manual*. SoundPlan LLC. Disponível em: <<http://www.soundplan.com>>.

CETRio - Gerência de Informações de Tráfego do Rio de Janeiro - 2013. Volume diário de veículos das principais vias do município do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/859227/4103802/Volumediariodeveiculosnasprincipaisviasdacidade.pdf>> Acesso em mar. 2015.

Barreto, Debora & Freitas, Ilce Marília. 2008. Importância de mapas de ruído na análise do planejamento dos transportes, *Anais do XXII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica*, Belo Horizonte, 26-29.

Barrigón Morillas, J. M. et al. 2002. An environmental noise study in the city of Cárceres, Spain. *Applied Acoustics*, v.63, n.10, p.1061-1070.

Brasil. 2001. *Estatuto da Cidade - Lei nº. 10.257*. Guia para Implementação pelos Municípios e Cidadãos. Câmara dos Deputados – Coordenação de Publicações: Brasília.

_____. 2005. *Plano diretor participativo: guia para elaboração pelos municípios e cidadãos*. Ministério das Cidades, Brasília.

Bueno, Laura. et al. 2012. Mudanças climáticas e as formas de ocupação urbana: processo de criação de cenários socioambientais. *Paisagem e Ambiente*. FAUUSP, v.30, p.123 - 136.

Cantiere, E. et al. 2010. Elaboração de um mapa de ruído para a região central da cidade de Curitiba – PR. *Revista Produção Online*, Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, v.10, n. 1, 2010. Disponível em <www.producaoonline.org.br> Acesso em: 05 fev. 2013.

Costa, Lucio. 2010. Plano Piloto para a urbanização da baixada compreendida entre Barra da Tijuca, o Pontal de Sernambetiba e Jacarepaguá. *Arquitextos*, São Paulo, ano 10, n. 116.00, Vitruvius, jan. 2010. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.116>>.

Doisy, S. Lelong & J. Mamet (2008). New vehicle noise emission values to update the French Guide de Bruit. In: *Proceedings of Acoustic 2008*. Paris, France.

Garavelli, S. L.; et al. 2010. Mapa de Ruído como Ferramenta de Gestão da Poluição Sonora: Estudo de Caso de Águas Claras - DF. In: *Actas do 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*, Faro, Portugal.

Guedes, Ítalo. 2006. Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo de caso no bairro Jardins em Aracajú-Sergipe. Dissertação de mestrado. Unicamp, Campinas, São Paulo.

Grieco, E. 2012. Estabelecimentos Residenciais. In: Portugal, L.S. (org.). *Polos Geradores de Viagens orientadas à qualidade de vida ambiental: modelos e taxas de geração de viagens*. Rio de Janeiro: Interciência.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2010. *Censo 2010*. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>.

Mendes, J. & Silva, L. 2006. Indicadores de Alteração Global do Clima Acústico, Uma Metodologia de Análise para Monitorização do Ruído Urbano . In: *Actas do 2º PLURIS*. Braga, Portugal.

Moraes, Elcione. 2006. Poluição sonora em Belém – Brasil: identificação, caracterização e medidas de controle do ruído urbano. II Congresso Luso Brasileiro para o Planeamento, Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. In: *Anais do PLURIS 2006*, Portugal.

Name, Leonardo & Silva, Jonathas. 2012. Espaço normativo, espaço consolidado: por um embasamento teórico sobre a produção do espaço e cenários de mudança. In: *Anais Do II Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*. Natal, RN.

Niemeyer, M. L. A. (2010) Conforto Acústico em Ruas do Bairro de São Cristóvão, Rio De Janeiro/ Brasil. In: *Actas do 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*, Faro, Portugal, outubro 2010.

PCRJ. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. 2001. Lei Municipal 3268 - Proteção da Coletividade Contra a Poluição Sonora.

_____. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. 2009. *Lei Complementar 104*. Projeto de Estruturação Urbana dos bairros de Vargem Grande, Vargem Pequena, Camorim e parte dos bairros do Recreio dos Bandeirantes, Barra da Tijuca e Jacarepaguá.

Picaud, J. & Fortin N. 2011. Approche simplifié pour la réalisation de cartes de bruit. <http://www.ifsttar.fr/fileadmin/uploads/recherches/seminaires>.

Pinto, Fernando. & Mardones, Maisa. 2009. Noise mapping of densely populated neighborhoods: example of Copacabana, Rio de Janeiro – Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 155, 309-318.

Rego, Andrea & Niemeyer, M. Lygia. 2012. Qualidade Sonora e Clima Urbano: Cotejando Dimensões Invisíveis. In: *Anais Do II Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*. Natal, Rio Grande do Norte.

Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores - SINDIPEÇAS. 2013. *Relatório da frota circulante, dados de 2013*. Disponível em: <http://www.sindipecas.org.br/Newsletter/Relatorio_FrotaCirculante_Fevereiro_2014.pdf>.

Tangari, Vera & Bueno, Laura M. 2012. Mapeamentos temáticos, classificação e categorização de dados. In: *Anais Do II Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*. Natal, RN.

EU - União Européia. 2000. Directiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho da União Européia, de Junho de 2002, *Official Journal of the European Communities*, p.12-25.

WHO - World Health Organization. 2003. *World Health Report – Shaping the future*. Disponível em: <http://www.who.int/whr/2003/en/whr03_en.pdf>.

Metodologia para avaliação acústica de espaços livres (Parque do Aterro do Flamengo, RJ)

M. Lygia Niemeyer

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de pós Graduação em Arquitetura, Rio de Janeiro, Brasil.
lygianiemeyer@gmail.com

Marina M. Cortês

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de pós Graduação em Arquitetura, Rio de Janeiro, Brasil.
marinameco@hotmail.com

Felipe M. Aguiar

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Rio de Janeiro, Brasil.
felipemda@gmail.com

Maria Luiza Niemeyer Chaves

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Rio de Janeiro, Brasil.
malunieniemeyer@hotmail.com

ABSTRACT: In most Brazilian cities, the increasing of built density has been followed by a significant rise of noise pollution. In hot weather cities the noise pollution control is particularly important. Due intensive use of open spaces, for living and leisure activities, the people are exposed to levels often harmful of environmental noise. This paper aims to present a case study conducted in Aterro do Flamengo Park, located in the South Zone of the city of Rio de Janeiro. The park - a major public recreational area - has great sound diversity and morphological aspects of particular interest for of the environmental acoustics study. The survey used a combination of methods of measurement and computational simulation for analysis of the acoustic environment.

Keywords: urban noise, open spaces, acoustical comfort.

RESUMO: Em grande parte das cidades brasileiras, o adensamento da massa edificada tem resultado em expressivo aumento da poluição sonora. Em cidades de clima quente, o controle da poluição sonora assume especial importância em função do uso intensivo dos espaços livres para atividades de estar e lazer, expondo a população a níveis - muitas vezes nocivos- de ruído ambiental. Este trabalho tem por objetivo apresentar um estudo de caso realizado no Parque do Aterro do Flamengo, Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro. O parque - uma das principais áreas públicas de lazer da cidade - apresenta grande diversidade sonora e aspectos morfológicos de especial interesse para estudos da acústica ambiental. A pesquisa utilizou uma combinação de métodos de medição e de simulação computacional para análise do ambiente acústico do parque.

Palavras-chave: ruído urbano, espaços livres, conforto acústico.

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais consequências do crescimento desordenado das cidades é o aumento da poluição sonora, que expõe a população a níveis nocivos de ruído ambiental, que ameaçam a saúde física e mental da população (estresse, distúrbios do sono, danos auditivos, perda de concentração) (WHO 2003).

Em cidades de clima quente, o controle da poluição sonora assume especial importância, em função do uso intensivo de espaços livres (públicos ou privado), onde os usuários ficam expostos

a toda sorte de estímulos sensoriais - cores, formas, texturas, odores, ruídos. Neste contexto climático, é fundamental que a preocupação com a qualidade acústica do ambiente construído ultrapasse os limites físicos do edifício, abrangendo os espaços livres, públicos ou privados (Niemeyer 2007).

Os sons são elementos estruturadores dos espaços urbanos, comumente negligenciados. De modo geral são categorizados apenas como um incômodo, ruídos a serem eliminados ou permitidos, em circunstâncias específicas. Entretanto, os sons poluentes, que nos incomodam, estão limitados a algumas porções da cidade e não é razoável generalizá-los. Entre o "silêncio absoluto" e "barulho ensurdecedor", a cidade oferece uma gama ricas e variadas sonoridades que, se bem exploradas, podem gerar espaços urbanos de maior qualidade (Rego 2006).

Schafer (1994), já nos anos 70, destacava a importância de considerar todas as fontes sonoras que configuram o *soundscape*, a paisagem sonora do ambiente. Os sons conferem aos espaços urbanos atributos específicos, ao ponto de torná-los reconhecíveis por sua paisagem sonora, (Rego 2012). Este conceito permite uma abordagem mais ampla dos ambientes acústicos urbanos, considerando todas as fontes, como parte da identidade do som da cidade, sem julgamento positivo ou negativo.

Este artigo apresenta os resultados do estudo de caso realizado no Parque do Aterro do Flamengo, Rio de Janeiro, selecionada como área de "avaliação piloto" da pesquisa "Conforto Acústico no Ambiente Construído: gestão do ruído no contexto das mudanças climáticas e formas de ocupação urbana". O desenvolvimento da "avaliação piloto" se justifica pela necessidade de realizar o treinamento da equipe nos procedimentos técnicos de medição em um local que oferece grande diversidade sonora e aspectos morfológicos de especial interesse para estudos da acústica ambiental. Por outro lado, a centralidade e oferta de transporte público para acesso a área, viabilizou a compatibilização dos horários dos membros das equipes, em especial dos bolsistas de graduação.

A pesquisa adotou uma combinação de métodos de medição e simulação computacional, buscando identificar a influência dos atributos morfológicos sobre a propagação sonora. Foram comparados também os resultados das medições realizadas nos anos de 2013 e 2014, para verificar o impacto sonoro da redução do fluxo de veículos nas vias que margeiam o Parque, em função de alterações importantes no sistema viário da cidade do Rio de Janeiro.

2 O PARQUE DO ATERRO DO FLAMENGO

O parque linear - construído entre 1951 e 1962 a partir do traçado urbano de Affonso Eduardo Reidy e projeto paisagístico de Roberto Burle Marx - tem sete quilômetros de extensão e é cortado pelas vias expressas da Avenida Infante Dom Henrique, que fazem a conexão viária entre a Zona Sul e o Centro da Cidade do Rio de Janeiro (Fig.1).

Os jardins com vegetação exuberante composta por espécies nativas e exóticas são permeados por caminhos de saibro. Uma pista de concreto com 5 m de largura, compartilhada por ciclistas e pedestres, cruza o parque em toda sua extensão interligando as quadras esportivas e áreas de permanência. Outra pista margeia a praia artificial. O acesso de pedestres se dá através de passagens subterrâneas ou passarelas suspensas sobre as vias expressas.

O parque é uma das principais áreas públicas de lazer da cidade. Em função da proximidade com bairros residenciais os equipamentos esportivos, a ciclovia e a pista da praia são usados intensivamente ao longo de todo o ano. Durante a semana, principalmente no período da manhã, o parque é frequentado por uma população que inclui crianças, bebês e idosos. Aos domingos, dia de maior movimento, o tráfego é interrompido e as pistas das vias expressas se integram às áreas de lazer.



Figura 1. O Parque do Aterro do Flamengo. Em vermelho as vias expressas, em amarelo a ciclovia. O quadrado branco delimita o recorte espacial da pesquisa de campo.

No ano de 2014, como consequência das obras de revitalização da área portuária, o Aterro perdeu temporariamente sua importância como ligação viária entre a Zona Sul e o Centro da cidade.

“Com o fechamento definitivo do Elevado da Perimetral para a derrubada da via, caiu também a importância do Aterro na vida do carioca. (...) É o que comprovam números da Secretaria municipal de Transportes e da CETRio. Antes da interdição da via e do Mergulhão, passavam pelo Aterro, em média, num dia útil, 47 mil veículos em cada sentido. Esta semana, estão trafegando, por dia, por sentido, 29 mil. Uma redução de 38%. Sem a ligação com a Perimetral, a Avenida Rio Branco e o Mergulhão da Praça Quinze, portanto, a via expressa se transformou num elo perdido” (Autran, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 Recorte Espacial

Em função da extensão do Parque, a etapa inicial do estudo consistiu na delimitação do recorte espacial da pesquisa de campo. A seleção – realizada partir da análise de ortofotos, das plantas cadastrais e visitas exploratórias – considerou os seguintes aspectos: (1) características morfológicas; (2) variedade funcional; (3) modos de apropriação; (4) significados culturais e patrimoniais e (5) presença de sons notáveis.

O recorte espacial foi determinado em função da predominância do uso residencial no seu entorno imediato. Mesmo em dias úteis, a ciclovia e a pista da praia são usadas por moradores do entorno para execução de sua rotina de exercícios. Nos fins de semana, em especial no domingo, quando as pistas da via expressa são fechadas para veículos, o parque atrai usuários de outros bairros da cidade.

O percurso, que estruturou a coleta de dados morfológicos e medições, tem cerca de 700m de extensão e foi realizado no trecho situado entre a passagem subterrânea da Av. Rui Barbosa e a passarela da Rua Paissandu (Fig. 1).

3.2 Inventário Físico

O inventário físico visou identificar as características morfológicas com maior potencial de interferência sobre a propagação sonora, tais como a topografia, mobiliário urbano e recobrimento do solo. Foram também identificadas as fontes sonoras e formas de apropriação dos locais de medição.

Embora independente, o estudo de caso foi realizado em paralelo com duas outras pesquisas: “Análise da paisagem sonora urbana com base no cotejamento da ventilação e da arborização”, coordenada pela Prof^a Andrea Queiroz Rego e “O papel da vegetação no conforto ambiental”, coordenada pela Prof^a Virginia Vasconcellos. As afinidades e interesses comuns na avaliação de espaços urbanos abertos com base no cruzamento de parâmetros morfológicos e de conforto ambiental motivaram esta integração. Além de racionalizar o trabalho de coleta de dados, a articulação entre pesquisas permite o cruzamento das abordagens distintas e complementares para a mesma área de estudo.

3.3 Medições

O registro dos Níveis de Ruído Equivalente na ciclovia foi realizado por períodos de 10 minutos, com o medidor de NPS marca Kimo, modelo DB200, na curva de ponderação (A), com certificado de calibração N^oMEA1200096 emitido pela *Kimo Instruments*. O equipamento foi apoiado sobre tripé a 1,20 m de altura em relação ao solo e, no mínimo, 2 m de distância de superfícies potencialmente refletoras.

Foram adotados os seguintes procedimentos:

- Todas as medições foram realizadas no período da manhã, entre 9:00 e 12:00 horas, que corresponde à máxima apropriação, inclusive por crianças e idosos;
- O equipamento foi posicionado de forma a não impedir a circulação normal dos usuários;
- Foram realizadas medições em diferentes dias da semana e épocas do ano;
- Em todas as medições o fluxo do tráfego nas vias expressas se apresentou sem retenções;
- Foram evitadas medições em situações de chuva e vento com velocidade superior a 5 m/s.

3.4 Simulação Computacional

Para produção dos mapas de ruído foram utilizados os módulos “*grid noise map*” e “*cross section map*” do programa Soundplan (.).

A etapa inicial de simulação é a modelagem digital do campo de propagação. As informações relevantes para a simulação (topografia, vias de tráfego e edifícios) foram extraídas das bases cartográficas da prefeitura, atualizadas e complementadas pelos dados coletados nas visitas a campo (mobiliário urbano, localização das fontes sonoras, pavimentações, sentido e número de faixas das vias de tráfego).

Para a etapa seguinte, a quantificação da emissão sonora das vias expressas, foram utilizadas estatísticas de volume de tráfego diário, disponibilizadas pela CET Rio (2013). O modelo foi calibrado com os níveis de pressão sonora medidos em campo. Como o programa usado foi desenvolvido a partir de parâmetros estabelecidos pela Diretiva 2002/49 (UE 2002), para confiabilidade da simulação é fundamental a calibração do modelo, que corrige eventuais distorções geradas por características locais. Por ser tratar de um tecido aberto, as simulações consideraram apenas duas reflexões.

Tabela 1. Parâmetros gerais de cálculo adotados.

Tipo de mapa	Mapa acústico horizontal e Corte
Tipo de simulação	Módulo gráfico <i>Grid noise map</i> e <i>Cross Section map</i>
Altura do mapa horizontal acima da cota do solo	1,20m
Altura do corte	120 m
Espaçamento dos pontos da malha de simulação	Mapa Horizontal - 15m / Corte – 2,5m
Número de reflexões	2
Índice calculado	LAeq diurno
Normas e legislações	RLS 90, NBR 10.151
Dados climáticos	Temperatura do ar - 28 ^o C/ Umidade relativa - 70%

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização do percurso de medição

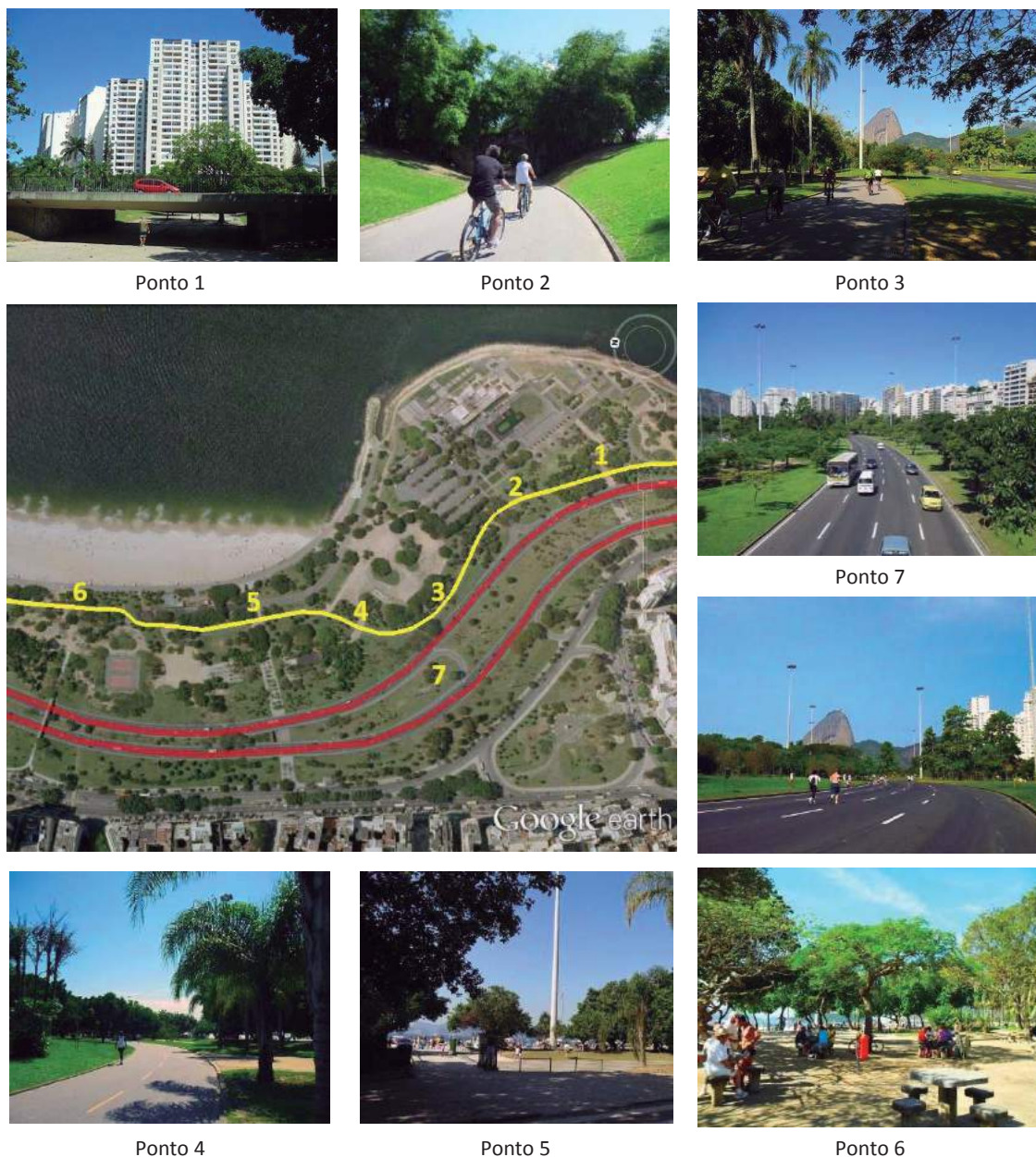


Figura 2. Locais de medição (fotos dos autores).

O parque apresenta grande diversidade de fontes sonoras geradas por meios de transportes, equipamentos mecânicos, atividades humanas e natureza. Além do ruído contínuo do tráfego de veículos e da estação de tratamento, o ambiente sonoro é marcada pela passagem de aviões em procedimento de pouso e decolagem para o Aeroporto Santos Dumont, que está situado em uma das extremidades do Parque (Fig. 2).

A presença de pássaros é marcante, especialmente nos locais mais afastados e protegidos do ruído de tráfego. O ruído do mar é mais perceptível no deck e mirante na foz do rio Carioca. Entretanto, o elemento sonoro mais marcante do Parque é a superposição de sons gerados por atividades humanas: vozes, passos, impacto de bolas, ambulantes e música nas barracas de comércio da praia.

Com exceção dos acessos ao parque e da ciclovia pavimentados em pedra portuguesa e concreto, respectivamente, os pisos em saibro e a grama são predominantes.

A primeira série de medições foi realizada no ano de 2013, em dias úteis, sábados e domingos, com o objetivo de comparar a influência nos níveis de ruído ambiental, pela variação do fluxo de veículos ao longo da semana. Após a demolição da perimetral, foram realizadas novas medições para avaliar o impacto da redução do tráfego nas vias expressas. Para avaliação do ruído de tráfego também foi realizada medição no canteiro central, entre as vias expressas. Como no trecho avaliado não ocorre fluxo significativo de entrada ou saída de veículos, admitimos não existir variação expressiva no volume de tráfego. Os resultados das medições são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resultado das Medições em dB(A)

DESCRIÇÃO DO LOCAL DE MEDIÇÃO	2013		2014	
	SÁBADO	DOMING O	DIAÚTIL	DIAÚTIL
1 Em frente à passagem subterrânea da Av. Rui Barbosa	62,3	61,3	68,6	66,0
2 Ciclovia rebaixada em relação às vias expressas, taludes laterais	57,2	63,9	61,2	56,5
3 Ciclovia próxima e no mesmo nível das vias expressas, campo de futebol	67,6	58,8	69,8	68,8
4 Cruzamento com acesso ao Teatro de Marionetes	55,7	59,8	58,1	59,7
5 Em frente à passagem subterrânea da Rua Tucumã e ponte de acesso à praia	60,3	62,8	59,3	59,1
6 Praça em frente à passarela da Rua Paissandu	60,8	62,2	60,1	59,0
7 Canteiro entre as pistas da Av. Infante Dom Henrique	73,5	61,0	79,4	77,9

No gráfico da figura 3, nos pontos de medição (1), (2) e (3), que são os mais próximos das vias expressas, a curva (azul) corresponde ao sábado e apresenta uma variação bastante semelhante a curva do dia útil (verde). Os valores de LAEq ligeiramente inferiores são coerentes com a redução do nível de ruído das vias de tráfego nos dias úteis. Nos pontos (5) e (6), mais afastados das vias expressas os valores medidos correspondem à maior afluência de usuários pela passagem subterrânea e passarela.

Aos domingos (vermelho), sem a influência de tráfego, as medições correspondem à maior ou menor intensidade de uso e a influencia da morfologia. Nota-se o desempenho do ponto (2) que durante a semana é protegido pelos taludes laterais que configuram uma barreira acústica aos veículos. Aos domingos, a curva se inverte refletindo a intensa apropriação da pista não apenas por corredores e ciclistas, como também por grupos de turistas e famílias com crianças.

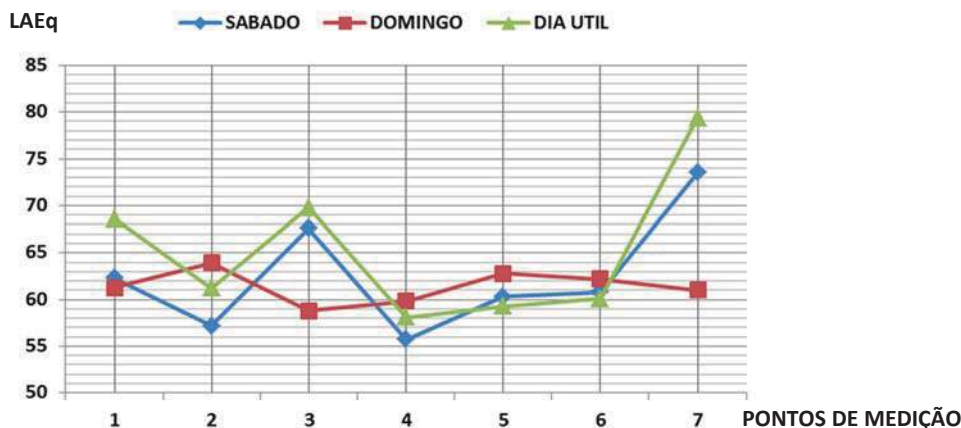


Figura 3. Medições realizadas em dias úteis, sábados e domingos (2013).

O gráfico da figura 4 apresenta a comparação entre o resultado das medições em dias úteis, antes (2013) e depois (2014) da redução de aproximadamente 38% do volume de tráfego. Nas medições realizadas após a redução do fluxo de veículos, os pontos (1), (2) e (3) apresentam variação coerente com a redução no nível de ruído das vias expressas. A única distorção é o valor registrado no ponto (4), que deve ser atribuído ao uso do campo de futebol, durante o período de medição.

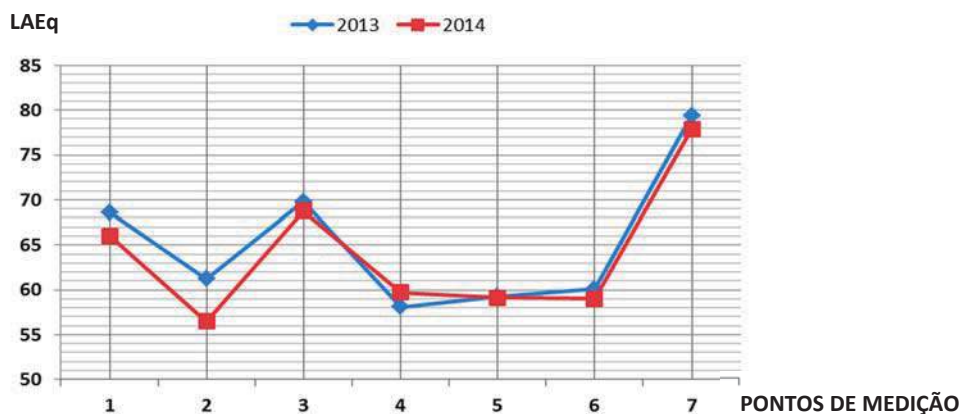


Figura 4. Medições realizadas em dias úteis em (2013) e (2014).

4.2 Mapas de ruído

Os mapas de ruídos dos dias úteis foram realizados com o objetivo de avaliar a influência da morfologia na propagação do ruído de tráfego.

O mapa de ruído horizontal do dia útil (Fig. 5) foi elaborado com base nas estatísticas de volume de tráfego e medições correspondentes ao fluxo de veículos de 2014. Para efeito de cálculo das reflexões assumiu-se para todos os pisos do Parque o coeficiente de absorção $\alpha = 0,6$ (Egan 1994).

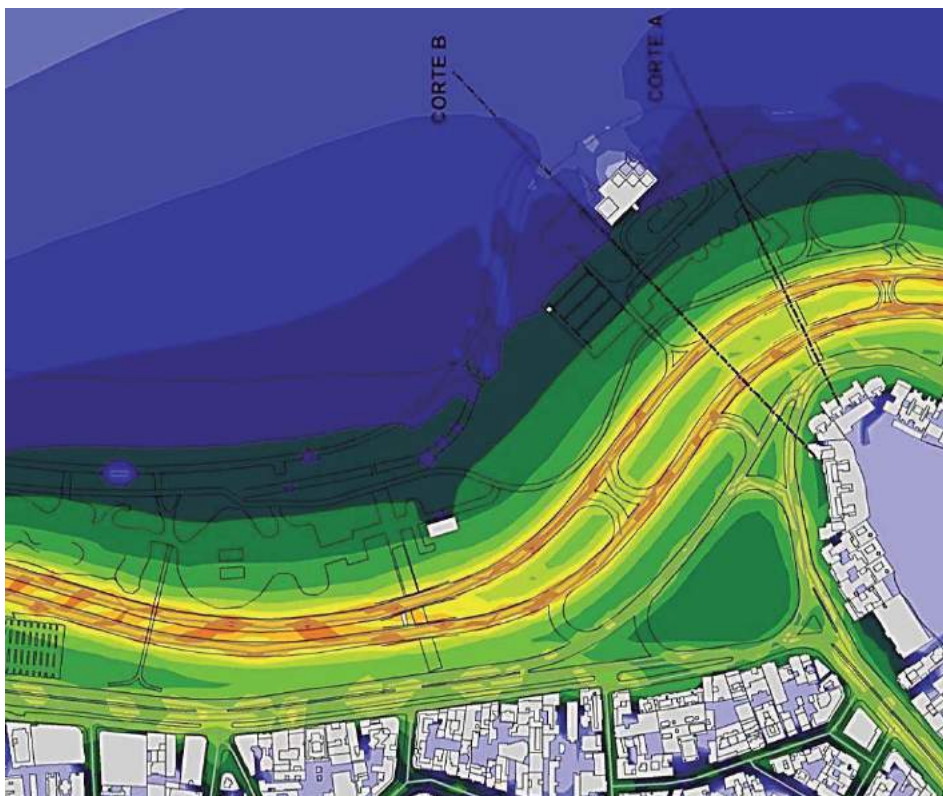


Figura 5. Mapa de ruído horizontal para dia útil.

Os cortes, indicados no mapa de ruído horizontal, passam pelos pontos (1) e (2), em frente à passagem subterrânea e na pista entre taludes, respectivamente.

o corte A (Fig. 6), localizado no cruzamento entre a ciclovia e a rampa de acesso à passagem subterrânea (Fig. 2 - Ponto 1), pode ser observada a sombra acustica provocada pela vias expressas sobre a ciclovia e a passagem subterrânea

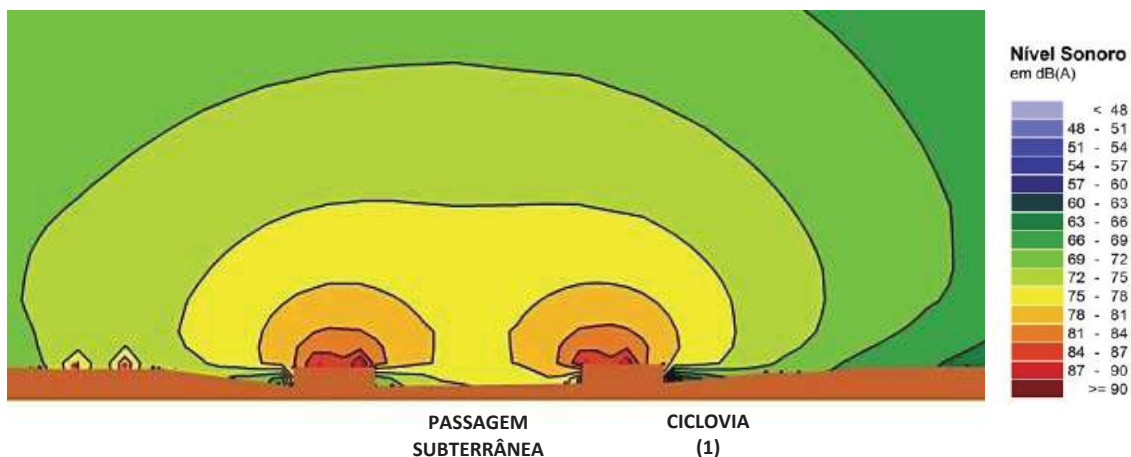


Figura 6. Corte A.

No corte B (Fig. 7), a pista da ciclovia (ponto 2) também rebaixada em relação às vias expressas é protegida por taludes laterais que funcionam como barreira, provocando a difração do ruído das vias. Neste caso, a atenuação sonora é reforçada pela inclinação e cobertura vegetal dos taludes.

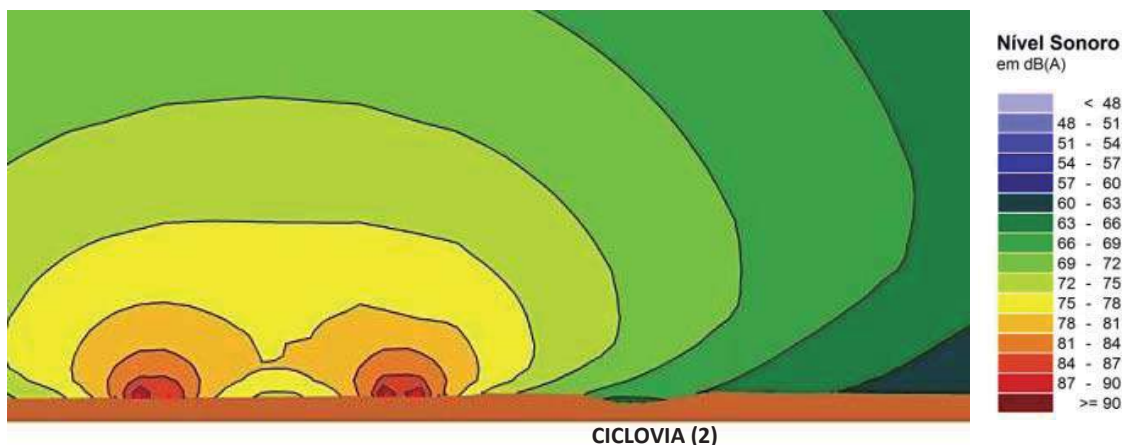


Figura 7. Corte B

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Macedo (1995), a avaliação de espaços livres deve ser realizada a partir de três critérios: adequação funcional (conformação morfológica e dimensional em função do tipo de uso), adequação estética (conceito mais difuso porque varia de acordo com as expectativas socioculturais) e adequação ambiental (quando oferece condições de salubridade para o uso proposto).

O caso estudado pode ser considerado exemplar: o traçado do urbano e o tratamento paisagístico definiram uma série de barreiras acústicas geradas pela topografia do terreno e reforçadas pela absorção do solo (relvados e saibro), criando espaços de grande qualidade acústica, mesmo em áreas relativamente próximas às pistas. Por outro lado, a diversidade funcional - atividades culturais, esportivas e de permanência dos usuários—reforça a presença de sons da natureza e gera uma sonoridade rica e variada.

A importância da vegetação no ambiente urbano tem sido bastante destacada na literatura, seja por seu papel termorregulador, seja como suporte ecológico-ambiental ou ainda pelos valores e significados simbólicos a ela atribuídos. Entretanto, nos estudos de acústica raramente é ressaltada sua importância como absorvedor das ondas sonoras, quando utilizada como revestimento do solo, em especial quando associada a taludes e desníveis que configurem barreiras acústicas.

Os projetos das cidades têm relegado, muito frequentemente, o Conforto Acústico a um plano secundário. Na prática, esta atitude determina que a discussão de questões relacionadas à qualidade acústica dos espaços ocorre a partir do uso, como resposta a problemas criados, não raro, pelas próprias decisões de projeto.

A escolha da área de estudo se revelou acertada também do ponto de vista didático por estimular os bolsistas no treinamento de técnicas de medição e por ampliar o repertório de soluções projetuais, além de estimular a percepção do impacto dos atributos morfológicos na configuração do ambiente sonoro.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes pelo auxílio financeiro para participação no Euro ELECS e pela bolsa de doutorado concedida à Marina Medeiros Cortês. Agradecem também ao CNPq pelas bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

Autran, Paula. 2014. *Sem Perimetral nem mergulhão, movimento no Aterro diminui 38%*. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/sem-perimetral-nem-mergulhao-movimento-no-aterro-diminui-38-11658955#ixzz3G2jFuRN7>> Acesso em nov. 2014.

Braunstein & Berndt GmbH. 2004. *Handbookuser's manual*. SoundPlan LLC. Disponível em: <<http://www.soundplan.com>>.

CET Rio. 2013. Volume diário de veículos das principais vias do município do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/859227/4103802/Volumediariodeveiculosnasprincipaisviasdacidade.pdf>> Acesso em mar. 2015.

Egan, M. David . *Concepts in Architectural Acoustics*. New York: Mc Graw-Hill, 1994.

Macedo, S. 1995. Espaços Livres. *Revista Paisagem e Ambiente*, Ensaios nº 7. FAU/USP. São Paulo.

Niemeyer, M. Lygia. 2007. *Conforto acústico e térmico, em situação de verão, em ambiente urbano: Uma Proposta Metodológica*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Engenharia de Produção, RJ.

Rego, Andrea. 2006. Paisagens sonoras e identidades urbanas – Os sons nas crônicas cariocas e as transformações do Bairro de Copacabana (1905-1968). Tese de doutorado. PROURB/UFRJ. Rio de Janeiro.

Rego, Andrea & Niemeyer, M. Lygia. 2012. Qualidade sonora e clima urbano: cotejando dimensões invisíveis. In: *Anais do II Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*. Natal, Rio Grande do Norte.

Schafer, R. Murray. 1994. *The soundscape - our sonic environmental and tuning of the world*. 2ª.ed. Rochester: Destiny Books.

UE - União Européia. 2000. Directiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, Junho de 2002, *Official Journal of the European Communities*, p.12-25.

WHO - World Health Organization. 2003. *World Health Report– Shaping the future*. Disponível em: <http://www.who.int/whr/2003/en/whr03_en.pdf> Acesso em mar. 2015.

Caracterização acústica de espécies verdes através da determinação da absorção sonora

Claudia Gaida

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil
claudiagaida@hotmail.com

Larissa Tamiosso

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil
larissa.tamiosso@gmail.com

Dinara Xavier da Paixão

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil
dinara.paixao@eac.ufsm.br

ABSTRACT: The buildings and urban spaces are acquiring new settings, because residents seek to fit models identified with beauty, modernity and technology. Daily activities generates intense movement of vehicles and people. This results in high noise levels, which cause annoyance and physical and psycho-emotional for health problems for the population. The challenge is to propose measures to reduce noise. In search of a sustainable proposal, we seek to use green plant species to compose modules that contribute to sound absorption. Such elements may be located inside of buildings, at the facades, gardens or in public spaces. These elements, which consist of green species available in southern Brazil were tested in a reverberation chamber. The measurements followed the ISO 354:2003 and the results are part of the cataloging of green species from southern Brazil, which will serve as a reference for sustainable design of acoustic environments in private and public spaces.

Keywords: sound absorption, green modules.

RESUMO: As edificações e os espaços urbanos estão adquirindo novas configurações, pois os habitantes buscam se adequar aos modelos identificados com beleza, modernidade e tecnologia. As atividades diárias e os deslocamentos geram intenso movimento de veículos e pessoas. Assim, surgem altos níveis sonoros, que causam desconforto e problemas à saúde física e psicoemocional da população. O desafio é propor adequações que minimizem os ruídos. Em busca de uma proposta sustentável, procura-se utilizar espécies vegetais para compor módulos verdes, que contribuam na absorção sonora. Tais elementos poderão ser localizados no interior das edificações, nas fachadas, nos jardins ou nos espaços públicos. Foram ensaiadas, em câmara reverberante, plantas usadas na região sul do Brasil. As medições seguiram a ISO 354:2003 e os resultados fazem parte da catalogação de espécies vegetais da região sul do Brasil, que servirá de referência para projetos sustentáveis de adequação acústica de ambientes privados ou espaços públicos.

Palavras-chave: absorção sonora, módulos verdes.

1 INTRODUÇÃO

O padrão dos grandes centros urbanos, destacado por sua beleza, modernidade e tecnologia, tem atraído as pequenas cidades, que tendem a seguir as mesmas linhas e exemplos de desenho em suas edificações e em seus espaços públicos. Com isso, os habitantes vão se inserindo na nova paisagem, na qual os transportes, a industrialização, o comércio e outras atividades diárias trazem consigo o intenso movimento de veículos e pessoas e, com eles, os altos níveis de pressão sonora, que causam desconforto e problemas à saúde da população. Aos projetistas, cabe a

responsabilidade de buscar propostas de adequações do ambiente urbano que minimizem os ruídos, tanto no interior das habitações, como nos espaços públicos.

Os problemas referentes ao controle do ruído envolvem as fontes sonoras, a transmissão em uma trajetória e o receptor, que normalmente é o ser humano. O controle do ruído é uma atividade multidisciplinar que busca, para um determinado ambiente, um nível de ruído aceitável, contemplando aspectos econômicos, operacionais, legais, médicos, psicológicos e culturais (Bistafa, 2011).

Uma proposta interessante é a utilização de espécies vegetais, para que atuem como absorvedores sonoros. As plantas, localizadas no interior das edificações, nas fachadas, nos jardins ou espaços públicos, poderão auxiliar na melhoria do conforto acústico, ao mesmo tempo em que embelezam o ambiente.

Para contribuir na viabilização de uma proposta desse tipo, está em execução na Universidade Federal de Santa Maria, a elaboração de um Catálogo de Plantas, onde sejam apresentadas as suas características e os seus indicadores de performance para absorção sonora.

O presente texto se refere aos ensaios iniciais realizados com espécies verdes populares na região sul do Brasil para a determinação de sua absorção sonora em câmara reverberante. Buscou-se uma descrição das características acústicas de espécies verdes com o intuito de entender seu comportamento em relação à absorção para sua utilização como elemento absorvedor em ambientes fechados ou espaços urbanos. Foi calculado o coeficiente de absorção sonora das espécies estudadas, a partir do parâmetro acústico Tempo de Reverberação (TR) derivado da medição da resposta impulso de acordo com as recomendações da norma ISO 3382:2009.

2 ABSORÇÃO SONORA E O EMPREGO DA VEGETAÇÃO

Devido à crescente preocupação com relação à poluição sonora, a construção de barreiras de vegetação tem sido proposta em diversas situações de controle de ruídos ambientais. As folhagens, pequenos ramos e arbustos de um modo geral têm a propriedade de absorver o som, ainda que parcialmente. Os troncos, ramos grandes e folhagens densas espalham o som. (Bistafa, 2011).

Para absorver o som, geralmente empregam-se materiais fibrosos ou porosos, devido à resistência ao fluxo de ar que eles apresentam. É importante destacar, também, a importância da forma de montagem do material absorvedor, pois o coeficiente de absorção sonora varia com a frequência para diferentes montagens (Horoshenkov, et al, 2013).

Outro fator a ser considerado é a ocorrência de vários processos irreversíveis complexos de absorção sonora, que dependem da frequência. Isso ocorre porque o ar não é um meio perfeitamente elástico, durante suas sucessivas compressões e rarefações (Gerges, 2000).

O coeficiente de absorção sonora é normalmente obtido a partir de experimentos realizados em câmara reverberante, apresentando um crescimento segundo a espessura e a densidade para os materiais porosos ou fibrosos (Burns, 1979).

No que se refere à atenuação de ruído na comunidade, Gerges (2000) enfatiza que as zonas de árvores, folhagens, gramas, florestas, entre outras são aproveitadas para esse fim. No caso específico de grama densa e folhagem no solo, a atenuação aumenta 4 dB para 100 metros de distância de vegetação, observando-se que ela é maior nas altas frequências. Embora a vegetação forneça pouca atenuação de ruído, ela pode servir como isolador visual do receptor, fornecendo um efeito psicológico positivo.

A capacidade de atenuação sonora de um cinturão verde depende mais da densidade, da largura e da altura da vegetação, do que eventuais diferenças entre tipos de folhas ou galhos ou até

mesmo as formas. Bistafa (2011) firma que, na determinação do poder de atenuação de um cinturão verde, o processo de espalhamento do som tem maior importância do que a absorção sonora da planta, pois essa se torna significativa nas altas frequências.

Embora existam constatações que reconheçam o fato das plantas serem capazes de contribuir para a atenuação sonora, ainda não há um modelo teórico válido que possa fazer uso da morfologia da planta para prever o coeficiente de absorção acústica de uma espécie (Horoshenkov et al, 2013).

Há mais de três décadas, Burns (1979) se propôs a analisar em laboratório uma espécie vegetal – o pinheiro – e desenvolver mecanismos que propiciassem a avaliação da absorção desta espécie vegetal. Com isso, ele dava continuidade aos estudos realizados, em campo, por Embleton (1963) deixou dois questionamentos sem explicação durante suas pesquisas, primeiro sobre quais seriam os mecanismos de absorção e o segundo, qual a causa da diminuição anômala na atenuação próximo de 1 kHz. Aylor (1972), durante suas medições com os pinheiros, sugeriu que as causas da absorção em florestas são devidas a absorção nos poros do solo em baixas frequências e à dispersão causada pelos troncos em altas frequências.

Assim, Burns (1979) desenvolveu os estudos da absorção termo viscosa em superfície e da absorção por ressonâncias do ramo da vegetação a partir de ensaios realizados em câmara reverberante. Já os mecanismos que explicam o espalhamento da onda sonora nos troncos do pinheiro foram discutidos através de cálculos.

Bullen & Fricke (1982), em pesquisas relacionadas à propagação do som através da vegetação, fazem referência a vários estudos experimentais como, por exemplo, Embleton (1963) e Aylor (1972), que direcionaram as pesquisas no sentido de encontrar a atenuação sonora que ocorre em um cinturão de vegetação, expressa em decibels por unidade de distância, e suas propriedades, tais como densidade de caules e área foliar por unidade de volume conhecido. Para encontrar esses valores, os métodos variaram muito e nem sempre são possíveis de comparação.

Embora não possam ser validadas para todas as circunstâncias, as conclusões sobre a atenuação de cinturões de vegetação apresentadas por Bullen & Fricke (1982) são muito significativas. Eles constataram que, por exemplo, em frequências abaixo de 1 kHz a vegetação é quase transparente, mas há interferência do solo, o que pode ser visto depois de passado o som através de mais de 60 m de árvores. A atenuação acima de 1 kHz resulta da interação de dispersão e absorção. A dispersão é devida aos troncos e a absorção, em grande parte, à folhagem. Portanto, para uma fonte pontual e o receptor, pode ser preferível utilizar um cinturão de vegetação relativamente curto, de modo que o som possa ser espalhado para o lado, fornecendo atenuação adicional.

Os mesmos Bullen & Fricke (1982) indicam que é preferível colocar o cinturão o mais perto possível do receptor, uma vez que, com a distância, a atenuação do outro lado da vegetação provavelmente será lenta, devido à difração.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa exploratória, de natureza aplicada e de caráter experimental, fundamentou-se na realização de medições dos tempos de reverberação, em câmara reverberante. Espécies verdes foram consideradas como amostras de ensaio, com o objetivo de determinar os coeficientes de absorção de cada uma delas, contribuindo para a identificação das características acústicas desses elementos. A expectativa era de que os resultados obtidos pudessem apontar a viabilidade, ou não, de utilizar essas plantas como absorvedores dos ruídos gerados, localizados no interior de edificações, fachadas, jardins ou espaços públicos, melhorando o conforto acústico.

Para a realização dos ensaios foram seguidos os procedimentos especificados na norma ISO 354:2003 – (Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room).

3.1 Caracterização das amostras

As espécies verdes utilizadas para este estudo foram duas: a *Buxus sempervirens L.*, conhecida como Buxinho e a *Dietes iridioides*, conhecida como Moreia. Empregaram-se doze exemplares de cada espécie para compor as amostras ensaiadas. As mudas estavam acondicionadas em vasos de policloreto de vinil (PVC) de aproximadamente quarenta centímetros (40 cm) de altura e diâmetro de trinta centímetros (30 cm), com terra e cobertura de casca de madeira.

A espécie conhecida o Buxinho é da família *Buxaceae* (Fig. 1). Constitui-se num arbusto de textura lenhosa, originário das regiões do Mediterrâneo, Oriente e China, que apresenta crescimento muito lento. Possui folhagem coriácea, de cor verde-escura, perene e muito ornamental. Esta espécie assume com facilidade as formas desejadas. São cultivados a pleno sol em vasos, como bordadura de jardins, muros, além de cerca viva. Requer solo fértil e necessita ser regada regularmente, sendo tolerante ao clima frio (Lorenzi, 2001).



Figura 1 .Espécie Buxinho. Figura 2 – Espécie Moreia.

A outra vegetação estudada foi a Moreia, da família Iridaceae (Figura 2), da categoria herbácea perene, ereta, rizomatosa, entouceirada, bastante ornamental pelo seu florescimento, de 30 a 50 cm de altura, originária da África do Sul. Folhas partindo na base em formação de leque, linear-lanceoladas, longas, verde-escuras e coriáceas. Inflorescências eretas, ramificadas, de cor branca, amarelas por fora, formadas na primavera e verão. Cultivada em renques ou conjuntos, formando canteiros a pleno sol, em solo rico em matéria orgânica e permeável, sendo irrigado periodicamente (Lorenzi, 2001).

3.2 Medição dos tempos de reverberação (TR) em câmara reverberante

Para a realização dos ensaios foram seguidos os procedimentos especificados na ISO 354: 2003 (Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room) considerando para sua correta execução, a difusão do campo sonoro e a descrição da câmara reverberante.

O campo sonoro durante o decaimento na câmara tem difusão satisfatória, pois além da sala ter a sua forma definida de acordo com o estabelecido na ISO 354:2003, possui difusores suspensos estáticos. Com relação à câmara, esta atende as exigências estabelecidas pela norma no que se refere ao volume ($V = 207 \text{ m}^3$) e ao formato (que não possui dimensões múltiplas e nem paredes paralelas).

A figura 3 e a figura 4 mostram a câmara reverberante com as doze unidades de cada amostra de espécies verdes distribuídas para a realização do ensaio.



Figura 3. Câmara Reverberante da UFSM, com as doze mudas da espécie Buxinho. Figura 4 . Câmara Reverberante da UFSM, com as doze mudas da espécie Moreia.

As medições acústicas dos Tempos de Reverberação (TR) seguiram a ISO 354:2003 e foram realizadas através do método da resposta impulsiva, utilizando para tal os equipamentos: Fonte sonora Dodecaédrica Omnidirecional tipo 4292, Amplificador de potência tipo 2716, Medidor de NPS tipo 2270, microfone de precisão de incidência aleatória tipo 4189 e calibrador acústico (94 dB, ref. 20 μ Pa, p/1.000 Hz).

Nas medições foram utilizadas duas posições de fonte sonora e cinco posições de microfone. Em cada ponto, a medição durou trinta (30) segundos, com três repetições em cada ponto. As distâncias dos microfones para as espécies foram sempre de 1,5 metros para atender o que está estabelecido na ISO 354:2003.

O método da resposta impulsiva é o registro, como função do tempo, da pressão sonora gerada em uma câmara pela excitação dessa câmara.

Cada elemento da amostra de espécie verde utilizada no ensaio foi considerado como absorvedor isolado. As condições ambientais como a temperatura e a umidade relativa do ar estiveram submetidas a monitoramento durante os ensaios.

3.3 Área de absorção sonora equivalente (A) e coeficiente de absorção sonora (α_s)

Para a execução do procedimento de ensaio em câmara reverberante, visando à determinação da absorção sonora das espécies vegetais, segundo a norma ISO 354:2003, considerou-se que:

- Área de absorção sonora equivalente de uma câmara em metros quadrados (m^2) é a área hipotética total de uma superfície de absorção sem efeitos de difração que, se fosse o único elemento absorvedor presente na câmara, apresentaria o mesmo tempo de reverberação da câmara em questão.
- Área de absorção sonora equivalente de uma amostra de ensaio é a diferença entre a área de absorção sonora equivalente de uma câmara reverberante com e sem a amostra de ensaio, ou seja, ($A_2 - A_1$) em m^2 , onde: A_1 refere-se à câmara reverberante vazia e A_2 faz alusão à câmara reverberante com a amostra de ensaio.
- Coeficiente de absorção sonora é a área de absorção sonora equivalente de uma amostra de ensaio dividida pelo número de elementos (isolados) e representado por α_s .

Assim, após caracterizar as amostras em câmara reverberante, foram calculadas as áreas e os coeficientes de absorção sonora dessas espécies vegetais.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS RELATIVOS À ABSORÇÃO SONORA DE ESPÉCIES VEGETAIS

Os tempos de reverberação (TR) foram medidos, nas frequências de 100 Hz a 5 kHz, em câmara reverberante, sem a amostra de ensaio e com a amostra de ensaio (as espécies verdes Buxinho e Moreia).

As condições ambientais - temperatura e umidade relativa do ar - foram monitoradas durante os ensaios, como prescreve a ISO 354:2003. Os valores constatados estão na Tabela 1.

Tabela 1. Condições ambientais como temperatura e umidade relativa do ar.

	Temperatura	Umidade
	° C (media)	% (media)
Câmara Vazia	15.8	87
Buxinho	15.8	90
Moreia	15.7	90

A temperatura do ar no momento das medições, em graus centígrados (°C), atendeu os valores estabelecidos na norma, pois foi superior a quinze graus centígrados (15°C). A determinação desse valor é importante, pois se constitui em parcela necessária no cálculo da velocidade de propagação do som no ar dentro da câmara reverberante. A umidade relativa do ar foi monitorada e mantida, em média, entre oitenta e sete (87%) e noventa por cento (90%), atendendo ao especificado na referida norma.

A Figura 5 apresenta o gráfico das medições do TR em câmara reverberante.

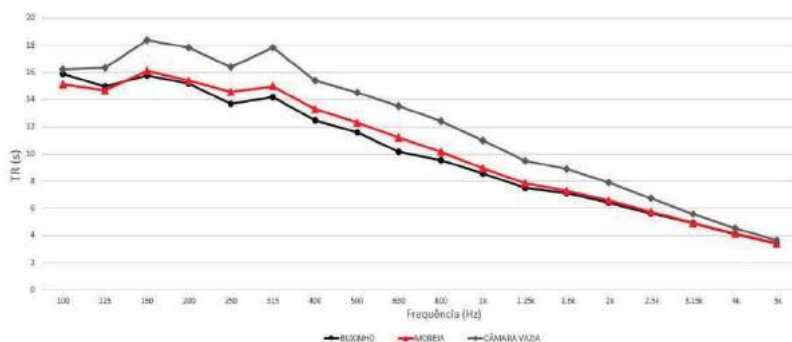


Figura 5. Tempos de reverberação obtidos em câmara reverberante – com e sem as amostras das espécies vegetais.

Os dados obtidos nas atividades experimentais, em câmara reverberante, são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Medições do TR em câmara reverberante.

Câmara Reverberante	Frequência central banda oitava (Hz)																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Vazia	16.22	16.34	18.36	17.85	16.37	17.82	15.40	14.54	13.54	12.43	10.97	9.52	8.90	7.89	6.72	5.58	4.55	3.65
Buxinho	15.89	14.96	15.78	15.19	13.69	14.17	12.48	11.60	10.17	9.57	8.55	7.52	7.13	6.41	5.65	4.90	4.11	3.42
Moreia	15.12	14.66	16.14	15.43	14.58	14.99	13.32	12.30	11.20	10.14	8.95	7.84	7.29	6.55	5.74	4.90	4.17	3.41

Observa-se que o desempenho dos dois tipos de espécies vegetais ensaiadas foi semelhante. Há uma mínima diferenciação na performance das duas amostras entre 200 Hz e 1.6 kHz, onde o TR é menor para a espécie vegetal *buxinho*, caracterizando que ela apresenta uma melhor absorção sonora que a outra espécie estudada (*moreia*), embora a diferença seja inferior a 01 dB. Valores inferiores a 200 Hz estão sujeitos à influência da frequência de corte da câmara reverberante na qual foram realizados os ensaios, tendo em vista as dimensões da mesma. Valores superiores a 1.6 kHz resultaram em desempenhos idênticos para as duas espécies vegetais, durante os ensaios realizados.

Através dos ensaios na câmara reverberante, constatou-se que, para qualquer uma das espécies vegetais estudadas houve absorção sonora, pois o TR diminuiu em todas as frequências, conforme mostra o gráfico que foi apresentado na Figura 5. Essa diminuição, no entanto, não ultrapassou 02 dB em nenhuma frequência.

Tabela 3. Tempo de Reverberação (TR)(segundos) e área de absorção sonora equivalente (m^2).

Câmara		Frequência (Hz)				
		250	500	1000	2000	4000
Reverberante						
Vazia	TR	16.37	14.54	10.97	7.89	4.55
	A1	2.05	2.31	3.06	4.26	7.39
Com Buxinho	TR	13.69	11.60	8.55	6.41	4.11
	A2B	2.46	2.90	3.93	5.24	8.18
Com Moreia	TR	14.58	12.30	8.95	6.55	4.17
	A2M	2.31	2.73	3.76	5.13	8.06

As áreas de absorção sonora equivalente, que foram determinadas com o emprego dos valores dos tempos de reverberação obtidos nos ensaios, são mostradas na Tabela 3. Na mesma tabela podem ser encontrados os valores dos TRs medidos em câmara reverberante sem amostra e para a medição com os dois tipos de plantas ensaiadas: o Buxinho e a Moreia. Os resultados apresentados, portanto, se referem à câmara vazia e com as espécies vegetais analisadas.

A determinação dos valores dos coeficientes de absorção para as duas espécies ensaiadas como absorvedores isolados foi realizada de forma analítica, segundo a ISO 354:2003. Os valores obtidos estão na Tabela 4.

Tabela 4. Coeficientes de absorção das amostras.

Câmara com:	Frequência (Hz)				
	250	500	1000	2000	4000
Com Buxinho (α_B)	0.03	0.05	0.07	0.08	0.07
Com Moreia (α_M)	0.02	0.04	0.06	0.07	0.06

Avaliando os valores obtidos para o Coeficiente de Absorção e comparando-os com os disponíveis na literatura (Bistafa, 2006; Brüel&Kjaer, 1978; Amorim, 2007) observa-se um bom desempenho das espécies verdes, pois aproxima-se de materiais como plástico/PVC colocado em pisos e paredes, apresentando uma performance melhor do que superfícies convencionais como o concreto, os pisos cerâmicos e os revestimentos em paredes de alvenaria. Seu desempenho, no entanto, não atinge valores próprios de elementos considerados como absorvedores. Para fins comparativos, a Tabela 5 exemplifica os valores dos coeficientes de absorção sonora mostrados na literatura citada.

Tabela 5. Coeficientes de absorção de materiais convencionais (Bistafa, 2006; Brüel&Kjaer, 1978; Amorim, 2007)

	Frequência (Hz)				
	250	500	1000	2000	4000
Alvenaria de tijolos rebocada	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03
Concreto	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Cerâmica	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Plástico/PVC (piso ou teto)	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03
Cortinas leves esticadas em contato com a parede	0.04	0.11	0.17	0.24	0.35

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização de estudos sobre as características acústicas de espécies vegetais é um dos caminhos para a ampliação de pesquisas nesse domínio científico, que agrega questões ambientais e tecnológicas, respeitando identidades e especificidades regionais e geográficas, tendo em vista que as variáveis climáticas e urbanas influenciam os resultados.

Ao caracterizarem-se folhagens, pequenos ramos e arbustos, em função de sua capacidade de absorver o som, podem ser criadas alternativas sustentáveis para atenuação dos ruídos, através de módulos verdes compostos por espécies vegetais típicas de cada local.

O presente trabalho foi desenvolvido para verificar a viabilidade, ou não, de utilização de módulos verdes, construídos a partir de um conjunto de plantas ornamentais para minimizar os efeitos do ruído nos ambientes interiores e exteriores às edificações. Os resultados encontrados indicam que há boas perspectivas para novos estudos, mais numerosos e ampliados.

Os resultados da pesquisa mostraram que a colocação da amostra de ensaio constituída pelas plantas, ainda em fase de crescimento, na câmara reverberante, conduziu a uma diminuição do tempo de reverberação que chegou a até 3s em frequências significativas para a voz humana, como entre 500 Hz e 1 kHz, por exemplo. Com isso, pode-se esperar uma ampliação na performance de absorção sonora dos módulos verdes projetados com uma composição de diferentes espécies vegetais e o emprego de plantas em estágios diferenciados de crescimento.

Esse estudo, ainda incipiente, consolidou a necessidade de aprofundar as pesquisas nesse tema, que revela o potencial da proposta do emprego de plantas adequadamente compostas em módulos verdes, para absorção sonora. Para isso, está sendo elaborado um catálogo com espécies vegetais presentes na região sul do Brasil, para servir de referência a projetos de adequação acústica em ambientes privados ou espaços públicos.

6 AGRADECIMENTOS

Ao professor Marcelo Rodrigues, pertencente ao Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pelo empréstimo das amostras de vegetação (Buxinho e Moreia) utilizadas nos ensaios desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Aylor, D. 1972. Noise reduction by vegetation and ground. *J. In Acoustic Soc. Am.* v. 51: 197 – 205.
- Amorim, A. E. B. 2007. Formas geométricas e qualidade acústica de salas de aula: Estudo de Caso em Campinas – SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Campinas :Universidade Estadual de Campinas.
- Bistafa, S. R. 2011. Acústica aplicada ao controle de ruído. (2. ed.) São Paulo: Blucher.
- Bulen, R.; Frick, F. 1982. Sound propagation through vegetation. In *Journal of Sound and Vibration.* (80). v. 1: 11 – 23.
- Burns, H. S. 1979. The absorption of sound by pine trees. In *J. Acoustic Soc. Am.* (3). v. 65: 658 – 661.
- Brüel&Kjaer. 1978. Architectural acoustics. 2ed. 170p USA: Bruel&Kjaer,
- Emblenton, T. F. W. 1963. Sound propagation in homogeneous deciduous and evergreen wood. In *J. Acoustic Soc. Am.* v. 35: 1119 – 1125.
- Gerges, S.N.Y. 1992. Ruído: Fundamentos e Controle. Florianópolis: S.N.Y.
- Horoshenkov, K. V.; Khan, A.; Benkreira, H., 2013. Acoustic properties of low growing plants. In *J. Acoustic Soc. Am.* (5). v. 133: 2554 – 2565.
- International Organization for Standardization - ISO 3382 - 1: 2009.- Acoustics -- Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces.
- International Organization for Standardization - ISO 3382 -2:2009. Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Parte 2: Reverberation time in ordinary rooms.
- International Organization for Standardization -ISO 354 – 2003. Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room.
- Long, M. 2006. Architectural Acoustics. California: Elsevier Academic Press.3ª ed. Nova Odessa, SP: Inst. Plantarum.

Desempenho acústico: uma avaliação em campo e laboratório de vedações verticais e horizontais

Otávio Joaquim da Silva Júnior

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil

otaviojsjunior@gmail.com

José Jeferson Rêgo Silva

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil

jjregosilva@gmail.com

Marco Antonio Silva Pinheiro

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Centro de Tecnologia, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

marco.pinheiro@eac.ufsm.br

ABSTRACT: This paper presents results of acoustic insulation of vertical and horizontal seals buildings with multiple floors, executed with different construction methods, and results of sound insulation seals in plaster block. External vertical seals dorms were evaluated, the results were significantly variable, compared with the other seals evaluated, obtaining values between 18dB and 31dB. The internal partition walls, valued between rooms in 4 sealing systems, showed more consistent results, ranging between 34dB and 46dB, where only a fence does not meet the Brazilian standard of performance. The horizontal seals, evaluated as airborne noise and impact noise presented, respectively, between 45dB and 56dB results, and 69dB and 82dB, demonstrating the low isolation of floor impact noise systems. It was also rated the standard deviation, with results between 0.0dB and 4.8dB and the coefficient of variation with results ranging from 0.00 to 17.09%.

Keywords: Acoustic Insulation; Multiple-floor buildings' sealing; Plaster Block

RESUMO: Neste trabalho são apresentados resultados de isolamento acústico de vedações verticais e horizontais de edifícios de múltiplos pavimentos, executadas com diferentes métodos construtivos, além de resultados de isolamento sonora de vedações em bloco de gesso. Foram avaliadas vedações verticais externas de dormitórios, cujos resultados mostraram-se significativamente variáveis, em comparação com as demais vedações avaliadas, obtendo valores entre 18dB e 31dB. As vedações verticais internas, avaliadas entre salas em 4 sistemas de vedação, apresentaram resultados mais uniformes, variando entre 34dB e 46dB, onde apenas uma vedação não atende à norma brasileira de desempenho. As vedações horizontais, avaliadas quanto ao ruído aéreo e ruído de impacto, apresentaram, respectivamente, resultados entre 45dB e 56dB, e 69dB e 82dB, demonstrando o baixo isolamento dos sistemas de piso ao ruído de impacto. Foi avaliado ainda o desvio padrão, com resultados entre 0.0dB e 4.8dB e o coeficiente de variação com resultados entre 0.00 e 17.09.

Palavras-chave: Isolamento acústico; Vedações de edificações de múltiplos pavimentos; Blocos de gesso

1 INTRODUÇÃO

Um tema bastante discutido atualmente na construção civil brasileira é o isolamento acústico promovido pelas vedações mais usuais. Isto deve-se ao fato da norma brasileira de desempenho

NBR 15575 (ABNT, 2013) ter sua última versão publicada em fevereiro de 2013 e exigida a partir de agosto do mesmo ano.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) apresenta requisitos de isolamento sonoro para quatro sistemas de vedação: vedação vertical externa (fachada), vedação vertical interna, vedação horizontal quanto ao ruído aéreo e vedação horizontal quanto ao ruído de impacto.

Em se tratando de ruído urbano, as vedações verticais externas desempenham um papel fundamental no isolamento acústico, tendo como um dos principais objetivos garantir o conforto acústico no interior das edificações. No entanto, estudos realizados por Queiroz (2007) na Avenida Beira Mar Norte (Florianópolis) mostram que, entre os anos de 1968 e 2005, o ruído urbano cresceu e o isolamento promovido pelas vedações externas diminuiu, logo, o conforto acústico do interior das edificações está diminuindo, o que deverá mudar com a entrada em vigor da norma de desempenho.

O sistema de vedação vertical externo é composto basicamente por parede, esquadria e sistema de cobertura (apenas em edificações sem laje de cobertura), sendo as esquadrias as principais vilãs no isolamento acústico. Ensaio realizados em laboratório por Oliveira (2007) mostram que uma janela simples de correr com vidro de 4mm possui um índice de redução sonora de 18dB, no entanto, com duplicação desta janela, uma ao lado da outra com uma camada de ar entre elas, o índice de redução pode ser elevado a 26dB. Esta é sem dúvida uma boa solução para edificações já construídas, onde é de interesse dos habitantes da edificação manter a fachada original.

As vedações verticais internas, definidas na NBR 15575 (ABNT, 2013) como sendo as paredes que dividem duas unidades distintas (parede de geminação) ou uma unidade e áreas comuns, devem apresentar isolamento acústico que garanta o conforto e a privacidade dos usuários.

Neste trabalho foi avaliado o isolamento acústico promovido por vedações verticais entre apartamentos distintos (entre salas). Conforme estabelecido na NBR 15575 (ABNT, 2013) a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nT,w}$) da vedação entre unidade, no caso onde nenhum dos ambientes seja dormitório, deve ser maior ou igual a 40dB para atendimento ao nível mínimo de desempenho. Ainda segundo norma de desempenho, um isolamento sonoro de 40dB permite ouvir e entender com dificuldade, o que não é ideal para o conforto e privacidade.

Na busca por sistemas de vedação que atendam a norma de desempenho, conceitos como lei da massa e sistema massa/mola/massa incentivam projetistas à procura por sistemas mais viáveis e satisfatórios. No entanto, em se tratando de ensaios realizados em campo, não são apenas as paredes que respondem pelo isolamento sonoro. Mesmo em ambientes internos as portas e esquadrias influenciam no desempenho acústico. Ensaio realizados em campo por Pinto (2011) mostram que materiais menos densos, como tijolo cerâmico vazado, podem, em alguns casos, apresentar valores ponderados superiores aos das alvenarias executadas com materiais mais densos, como o tijolo cerâmico maciço.

Quanto às vedações horizontais, a grande preocupação está no isolamento ao ruído de impacto, uma vez que, conforme Litwinczik (2012), a composição mista das lajes, camadas de concreto regularizado e sobrepostas tornam esses elementos bons isoladores de ruído aéreo. Da Silva (2013) obteve a mesma conclusão, mostrando, em ensaios realizados em campo, que sistemas de piso composto por lajes nervuradas, revestimento cerâmico e forro de gesso, promovem um bom isolamento acústico, chegando, em alguns casos, a 52dB de diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nT,w}$).

O ruído de impacto apresenta os valores de isolamento mais preocupantes. Ensaio de campo realizados por Da Silva & Silva (2014) mostram que sistemas de piso constituídos por laje maciça e laje nervurada possuem nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado ($L'_{nT,w}$)

elevados, próximos ao limite de atendimento à NBR 15575 (ABNT, 2013). O isolamento quanto ao ruído de impacto está diretamente ligado à característica elástica do componente que recebe o impacto, ou seja, essa característica elástica do material é quem irá influenciar no comportamento acústico final do sistema de piso quanto ao ruído de impacto, como mostrado por Cornacchia (2009).

O isolamento acústico nas edificações, obtido a partir de ensaios realizados em campo, ainda possui lacunas a serem preenchidas, dadas as inúmeras variáveis existentes na realização deste tipo de ensaio. Neste intuito, o presente trabalho vem contribuir com informações de isolamento acústico de sistemas construtivos pouco estudados, como paredes de bloco de gesso, e ampliar a gama resultado de sistemas construtivos convencionais, como parede em tijolo cerâmico.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e métodos

Este trabalho foi realizado a partir de ensaios de isolamento acústico executados em campo e laboratório.

Os ensaios feitos em campo seguiram os procedimentos das normas ISO 140-5, ISO 140-4 e ISO 140-7, aplicáveis, respectivamente, aos ensaios de isolamento acústico de vedações verticais externas (fachada), vedações verticais internas (vertical e horizontal) e ruído de impacto padronizado, conforme preconizado na NBR 15575 (ABNT, 2013). Embora essas normas tenham sido atualizadas pela ISO 16283-1:2014, na época das medições em campo ainda estavam em vigor.

Foram respeitadas as distâncias mínimas de 0,5m entre o microfone e quaisquer superfícies refletoras e 0,7m entre posições de microfone. Tanto a fonte emissora de ruído quanto o microfone foram posicionadas numa altura de 1,2m em relação ao piso.

Nos ensaios de isolamento de vedações verticais externas a fonte foi posicionada a 3,0m e o microfone a 2,0m da fachada. Nos ensaios de isolamento das vedações verticais internas a fonte foi posicionada no mínimo 0,5m de quaisquer superfícies refletoras.

Em cada ambiente foram definidos 3 pontos de medição, exceto nos locais onde a área do ambiente não tinha dimensões mínimas para tal, sendo realizado o número máximo possível de medições.

A perda de transmissão sonora, representada pelo R_w ou índice de redução sonora ponderado, foi obtida através de ensaios realizados em câmaras reverberantes do laboratório de acústica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Os ensaios seguiram os procedimentos descritos nas normas ISO 10140, partes 1, 2 e 4, todas com versões do ano de 2010.

As câmaras reverberantes possuem volumes de 60m³ e 67m³, separadas por um pórtico em concreto com 55cm de espessura. As paredes e lajes das câmaras são em concreto armado com 30cm de espessura e cada câmara possui porta dupla, em chapa de aço de 12,7mm de espessura, 1,50m de largura e 2,50m de altura, vedada com borracha em todo o seu contorno e fechada sob pressão, garantindo assim uma perfeita estanqueidade. As superfícies das câmaras não são paralelas, permitindo um campo difuso. A estrutura das câmaras é apoiada sobre isoladores em polímero neoprene, os quais são apoiados em pilaretes. A Figura 1 ilustra representações em planta e corte da câmara reverberante da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

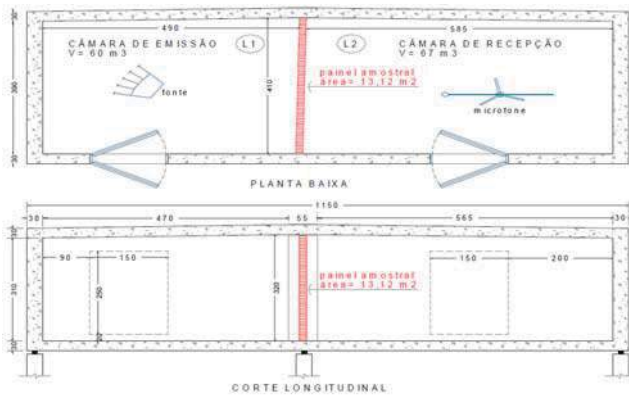


Figura 1. Planta baixa e corte longitudinal das câmaras reverberantes da UFSM (Santos, 2006).

Os ensaios foram realizados utilizando os equipamentos listados abaixo:

- Medidor de nível de pressão sonora 2270, Bruel & Kjaer (em campo e laboratório);
- Fonte emissora de ruído – dodecaedro Omni 12 e um amplificador, marca 01dB (em campo);
- Fonte Sonora omnidirecional tipo 4292, amplificador de potência tipo 2716 para fonte sonora, rotating boom tipo 3923, todos B&K (em laboratório).

2.2 Sistemas de vedação avaliados e requisitos de desempenho

Os ensaios realizados em campo avaliaram vedações verticais externas (fachadas de dormitórios), vedações verticais internas (parede entre salas), e vedações horizontais (sistemas de piso) entre salas e dormitórios. Os resultados de isolamento foram comparados com os critérios de desempenho da NBR 15575 (ABNT, 2013).

Foram avaliadas as seguintes vedações verticais externas (fachada):

- VVE1: alvenaria em tijolo cerâmico de 90mm de espessura, com 8 (oito) furos na horizontal, revestida internamente e externamente com argamassa de cimento e areia com espessuras de aproximadamente 30mm e 15mm, respectivamente, e uma janela de correr de 1,2m de comprimento por 1,2m de largura, em alumínio e vidro simples;
- VVE2: parede em blocos de concreto de 140mm de espessura, com 2 (dois) furos na vertical, revestida internamente e externamente com argamassa de cimento e areia com espessuras de aproximadamente 35mm e 20mm, respectivamente, e uma janela de correr com 1,2m de comprimento e 1,2m de largura, em alumínio e vidro simples;
- VVE3: parede de concreto armado com 100mm de espessura e revestimento interno em massa corrida, espessura de aproximadamente 5mm, e revestimento externo em pintura acrílica, e uma janela de correr com 1,2m de comprimento e 1,2m de largura, em alumínio e vidro simples.

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) apresenta os requisitos e critérios para avaliação do isolamento sonoro promovido pelas vedações verticais externas (fachadas), sendo a vedação classificada conforme a classe de ruído onde a edificação está inserida. Os resultados obtidos nas vedações verticais externas foram confrontados com os requisitos da NBR 15575-4 (ABNT, 2013) considerando-se a classe de ruído II, uma vez que as 3 vedações avaliadas tinham sua habitação localizada em áreas urbanas de trânsito moderado de veículos.

As vedações verticais internas avaliadas estão descritas abaixo:

- VVI1: parede de tijolos cerâmicos de 90mm de espessura, com 8 (oito) furos na horizontal; e revestimento em argamassa de cimento e areia nas duas faces, com aproximadamente 15mm de espessura cada;
- VVI2: parede em blocos de concreto de 140mm de espessura, com 2 (dois) furos na vertical; e revestimento em argamassa de cimento e areia nas duas faces, com aproximadamente 20mm de espessura;

- VVI3: parede de concreto armado de 100mm de espessura e revestimento em massa corrida, nas duas faces, com aproximadamente 5mm de espessura.

Foram avaliadas apenas as vedações verticais internas entre unidades, na situação onde não há ambiente de dormitório. Cujos requisitos são apresentados na NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

As vedações horizontais foram avaliadas de duas formas: medindo-se o isolamento do ruído aéreo e o nível de pressão sonora quanto ao ruído de impacto. Os sistemas de piso avaliados são descritos abaixo:

- VHI1: laje nervurada, revestimento cerâmico, contrapiso de argamassa e forro de gesso – alvenaria de tijolo cerâmico;
- VHI2: laje nervurada, revestimento cerâmico, contrapiso de argamassa e forro de gesso – alvenaria em bloco de concreto;
- VHI3: laje maciça (10cm de espessura), revestimento cerâmico e contrapiso de argamassa.

A NBR 15575-3 (ABNT, 2013) apresenta critérios de isolamento quanto ao ruído aéreo ($D_{nT,w}$) e níveis de pressão sonora de impacto-padrão ($L'_{nT,w}$), os quais foram comparados com os resultados dos ensaios realizados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Vedações verticais externas (fachada)

As vedações verticais externas foram avaliadas a partir do número único de isolamento, a Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2,0m da fachada ($D_{2m,nT,w}$). A Figura 2 apresenta os resultados obtidos nas 3 vedações avaliadas.

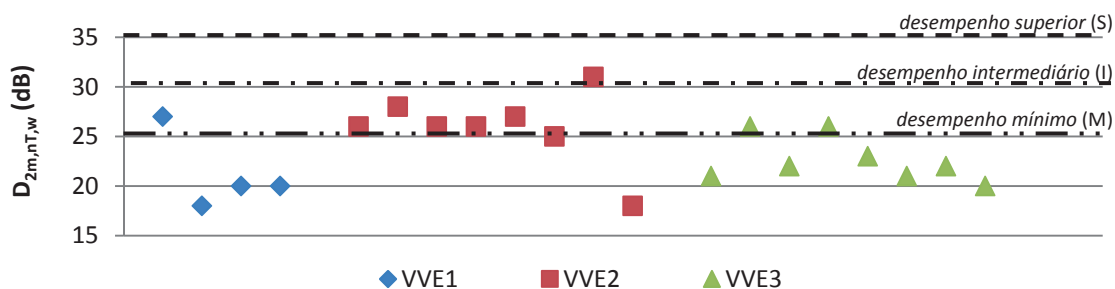


Figura 2. Resultados de isolamento acústico das vedações verticais externas ($D_{2m,nT,w}$).

Conforme pode ser observado na Figura 2, existe uma significativa variação nos resultados de isolamento acústico. A Vedação Vertical Externa 1, ou simplesmente VVE1, apresenta apenas 25% dos resultados que atende ao desempenho mínimo (M). A VVE2 apresenta em 8 casos, 6 resultados que atendem ao desempenho mínimo e 1 resultado em 8 casos, como aquele que atende em nível intermediário (I). A VVE3 apresenta apenas 25% dos resultados que atendem ao desempenho mínimo. Ainda na Figura 2, as linhas destacadas logo abaixo das palavras “desempenho” representam os limites de classificação de desempenho acústico em mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). Observa-se com os resultados obtidos, o baixo isolamento sonoro dos elementos de fachada e a significativa variação de resultados, o que torna a determinação do nível de desempenho algo não tão simples quanto aparenta.

3.2 Vedações verticais internas (paredes entre salas)

O isolamento das vedações verticais internas, parede de geminação entre salas, foi avaliado através da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nT,w}$). Na Figura 3 é apresentado graficamente os resultados obtidos nas 4 vedações avaliadas.

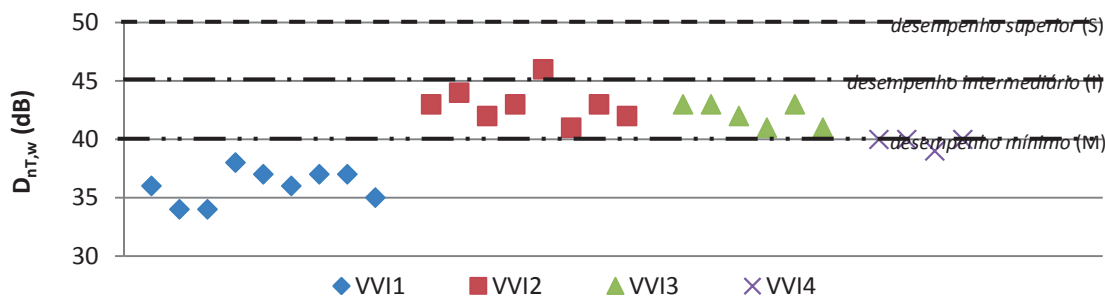


Figura 3. Resultados de isolamento acústico das vedações verticais internas ($D_{nT,w}$).

Analisando os resultados da Figura 3, observa-se que a VVI1 possui os menores valores de isolamento acústico, não atendendo em nenhum ensaio ao desempenho mínimo (M). As demais vedações atendem ao nível mínimo de desempenho, com exceção de dois ensaios, um da VVI2, que atende ao nível intermediário (I), e outro da VVI4 que não atende ao desempenho mínimo.

3.3 Vedações horizontais – Ruído aéreo

O isolamento acústico quanto ao ruído aéreo, promovido pelo sistema de piso, foi avaliado em duas situações: onde um dos ambientes é dormitório e onde não há ambientes de dormitório. A NBR 15575-3 (ABNT, 2013) apresenta critérios distintos para avaliação destas duas situações.

A Figura 4 e a Figura 5 apresentam os resultados de isolamento acústico promovido pela vedação horizontal (sistema de piso) onde há ambientes de dormitório e onde não há ambiente de dormitório, respectivamente.

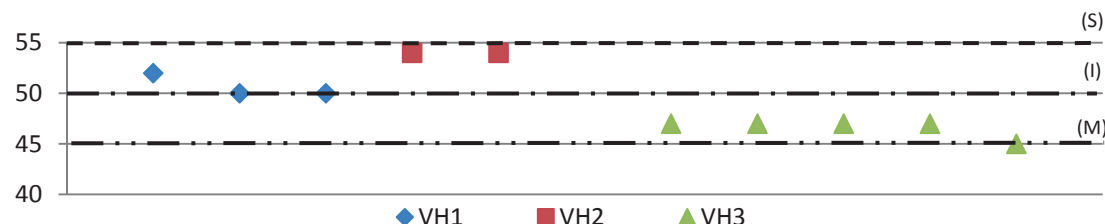


Figura 4. Resultados de isolamento acústico das vedações horizontais onde há ambiente de dormitório ($D_{nT,w}$ em dB).

Os resultados apresentados na Figura 4 mostram que a VH1 e a VH2 atendem em nível intermediário de desempenho, enquanto que a VH3 atende em nível mínimo de desempenho.

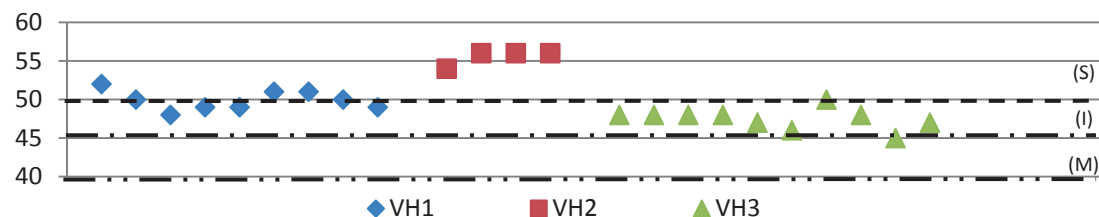


Figura 5. Resultados de isolamento acústico das vedações horizontais onde não há ambiente de dormitório ($D_{nT,w}$ em dB).

Os resultados apresentados na Figura 5 mostram que a VH2 atende ao desempenho superior (S), enquanto a VH1 e VH3 possuem resultados que atendem ao desempenho intermediário (I) e superior (S).

Analisando os resultados nas duas situações, com e sem ambiente de dormitório, observa-se que o VH3 possui os menores valores de isolamento acústico, o que pode ser atribuído ao fato do sistema de piso não possuir forro de gesso, diferentemente da VH1 e VH2, onde o forro de gesso é utilizado sob a laje nervurada.

3.4 Vedações horizontais – Ruído de impacto

As vedações horizontais foram avaliadas também quanto ao ruído de impacto, obtendo o nível de pressão sonora de impacto padrão ($L'_{nT,w}$). A Figura 6 apresentou graficamente os resultados de nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado obtidos das 3 vedações horizontais avaliadas.

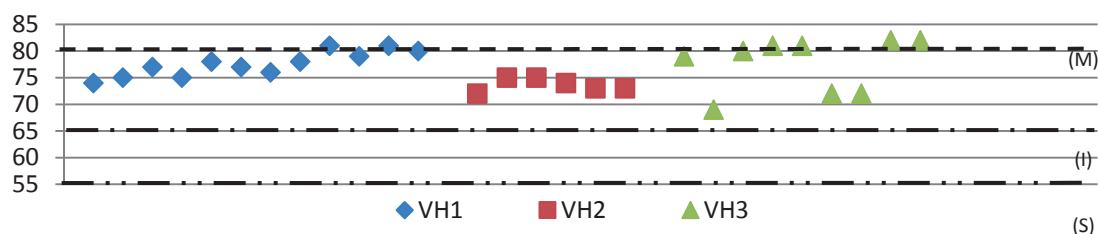


Figura 6. Resultados de isolamento acústico das vedações horizontais – Ruído de impacto ($L'_{nT,w}$ em dB).

Pode-se observar na Figura 6 que apenas a VH2 atende, em todos os ensaios, ao desempenho mínimo (M), agora identificado pelo maior valor de isolamento. A VH1 possui 2 resultados que não atendem ao desempenho mínimo e a VH3 apresenta 4 ensaios que não atendem ao desempenho mínimo, no entanto, todos próximos do limite.

3.5 Análise do desvio padrão e coeficiente de variação dos ensaios em campo

Em razão da quantidade de ensaios realizados e a variação nos resultados obtidos, atrelado ao fato da NBR 15575 (ABNT, 2013) não apresentar uma quantidade mínima de ensaios, nem uma forma de se analisar os resultados, resumem-se, na Tabela 4, os valores médios, o desvio padrão e o coeficiente de variação referentes ao isolamento acústico das vedações avaliadas.

Tabela 4. Média, desvio padrão e coeficiente de variação das vedações avaliadas.

Elemento avaliado	Vedação avaliada	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de variação
		dB	dB	%
Vedação vertical externa (VVE)	VVE1	20.0	3.4	17.09
	VVE2	25.9	3.4	13.31
	VVE3	22.0	2.1	9.60
Vedação vertical interna (VVI)	VVI1	36.0	1.3	3.70
	VVI2	43.0	1.4	3.29
	VVI3	42.5	0.9	2.11
	VVI4	40.0	0.4	1.08
Vedação horizontal (VH) quanto ao ruído aéreo – Situação onde HÁ ambiente de dormitório	VH1	50.7	0.9	1.89
	VH2	54.0	0.0	0.0
	VH3	46.6	0.8	1.70

Tabela 4. Média, desvio padrão e coeficiente de variação das vedações avaliadas – continuação

Vedação horizontal (VH) quanto ao ruído aéreo – Situação onde NÃO HÁ ambiente de dormitório	VH1	49.9	1.2	2.39
	VH2	55.5	0.9	1.55
	VH3	47.5	1.3	2.68
Vedação horizontal (VH) quanto ao ruído de impacto	VH1	77.5	2.3	2.91
	VH2	73.5	1.1	1.50
	VH3	80.0	4.8	5.98

Como mostrado na Tabela 4, as vedações verticais externas apresentam os maiores valores de desvio padrão, conseqüentemente os maiores percentuais de coeficiente de variação. Este coeficiente de variação pode ser atribuído ao processo de montagem dos elementos que compõem a vedação, como por exemplo, o assentamento das esquadrias, o que pode permitir aberturas.

O isolamento das vedações horizontais quanto ao ruído de impacto também possui desvio padrão significativo, no entanto, coeficientes de variação menores. O desvio dos resultados neste caso pode ser dado pela real espessura dos componentes do sistema de piso, uma vez que os dados informados são valores médios e não os realmente medidos em cada elemento.

3.6 Isolação sonora de paredes de gesso – Ensaio em laboratório

Os ensaios de isolamento sonora foram realizados em blocos de gesso maciço com 3 diferentes espessuras a fim de se avaliar a relação entre a densidade superficial e a isolamento de um mesmo elemento de vedação. Os resultados obtidos estão relacionados na Tabela 5.

Tabela 5. Índice de redução sonora ponderado (R_w) de blocos de gesso em função da densidade superficial.

Elemento avaliado	Densidade superficial média kg/m ²	Isolação sonora dB
Parede em bloco de gesso maciço com 100mm de espessura	105,0	39
Parede em bloco de gesso maciço com 70mm de espessura	72,40	35
Parede em bloco de gesso maciço com 50mm de espessura	48,02	32

Transcrevendo de forma gráfica os resultados apresentados na tabela 5 tem-se a Figura 7.

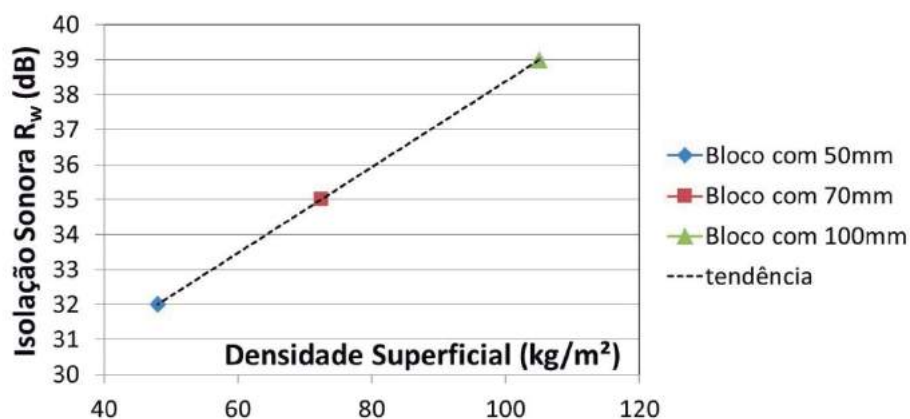


Figura 7. Resultados de Densidade Superficial δ (kg/m²) x Índice de redução sonora ponderado R_w (dB).

Analisando os dados da Tabela 5 e da Figura 7 pode-se traçar uma linha de tendência linear, mostrada na Figura 7, juntamente com a equação.

Aplicando os valores da Tabela 5 à equação referida obtêm-se um R^2 muito próximo de 1, o que indica uma boa aproximação para prognósticos de resultados de R_w com outros valores de δ . Isto significa que se pode prever uma densidade superficial média que proporcione uma isolação sonora desejável.

Também foi avaliado o comportamento das vedações em bloco de gesso nas bandas de frequência, conforme mostrado na Figura 8.

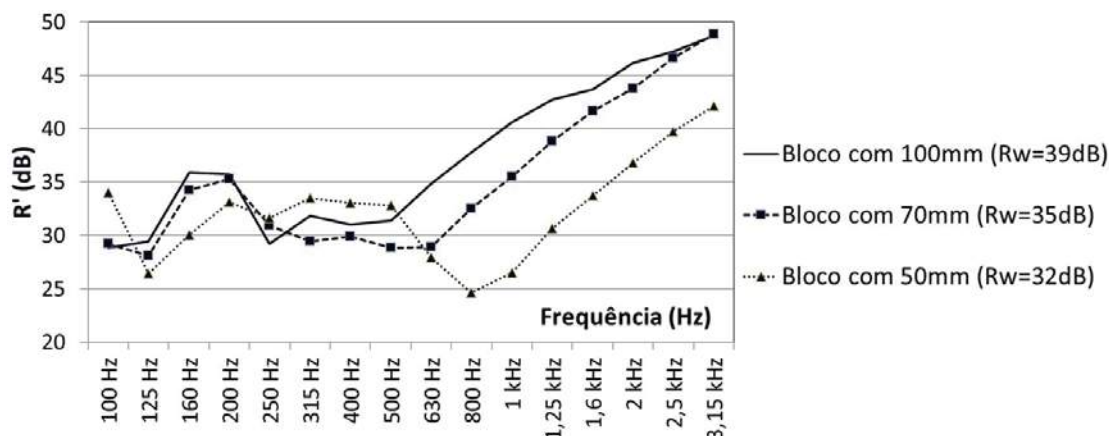


Figura 8. Isolação sonora das vedações em bloco de gesso em bandas de frequência (R').

Observa-se na Figura 8 que a isolação sonora não difere significativamente nas baixas frequências, sendo as altas frequências as principais responsáveis pelo valor único do índice de redução sonora ponderado (R_w).

4 CONCLUSÕES

Após analisar os resultados apresentados neste trabalho, chegam-se as seguintes conclusões:

- A maioria das vedações verticais externas (fachada) mostradas neste trabalho não atende ao desempenho mínimo preconizado na NBR 15575-4 (ABNT, 2013), e possui uma significativa variação de resultados;
- As vedações verticais internas constituídas por tijolo cerâmico não atendem ao nível mínimo de desempenho, enquanto que as vedações em bloco de concreto e parede de concreto possuem um bom isolamento acústico, atendendo ao desempenho mínimo, devido a maior densidade deste material;
- O isolamento das vedações horizontais (sistema de piso) quanto ao ruído aéreo não é um tema preocupante, uma vez que as vedações avaliadas atendem satisfatoriamente à NBR 15575-3 (ABNT, 2013), sendo obtido nível superior de desempenho em algumas das vedações avaliadas, como por exemplo, a laje nervurada, com revestimento cerâmico, contrapiso de argamassa e forro de gesso, sob alvenaria em bloco de concreto;
- Quanto ao ruído de impacto, as vedações horizontais possuem isolamento sonoro que atendem ao desempenho mínimo, sendo obtido o melhor desempenho nas lajes que empregam forro de gesso, mesmo com o uso de laje nervurada, a qual é uma laje com menor espessura que a laje maciça;
- Com os resultados de isolação sonora e a densidade superficial dos blocos de gesso, obtidos nas 3 vedações ensaiadas em laboratório, foi possível obter uma equação que relaciona estas duas grandezas, permitindo determinar a isolação sonoro para diferentes densidades superficiais.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013. *NBR 15575-3: Edificações habitacionais – desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013. *NBR 15575-4: Edificações habitacionais – desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Cornacchia, G. M. M. 2009. *Investigação in-situ do isolamento sonoro ao ruído de impacto em edifícios residenciais. Dissertação (Mestrado) Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina..*
- Da Silva, O. J. Jr. 2013. *Desempenho acústico segundo a nova norma NBR 15575: análise de vedações horizontais de edifício alto*. In Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, XII, 2013, Brasília/DF. Livro de actas Brasília.

Da Silva, O. J. Jr.; Silva, A. J. C. 2014 Panorama do comportamento acústico em edificações do nordeste brasileiro – resultados de estudos de casos. In *Simpósio de argamassas e soluções térmicas de revestimento, I, 2014, Livro de actas* Coimbra.

International Organization For Standardization. 1998. *ISO 140-4: Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms.*

International Organization For Standardization. 1998. *ISO 140-5: Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades.*

International Organization For Standardization. 1998. *ISO 140-7: Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors.*

International Organization For Standardization. 2010. *ISO 10140-1: Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 1: Application rules for specific products.*

International Organization For Standardization. 2010. *ISO 10140-2: Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 2: Measurement of airborne sound insulation.*

International Organization For Standardization. 2010. *ISO 10140-4: Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 4: Measurement procedures and requirements.*

Litwinczik, V. 2012. E-Book – Acústica de edificações. Florianópolis.

Oliveira, M. A. 2007. Estudo da eficiência da duplicação de janelas na melhoria do isolamento acústico destes componentes. *Dissertação (Mestrado)*. Santa Maria:Universidade Federal de Santa Maria.

Pinto, R. B. 2011. Determinação experimental e numérica da redução sonora aérea em paredes de alvenaria utilizadas em habitações. *Santa Maria. Dissertação (Mestrado)* Santa Maria:Universidade Federal de Santa Maria.

Queiroz, C. S. 2007. Avaliação do isolamento sonoro nas fachadas de edifícios residenciais. Estudo de caso: o processo evolutivo na avenida beira mar/Florianópolis. *Dissertação (Mestrado)* Florianópolis: *Universidade Federal de Santa Catarina*..

Santos, N. A. N. 2006. Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos. *Dissertação (Mestrado)* Santa Maria:Universidade Federal de Santa Maria.

La incorporación de la variable acústica en la gestión ambiental

Alice Elizabeth González

Faculty of Engineering UdelaR, Department of Environmental Engineering - IMFIA, Montevideo, Uruguay
aliceelizabethgonzalez@gmail.com

Marcos Raúl Lisboa

Faculty of Engineering UdelaR, Department of Environmental Engineering - IMFIA, Montevideo, Uruguay
mlisboa@fing.edu.uy

Pablo Gianoli Kovar

Faculty of Engineering UdelaR, Department of Environmental Engineering - IMFIA, Montevideo, Uruguay
pgianoli@fing.edu.uy

Nicolás Rezzano Tizze

Faculty of Engineering UdelaR, Department of Environmental Engineering - IMFIA, Montevideo, Uruguay
nrezzano@gmail.com

ABSTRACT: In the early '80s, two different management instruments began to emerge from the Physical Planning; these have turned, respectively, into the Environmental Impact Assessment and Land Planning. Nowadays, most cases are about the management of anthropized areas rather than planning the uses of virgin land. This article attempts to outline the major issues that arise when the environmental acoustic quality is not explicitly taken into account when designing major changes in land use. Two recent cases in Uruguay are also discussed: the installation of a wind farm in a rural area and the increase in heavy traffic associated with a port in a seaside.

Keywords: environmental quality, acoustic.

RESUMO: A principios de los años '80, comienzan a emerger dos instrumentos de gestión a partir de la Planificación Física, y a perfeccionarse como tales: la Evaluación de Impacto Ambiental y el Ordenamiento Territorial. Hoy en día, la mayoría de los casos se refieren a la gestión de espacios antropizados más que a planificar usos del suelo en áreas aún no intervenidas. Este artículo intenta esbozar los principales problemas que surgen cuando la calidad acústica ambiental no se toma explícitamente en cuenta al diseñar cambios fuertes en el uso del suelo. Asimismo, se presentan dos casos recientes en Uruguay: la instalación de un parque eólico en una zona rural y el incremento del tráfico pesado asociado a un puerto en una zona balnearia.

Palabras clave: calidad ambiental, acústica.

1 DE LA PLANIFICACION FÍSICA AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

En los albores de la década del '80, uno de los principales instrumentos para la planificación de los usos del suelo era la Planificación Física, que apuntaba a considerar el ordenamiento de las actividades humanas en el territorio de un modo que permitiera el desarrollo racional y armonioso de recursos agropecuarios, minerales, energéticos, permitiendo asimismo el desarrollo urbano y regional (Martínez de Anguita, 2006).

Según Zonneveld & Forman, se puede definir de la siguiente forma (Martínez de Anguita, 2006):

"La planificación física con base ecológica o planificación ecológica, explora cómo interactúan los procesos naturales y las actividades humanas, y cómo esa interacción produce cambios en la estructura de los paisajes y los ecosistemas a lo largo del tiempo."

Se basa en cuatro elementos: la calidad y fragilidad del territorio; su capacidad de acogida para cierta actividad y el impacto que ésta le generaría.

La calidad se refiere al grado de excelencia que posee, en tanto la fragilidad hace alusión a su vulnerabilidad, es decir a las características intrínsecas que lo hacen más o menos susceptible de verse afectado por un agente o actividad, ya sea natural o antrópica.

La capacidad de acogida se refiere a qué tan apto es, técnicamente hablando, en el momento considerado, para que instale allí un cierto emprendimiento. Por su parte el impacto está también en relación a cierta actividad o emprendimiento, y da cuenta de los efectos que se espera que ocurran como consecuencia de esa intervención.

A medida que los estudios se fueron focalizando progresivamente en los impactos que resultarían de instalar una actividad dada en un lugar concreto, se evoluciona hacia la Evaluación de Impacto Ambiental. Por otra parte, cuando se enfatiza en categorizar los sitios con mejor capacidad de acogida para ciertas actividades, esto da lugar al surgimiento del Ordenamiento Territorial.

Dependiendo de la jurisprudencia de cada país, puede diferenciarse entre ordenación y ordenamiento del territorio, reservando esta última designación para los elementos jurídicos. La ordenación del territorio se vincula con proceso técnico tendiente a identificar unidades territoriales de comportamiento uniforme frente a cierto tipo de acciones. El ordenamiento territorial, en cuanto instrumento legal, busca promover el desarrollo integral del territorio tomando en consideración sus potencialidades y limitaciones así como su vocación de uso y los intereses sociales, políticos y económicos de los actores que habitan o tienen derechos legítimos sobre esa área. A modo de ejemplo, en Uruguay el Ordenamiento Territorial está definido en la Ley Nº 18308 de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Uruguay como (República Oriental del Uruguay, 2008):

“...el conjunto de acciones transversales del Estado que tienen por finalidad mantener y mejorar la calidad de vida de la población, la integración social en el territorio y el uso y aprovechamiento ambientalmente sustentable y democrático de los recursos naturales y culturales.

El ordenamiento territorial es una función pública que se ejerce a través de un sistema integrado de directrices, programas, planes y actuaciones de las instituciones del Estado con competencia a fin de organizar el uso del territorio.

Para ello, reconoce la concurrencia de competencias e intereses, genera instrumentos de promoción y regulación de las actuaciones y procesos de ocupación, transformación y uso del territorio.”

2 INTEGRACIÓN DE LA CALIDAD ACÚSTICA AMBIENTAL EN LA GESTIÓN AMBIENTAL

2.1 Aspectos generales

Bajo la frase “gestión ambiental” se engloba una gran cantidad de instrumentos muy diversos, algunos de aplicación preventiva, es decir, antes de que se materialice una cierta intervención; y otros muchos que acompañan la vida útil o la fase de operación / explotación de ésta, una vez construida y lista para funcionar.

Entre los instrumentos preventivos por excelencia cabe citar el Ordenamiento Territorial, la Evaluación Ambiental Estratégica y la Evaluación de Impacto Ambiental. Los dos primeros se refieren a instrumentos cuya aplicación implica una fuerte componente pública, en cuanto deben ser las autoridades – por las vías previstas en cada caso- las que lideren los procesos que conduzcan a generar las pautas que orienten el desarrollo territorial y los insumos estratégicos para evaluar políticas, planes y programas.

2.2 Cuándo integrar la calidad acústica en la gestión ambiental?

Cuanto más temprano se integre en forma explícita la calidad acústica es más probable que se pueda prevenir la ocurrencia de consecuencias adversas, en especial las que son más difíciles de resolver que son las que involucran problemas de convivencia y denuncias. La forma más económica y rápida de resolver los conflictos asociados con ruido es anticiparse a ellos y evitar que ocurran (González, 2012a).

La planificación urbanística es una herramienta de gran utilidad para prevenir los problemas de ruido, pero generalmente es difícil de aplicar en áreas ya consolidadas o en territorios que ya han sido intervenidos urbanísticamente como es el caso más usual (Jiménez et al., 2006). Es que, si bien la temprana integración de la planificación de la reducción del ruido en el proceso urbanístico permite mejorar la eficacia de la gestión en ese sentido, lo usual es que el gestor urbano deba moverse en el contexto de una realidad ya consolidada desde el punto de vista edilicio.

En efecto, cada vez son más escasas las intervenciones para las que los usos actuales del suelo no pesan a la hora de aplicar instrumentos de Ordenamiento Territorial: el caso más frecuente se refiere a trabajar con áreas antropizadas por lo que, más que ordenar el territorio, se debe gestionar la realidad construida (González, 2011).

En el caso de la Evaluación de Impacto Ambiental, este proceso participativo de toma de decisiones acompaña el desarrollo de un proyecto determinado y se orienta a determinar su viabilidad ambiental en una cierta sociedad y momento histórico en el marco de su contexto socioeconómico y cultural particular. En este caso, el emprendatario debe realizar a su costo y cargo un estudio técnico, el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), para someterlo a consideración de las autoridades correspondientes.

En un EsIA se deben considerar todas las interacciones entre el nuevo proyecto y el entorno en que se propone enclavarlo, de modo de identificar, valorar y evaluar los posibles impactos ambientales y diseñar las medidas de mitigación, potenciación o compensación que corresponda en cada fase (construcción, operación, abandono) para hacer aceptable el balance ambiental del proyecto y, en tanto sea posible, tender a maximizarlo. Dependiendo de la naturaleza del proyecto, uno de los estudios sectoriales que se realiza en el marco de un EsIA es un Estudio de Impacto Acústico.

Por cierto, si existen instrumentos previos más generales o estratégicos, como un Plan de Ordenamiento Territorial o una Evaluación Ambiental Estratégica del plan o programa al que responde el proyecto que se evalúa, esto puede facilitar la EvIA del proyecto concreto, pero no exonera al emprendatario de llevar adelante todos los estudios y trámites necesarios para obtener las autorizaciones ambientales correspondientes.

2.3 Cómo integrar la calidad acústica en la gestión ambiental?

Aunque la Unión Europea ha consolidado sus políticas de lucha contra la contaminación sonora desde hace ya más de una década (Comisión de las Comunidades Europeas 1996, 2002), son escasos los avances en ese sentido que se reflejan en la normativa de los países latinoamericanos. A la fecha, sólo la normativa colombiana vigente desde 2006 prevé la realización periódica de mapas estratégicos de ruido, lo que rige para ciudades de 100.000 habitantes o más (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006).

Se realizó un gran esfuerzo por lograr algo similar en Uruguay, en el grupo de trabajo GESTA Acústico que tuvo a cargo la elaboración de la propuesta técnica de reglamentación de la Ley N° 17852 de Contaminación Acústica. Se proponía solicitar la realización periódica de mapas estratégicos de ruido en las capitales departamentales y, cuando correspondiere, los respectivos planes de descontaminación acústica. Si bien esto fue incluido en la propuesta técnica, fue desestimado cuando pasó desde el ámbito del grupo de trabajo hacia estamentos superiores (GESTA Acústico, inédito).

La multiplicidad de fuentes de ruido en el ambiente urbano, cada una con sus peculiaridades (González 2012a,b) hacen que los mapas estratégicos de ruido se perfilen como las herramientas más completas y económicas a la hora de definir y jerarquizar medidas de acción para reducir la contaminación sonora característica de las sociedades actuales y en especial de las ciudades.

2.4 Algunos problemas derivados de no considerar explícitamente la calidad acústica en la gestión ambiental

Cuando no se toma explícitamente en cuenta la calidad acústica ambiental, se pierde la posibilidad de evitar algunos problemas que, una vez instalados, pueden ser de difícil resolución y acarrear costos no previstos tanto para la Administración como para los protagonistas directos de la situación. A veces sería suficiente con contar con mapas acústicos actualizados, sin pretender disponer de mapas acústicos estratégicos, para tener presente esta información.

Por ejemplo, un mapa de líneas de transporte urbano no siempre se asocia en gabinete con el ruido de los vehículos que brindan ese servicio, o la ubicación precisa de contenedores para depósito de residuos se define en función de la distancia que deben recorrer los usuarios pero sin buscar que queden ubicados frente a locales de uso no habitacional para que las maniobras de vaciado y lavado no generen molestias al vecino que lo tiene frente a su ventana. Asumir como “muda” la cartografía temática con que se trabaja en ordenamiento del territorio puede llevar a situaciones aún más enojosas. No menos riesgoso es desestimar el ruido durante la fase constructiva de una obra alegando que se trata de un impacto temporal, ya que en lugares en que los regímenes pluviométricos hacen poco previsible el número de días de trabajo efectivos con que se contará en un cierto período de tiempo, los cronogramas pueden alargarse significativamente; o evaluar niveles de presión sonora considerando únicamente los valores en escala A (Kogan Musso 2004; Fastl & Zwicker, 2007).

Entre las posibles consecuencias directas, se debe tomar en cuenta la ocurrencia de conflictos, denuncias y eventualmente acciones judiciales, con sus costos asociados. Pero en otros casos, los costos no son tan fácilmente cuantificables. Por ejemplo, como consecuencia de exposición a ruido ambiental es posible que ocurran efectos adversos sobre el desarrollo psicofísico de niños, sobre su rendimiento intelectual y habilidades de aprendizaje (Bearer 2004; COITT, 2008); también pueden aparecer efectos extraauditivos sobre la salud humana de niños y adultos (Niemann & Maschke, 2004) y efectos fisiológicos que incrementan la agresividad (Ramírez, 2006; Schreckenberget al., 2010). Cuando se trata de intervenciones en áreas rurales puede haber afectación a sistemas biológicos, ahuyentando especies de sus hábitats naturales o dificultando su apareamiento -entre otros posibles efectos-, como ocurre con batracios o aves en las zonas próximas a carreteras (Arroyave, 2006; Fuertes Sánchez, 2010).

3 DOS CASOS RECIENTES

En esta sección se presentan dos casos concretos recientes que se han planteado en Uruguay, en los que se evidencia la importancia de tratar el tema de contaminación acústica con la mayor rigurosidad posible.

3.1 Instalación de un parque eólico en un área rural

En el EsIA de un proyecto de Parque Eólico a construir en dos etapas, con un total de 10 aerogeneradores que totalizarían una potencia de 10 MW + 10 MW, se efectúa un estudio de impacto acústico para cada etapa del proyecto. Se trata de un parque de llanura, es decir, se ubica en una zona de topografía bastante plana, próximo al Río de la Plata.

Los niveles de presión sonora ambientales se modelan aplicando un software comercial que calcula de acuerdo con la metodología de la Norma ISO 9613 Parte 2. Es sabido que esta metodología puede incurrir en subestimaciones importantes en condiciones de estabilidad

atmosférica, situación que ocurre con cierta frecuencia especialmente por la noche. En una mirada rápida, esto está relacionado con la altura de la fuente, la imposibilidad de considerar que se trata de una fuente puntual a las distancias que pueden ser de interés –como asume la mencionada Norma al emplear una ley de cuadrática para la divergencia geométrica- y la posibilidad de efectuar las predicciones en escala A, de modo que los niveles de presión sonora en bajas frecuencias que son los que realmente resultan problemáticos pueden no quedar expresados en forma explícita.

Ambas etapas del proyecto fueron autorizadas y están construidas y operativas. Sin embargo, en ocasión de efectuar algunas mediciones de niveles de presión sonora en la zona con la primera etapa del parque en operación, los valores obtenidos en horario nocturno superaban a los predichos en la modelación por hasta 6 dB. Las mediciones se efectuaron con un sonómetro Brüel&Kjaer 2250 (Clase 1) a una altura de 1,20 m sobre el nivel del suelo.

En la Figura 1 se muestran los niveles de presión sonora calculados según ISO 9613-2 y medidos en campo a distancias comprendidas entre 100 m y 1000 m del aerogenerador más próximo, en una noche con condiciones de atmósfera neutra. No aparecen discrepancias demasiado importantes y cuando las hay, las predicciones de la Norma están del lado de la seguridad, es decir, la predicción es mayor que el valor que efectivamente ocurre en la realidad.

Las mediciones cuyos resultados se muestran en la Figura 2 se efectuaron en los mismos puntos y con el mismo equipo que en el caso anterior. En esta ocasión, aparecen mayores discrepancias entre los niveles medidos y calculados, con diferencias que alcanzan los 6 dB en los horarios en que ocurren las condiciones de mayor estabilidad atmosférica. Las diferencias indican subestimaciones en los niveles calculados según ISO 9613:2 en relación a los niveles medidos.

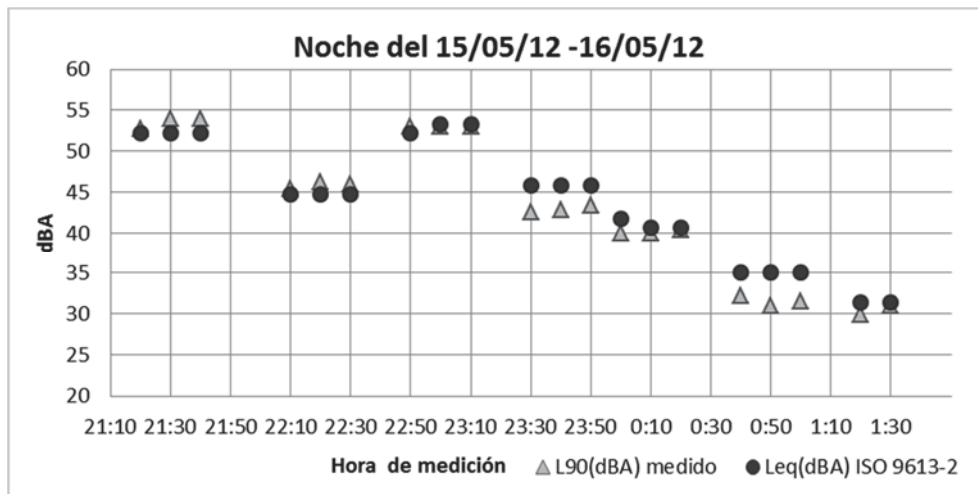


Figura 1. Niveles de presión sonora medidos y calculados según ISO 9613:2; atmósfera neutra (tomado de González et al., 2012)

Hasta donde se sabe, las autoridades no han recibido quejas ni denuncias formales de los vecinos de la zona en relación a molestias ocasionadas por el ruido de los aerogeneradores. Sin embargo, debe evitarse insistir en el uso de instrumentos predictivos que han dado lugar incluso a conflictos binacionales en Europa (Van den Berg, 2006). En ese sentido, el equipo de investigación que suscribe esta comunicación trabaja activamente para lograr una mejor formulación de este modelo predictivo (González et al., 2012).

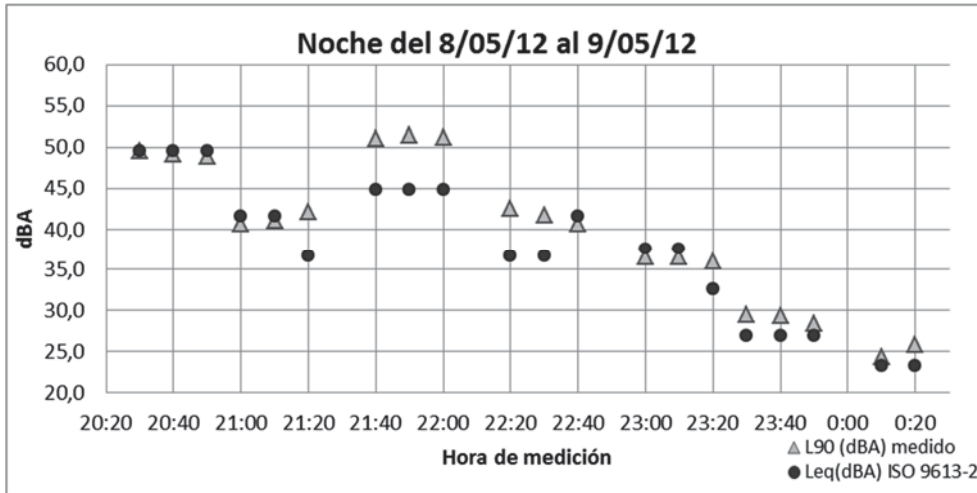


Figura 2. Niveles de presión sonora medidos y calculados según ISO 9613:2; atmósfera estable (tomado de González et al., 2012)

3.2 Incremento del tránsito pesado asociado a un puerto en una zona balnearia

La reactivación de un puerto enclavado en una zona balnearia de la costa oceánica del país, que históricamente había sido destinado principalmente a la pesca artesanal, implica modificar su vocación y convertirlo en puerto maderero. Su ubicación es estratégica para la salida de madera en rolos, lo que requiere amplias playas de acopio y un fuerte incremento en el tránsito pesado hacia y desde el puerto – cuyo acceso ferroviario no está operativo-, además de dragado y otras operaciones permanentes de mantenimiento.

Uno de los principales reclamos de los lugareños se refiere a las consecuencias asociadas con el incremento del tránsito de cargas, entre las que se menciona el ruido asociado con los camiones y con las operaciones en el puerto. Ante estas inquietudes, las autoridades decidieron no permitir el tránsito de camiones madereros hacia el puerto durante la temporada alta y efectuar un conjunto de estudios tendientes a cuantificar algunos posibles impactos ambientales.

Se efectuaron mediciones de niveles de presión sonora y conteos de tránsito clasificado en varios puntos seleccionados, en zonas adyacentes a las vías de tránsito de camiones, en la zona turística propiamente dicha, los accesos al puerto, playa de maniobra y muelle de carga. Se pudo constatar que los niveles de presión sonora se modifican dentro del recinto portuario, pero no se observaron modificaciones significativas en su área de influencia directa. Debido a los elevados niveles que se registran en temporada a causa del intenso tránsito y las actividades turísticas, tampoco es esperable que se registren cambios significativos en los niveles sonoros donde la fuente principal es el tránsito.

En la figura 3 se indican los puntos de medición seleccionados en relación al camino para tránsito pesado.

P1 y P2 son los extremos de la Av. Los Delfines, que va desde la Costanera (vía de tránsito lento por la que no transitan buses en ninguna época del año) a la Ruta 15 (Ruta Nacional que une las ciudades de La Paloma y Rocha, por la que transitan todos los servicios de transporte colectivo de pasajeros; éstos son mucho más frecuentes en alta temporada).

P3 se ubica en la intersección del camino para tránsito pesado y la Costanera, punto que marca el inicio del acceso portuario.

Por último, P4 se ubica próximo al camino para tránsito pesado y al acceso al Balneario Costa Azul. Los servicios de transporte colectivo que ingresan al Balneario lo hacen por esta vía. Esta zona no está demasiado orientada al turismo, debido a la mayor distancia a la costa y el hecho de que se trata de playas más peligrosas.

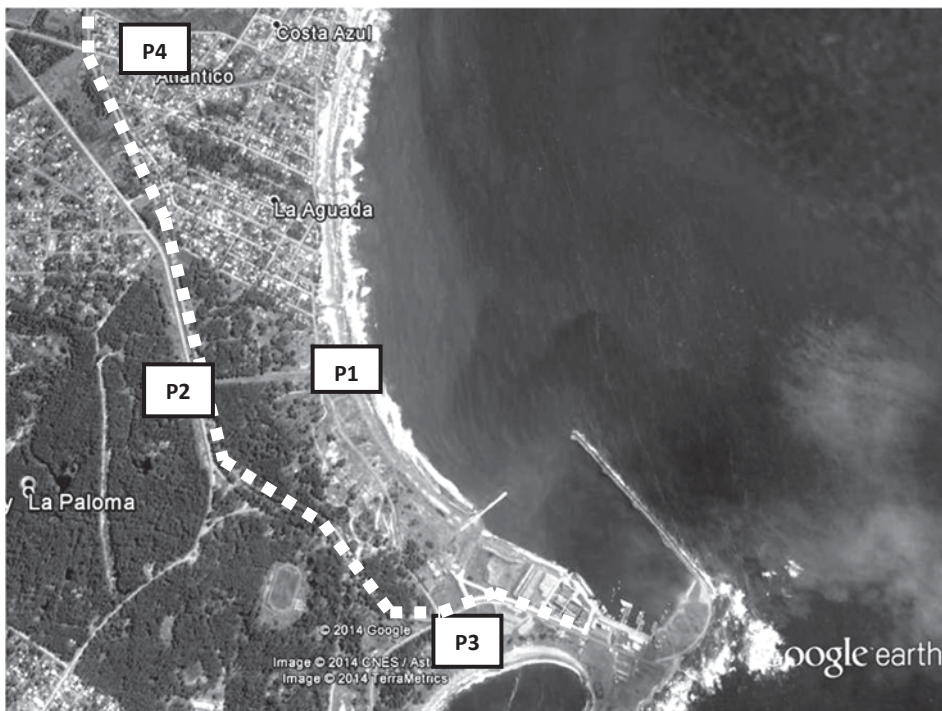


Figura 3. Ubicación de los puntos de medición de ruido ambiental y camino para tránsito pesado –en línea a trazos– (elaboración propia sobre imagen de Google Earth®)

En la tabla 1 se indican los niveles de presión sonora y el tráfico clasificado correspondientes a un período de 1 hora en horario diurno y en alta temporada, obtenidos a partir de mediciones en el mes de enero de 2014.

También se presentan allí los respectivos valores para baja temporada; se trata de estimaciones de tránsito horario y los correspondientes niveles de presión sonora calculados considerando la composición del mismo. Dado que el puerto está autorizado a mover solamente 250.000 Ton/año de madera, el flujo de camiones se ha estimado en 20 unidades/hora, tomando en consideración que el transporte de esta carga sólo está autorizado durante unos 7,5 meses para no interferir con las actividades turísticas. Se asume asimismo que cada camión que llega cargado debe regresar por el mismo camino.

Los niveles de presión sonora para la condición de baja temporada se han obtenido aplicando el modelo francés (CETUR, 1997), que es el más utilizado en los estudios ambientales que se realizan en Uruguay.

$$L_{Aeq,1h} = 20 + 10 \log (Q_{vl} + E Q_{vp}) + 20 \log v - 12 \log (d + l_c/3) + 10 \log (\theta/180) \quad (1)$$

Siendo: $L_{A,eq,1h}$ = nivel sonoro continuo equivalente en dBA; Q_{vl} , Q_{vp} = número de vehículos ligeros y pesados respectivamente (por hora); E = factor de corrección por equivalencia acústica entre vehículos ligeros y pesados. Para pendientes de la calzada de hasta 3 % toma valor 7; V = velocidad del flujo vehicular en km/h; D = Distancia al borde de la carretera en m; l_c = ancho de la carretera en m; θ = ángulo de visión.

Primeramente se ajustaron las velocidades en las proximidades de cada punto a partir de los datos de campo, de modo de reproducir en forma ajustada los niveles sonoros medidos; en todos los casos se logró una precisión de ± 1 dB. Luego se calcularon los niveles de presión sonora en cada punto manteniendo la velocidad pero tomando los valores estimados de flujo vehicular clasificado para baja temporada.

Tabla 1. Flujo vehicular horario y niveles de presión sonora en los puntos analizados

Temporada	P1		P2		P3		P4	
	Alta*	Baja**	Alta*	Baja**	Alta*	Baja**	Alta*	Baja**
Tránsito total	364	180	615	180	370	142	94	120
Livianos	336	120	515	90	314	60	84	60
Buses	0	0	24	6	0	0	0	0
Motos	28	60	70	60	52	60	10	40
Camiones	0	0	6	24	4	22	0	20
$L_{Aeq,1h}$	65	62	70	67	64	62	56	60

Todos los valores de la tabla corresponden a horario diurno y 1 hora de duración.

* Alta temporada: valores obtenidos por conteo y mediciones realizados en enero de 2014

** Baja temporada: tránsito estimado para las condiciones del proyecto; niveles sonoros calculados a partir de él.

En la tabla 2 se resumen los resultados en cuanto a variación en el tránsito horario total y en el valor de $L_{Aeq,1h}$. Dado que la condición que interesa evaluar son los de baja temporada (condición que se asocia con el flujo de camiones madereros), las diferencias se expresan como valores de baja temporada menos los de alta temporada.

Tabla 2. Flujo vehicular horario y niveles de presión sonora en los puntos analizados

Temporada	P1		P2		P3		P4	
	Alta*	Baja**	Alta*	Baja**	Alta*	Baja**	Alta*	Baja**
Tránsito total	364	180	615	180	370	142	94	120
% vehículos pesados	0	0	4,9	16,7	1,3	15,5	0	16,7
Tránsito Total (Baja – Alta)	- 184 (-51 %)		- 435 (-70 %)		- 228 (-62 %)		+ 26 (+7 %)	
$L_{Aeq,1h}$	65	62	70	67	64	62	56	60
$L_{Aeq,1h}$ (Baja – Alta)	-3 dB		-3 dB		-2 dB		+4 dB	

* Alta temporada: valores obtenidos por conteo y mediciones realizados en enero de 2014

** Baja temporada: tránsito estimado para las condiciones del proyecto; niveles sonoros calculados a partir de él.

Es interesante notar que en 3 de los cuatro puntos se tiene una reducción muy significativa en el flujo horario de tránsito total, lo que es acompañado concomitantemente por una reducción de los niveles de presión sonora. También queda en evidencia la importancia de la composición del tránsito: para valores iguales de tránsito total en los puntos P1 y P2, la presencia significativa de vehículos pesados redundaba en una diferencia que se estima en 5 dB.

Por último, es necesario señalar que el punto en que se espera el mayor impacto es P4, con un incremento en el $L_{Aeq,1h}$ de 4 dB; en los otros 3 puntos se esperan niveles menores que en alta temporada.

Si bien en P4 ocurren los niveles de presión sonora más bajos tanto en temporada baja como alta, y cumplirían con los estándares propuestos en Uruguay, esto no es suficiente para considerar que el impacto acústico esperado es o nulo o admisible, ya que el incremento en el $L_{Aeq,1h}$ es significativo y puede generar molestias a los vecinos; esto sin agregar que además se espera un incremento en el contenido energético en bajas frecuencias, debido a la mayor presencia de vehículos pesados en el tránsito diurno.

4 CONCLUSIONES

La calidad acústica ambiental es muchas veces subestimada e incluso desestimada a la hora de diseñar y aplicar medidas de gestión ambiental. Los mayores riesgos para la sociedad derivan de que no se le asigne su merecida importancia en instancias preventivas como pueden ser el desarrollo de instrumentos de ordenamiento territorial o los procesos de evaluación de impacto ambiental.

Los costos que pueden sobrevenir de esas subestimaciones van desde aquellos costos directos

de cuantificación inmediata a otros mucho menos obvios de cuantificar, como los costos vinculados al deterioro de la salud, el incremento de problemas de aprendizaje en niños, la contribución a desequilibrios ecológicos locales o a la escalada de la violencia en la sociedad.

A partir de los dos casos reseñados se observa que las reacciones de la población no son fácilmente predecibles: en un caso en que se registra objetivamente un incremento de los niveles sonoros previstos en el correspondiente EslA no se han registrado quejas ni denuncias durante varios años de operación del emprendimiento; en el otro, el supuesto incremento en los niveles sonoros ambientales que argumentaban los vecinos en la zona turística no se verificó, pero tampoco se modificó su oposición a la reconversión portuaria. Asimismo, el punto en que se registra el mayor incremento en los niveles de presión sonora no está ubicado en la zona turística por excelencia, por lo que no se visualiza como punto sensible aunque es el único en que podría argumentarse objetivamente un decremento de la calidad acústica a causa del tránsito pesado.

La consideración temprana de la variable acústica en la gestión ambiental puede contribuir a evitar cierto nivel de conflictividad, por lo que no deben escatimarse esfuerzos para lograrlo. Es conveniente tener siempre en cuenta que una vez instalado un problema de ruido, suele ser muy difícil de revertir.

REFERENCIAS

Arroyave, M. P. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo, *Revista EIA*, ISSN 1794-1237 N.5 : 45-57, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín, Colombia, Junio 2006. <http://revista.eia.edu.co/articulos5/art35.pdf>

Bearer, C.F. Noise 2004. En: *Children's health and the environment. A global perspective. A Resource Manual for the Health Sector*, Section III: Specific Environmental Threats. J. Pronczuk de Garbino, Editor-in-Chief. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2004.

CETUR 1997. *Bruit des infrastructures routières: Méthode de calcul incluant les effets météorologiques (NMPB-Routes-1996)*, Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme, Paris, 1997.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación COITT (2008) *Libro blanco sobre el ruido ambiental en la sociedad y su percepción por parte de la ciudadanía*. Madrid, abril de 2008.

Comisión de las Comunidades Europeas 1996. Política Futura del Lucha contra el Ruido. *Libro Verde de la Comisión Europea*. Bruselas, Bélgica.

Diario Oficial de las Comunidades Europeas L189/12 2002. *Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental*.

Fastl, Hugo; Zwicker, Eberhard 2007. *Psychoacoustics. Facts and Models*. 3rd Edition, Springer 2007.

Fuertes Sánchez, L.M. El croar de las ranas, vital para su supervivencia, *Periódico de la Universidad Nacional de Colombia, Unimedios*, No. 135, 2010. <http://www.unperiodico.unal.edu.co/vpp/article/el-croar-de-las-ranas-vital-para-su-supervivencia>

GESTA Acústico (2013). Documentos internos de discusión inéditos.

González, A. E. 2011. Mapas acústicos: Mucho más que una cartografía coloreada. *Congreso Latinoamericano de la Audio Engineering Society AES 2011, Congreso de la Sociedad de Ingeniería de Audio*. Montevideo, Uruguay, agosto 2011.

González, A. E. (2012a). Contaminación Sonora y Derechos Humanos. Serie Investigaciones: Derechos Humanos en las Políticas Públicas, N° 2. *Defensoría del Vecino de Montevideo, 2012*. Disponible en: <http://www.defensordelvecino.gub.uy/IMAGENES/Foro%20Defensor%3%ADas%20Locales/DDHHA.pdf>

González, A. E. 2012b. Noise Sources in the City: Characterization and Management Trends. En: Siano D. (Ed.) *Noise Control, Reduction and Cancellation Solutions in Engineering*. InTech, Croatia (2012) ISBN 978-953-307-918-9

González, A.E.; Bianchi Falco, F.; Cunha Apatie, N.; Lisboa, M.R.; Rezzano Tizze, N. 2012. Informe de Cierre. Subproyecto A: Metodología para estudiar el Impacto Acústico de Aerogeneradores de Gran Porte en Ambientes Rurales. *Actividad Específica. Convenio Marco entre la Universidad de la República – Facultad de Ingeniería y el Ministerio de Industria, Energía y Minería – Dirección Nacional de Energía*. Montevideo, Uruguay, diciembre 2012.

Jiménez, S.; Romeu, J.; Cardona, J.; A. Sánchez A. y Alsina, A. Ruido de tráfico, movilidad y planificación urbanística, en: *Tecniacústica 2006*, Gandía, España.

Kogan Musso, P. 2004. *Análisis de la eficiencia de la ponderación “A” para evaluar efectos del ruido en el ser humano*. Valdivia, Chile.

Martínez de Anguita, Pablo 2006. *La Planificación Física. Taller de pago por servicios ambientales*. Buenos Aires, octubre de 2006.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2006). *Resolución Número 627 de 07 de abril de 2006 por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental*. Bogotá, Colombia.

Niemann, H.; Maschke, Ch. 2004. WHO LARES. Final report: Noise effects and morbidity. *Interdisciplinary research network “Noise and Health”*.

Ramírez, J. M. 2006. Bioquímica de la agresión. *Psicopatología Clínica, Legal y Forense*, Vol. 5, 2006, pp 43 - 66.

República Oriental del Uruguay 2008. *Ley N° 18308 de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible*. *Diario Oficial N° 27515, 30 de junio de 2008*. Disponible en <http://www.parlamento.gub.uy/leyes/>

Schreckenber D, Griefahn B, Meis M. The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance. *Noise Health [serial online]* 2010; 12:7-16. Available from: <http://www.noiseandhealth.org/text.asp?2010/12/46/7/59995>

Van den Berg, G. P. (2006) *The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise*. PhD Thesis from the University of Groningen, Netherlands. Mayo, 2006.

Planejamento para Elaboração de um Mapa acústico no Município de Frederico Westphalen

Alessandro Alves

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil
alessandro@uri.edu.br

Claudia Gaida

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil
gaida@uri.edu.br

Cristhian Brum

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil
brum@uri.edu.br

Angélica Vestena Baggiotto

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Rio Grande do Sul, Brasil
angelicavbaggiotto@hotmail.com

Joani Covaleski

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil
cvk.joani@hotmail.com

ABSTRACT: The acoustic maps are of paramount importance, through these surveys can be an overview of the sound environment of cities and allows that the management of the environmental control can reflect on the normative gaps. So we can get back to training and community awareness on the issue in question, assuming that noise is not an evil that must endure passively, but rather an agent of environmental contamination and irreparable damage to the population generator, featuring itself as a problem of public health. The main function of a sound mapping is to provide accurate diagnoses through the acoustic environment, highlighting the critical points of the city, as well as areas of the same tranquility. This work applies an existing one for the preparation of maps acoustic methodologies, conducting a sampling in the central area of Frederico Westphalen and thus guided by the results obtained performing an acoustic map of the municipality.

Keywords: acoustic maps, sound environment.

RESUMO: Os mapas acústicos são de suma importância, através destes levantamentos consegue-se um panorama do ambiente sonoro das cidades e permite-se que órgãos de gestão do controle ambiental possam refletir sobre as lacunas normativas. Assim pode-se voltar à formação e conscientização da comunidade diante da problemática em questão, partindo do princípio de que o ruído não é um mal que se deva suportar passivamente, mas sim um agente de contaminação ambiental e gerador de danos irreparáveis à população, caracterizando-se como um problema de saúde pública. A principal função de um mapeamento sonoro é proporcionar diagnósticos precisos do meio ambiente acústico, evidenciando os pontos críticos da cidade, bem como as áreas de tranquilidade da mesma. Nesse trabalho aplica-se uma das metodologias existentes para a elaboração de mapas acústicos, realizando uma amostragem em área central de Frederico Westphalen e assim, através dos resultados obtidos nortear a realização de um mapa acústico do município.

Palavras-chave: mapa acústico, ambiente sonoro.

1. REVISÃO TEÓRICA SOBRE MAPEAMENTO SONORO E O CONFORTO ACÚSTICO

1.1 Conforto Acústico e Planejamento Urbano

O conforto possui um caráter subjetivo, e é definido pela sensação de bem-estar e influenciado por vários fatores. Dessa forma, com o grande avanço nas intervenções humanas no meio-ambiente, que causam grandes distúrbios no clima, têm-se cada vez mais fontes de poluição, que dentre elas, nota-se a crescente influencia da poluição acústica na qualidade de vida nos grandes centros. O som é definido “como uma forma de energia que é transmitida pela colisão de moléculas, umas contra as outras, sucessivamente.” (Gerges, 2000). Já o ruído é tido como um tipo de som, mas o som não é considerado necessariamente um ruído. Salienta-se que o ramo da física que estuda o som, a acústica, analisa desde a sua geração ate a relação entre o ruído do ambiente e seus efeitos na saúde humana, que podem ser descritos através de mecanismos fisiológicos (Alves, 2013).

As perturbações geradas pela exposição dos seres humanos ao ruído ambiental desencadeiam efeitos na saúde como perturbações no sono, aborrecimentos e estresse e, além disso, com um grande período de exposição, pode-se aumentar o risco de doenças cardiovasculares e distúrbios psiquiátricos. Dentre os principais problemas destacam-se as perturbações do sono, considerada como o maior efeito causado pelo ruído, provocando dificuldade em adormecer, despertar e alterações nos estágios do sono ou na sua profundidade (Alves, 2013). Tendo em vista que um dos requisitos para uma boa função fisiológica e mental do indivíduo é um sono sem interrupções, nota-se que os efeitos causados pelo ruído vão além destes distúrbios, incluindo, como efeitos secundários a fadiga, alterações no humor e no bem-estar e também diminuição no desempenho das atividades diárias.

Especialmente no Brasil, as pessoas têm por tendência considerar – equivocadamente – o ruído urbano como uma consequência normal da urbanização e que seu controle não é possível de ser feito, conformando-se com tal situação. A definição de incomodo sonoro é tida muitas vezes como a sensação de desconforto, um sentimento de insatisfação, de ressentimento, de descontentamento ou ofensa quando o ruído existente interfere nos pensamentos, atividades ou sentimentos (Paixão, 2012).

Para que haja um controle sobre os níveis admissíveis de ruído em centro urbanos, orienta-se que sejam desenvolvidas medidas para garantir a manutenção de acordo com as diferentes situações de horários e locais, levando em consideração a zona em que se encontra e as atividades que ali são realizadas, para que dessa forma possam ser fiscalizadas as atividades que ocorrem e os níveis de ruído que geram. Ainda na escala urbana, a importância da previsão do impacto acústico gerado pelas mudanças em sistemas viários é correlacionada em usos do solo e na arquitetura implantada, para que sejam evitados erros de caráter, e para que estes não comprometam o desenvolvimento e a expansão das cidades (Nagem, 2004).

Através dessa análise onde pode se observar a relação intrínseca entre conforto acústico, bem estar e saúde, vê-se que a elaboração de um mapa acústico, que informe as diretrizes e os pontos críticos para a saúde auditiva se faz infimamente importante no tange ao planejamento bioclimático dos municípios, visando também seu crescimento planejado de forma que possam ser evitados problemas maiores no futuro.

1.2 Fontes de Ruído Ambiental: Influências no Conforto Acústico

Para Lima (2011) deve se considerar o impacto de vizinhança que um empreendimento provoca ao ser inserido em um determinado espaço e região, como por exemplo, o aumento do tráfego rodoviário e de pessoas. E, além disso, outra fonte sonora prejudicial à saúde é o ruído que provém do tráfego aéreo, sabe-se que este pode gerar grandes danos aos que permanecem ou estão nas imediações dos aeroportos comerciais ou mesmo os militares, o momento mais crítico

são as decolagens que causam além do ruído intenso, vibrações também, com elevados níveis de pressão sonora, principalmente nas baixas frequências.

Todavia, mesmo com a verificação de muitos estudos em função dos ruídos que proveem de tráfego nota-se ainda, que há uma deficiência com relação á estudos feitos especificamente em relação ao ruído urbano e o impacto causado pela vizinhança. Tem-se ainda, como fonte problemática de ruído ambiental, os ruídos de construção, doméstico e de atividades lúdicas e entretenimento, que são denominados de ruídos comunitários, que afetam significativamente conforto humano, principalmente devido ao ruído que provém de vizinhos, vozes, música e espetáculo no entorno em que a edificação está envolvida (Alves, 2013).

Trabalhar com o controle do ruído comunitário envolve a medição do nível global de ruído, sem levar em conta uma dada posição de determinada fonte, mas sim a consideração de mais de uma fonte e a reflexão sofrida pelos objetos (Alves, 2013).

Dessa forma, a estratégia para o controle do ruído comunitário possui como principais metas proteger as pessoas dos ruídos invasivos que provocam incômodos e alterações na qualidade de vida. Na elaboração do planejamento urbano e regional, é necessário considerar iminentemente o ruído, para que este condicionante ambiental que esta cada vez mais presente nas mais diversas áreas urbanas seja mais facilmente controlado e detectado em futuras avaliações, e permita também uma melhor verificação no processo de ordenamento do solo. E nesse intuito vê-se a grande importância de mapas acústicos, onde através deles podemos visualizar o panorama do ambiente sonora na cidade, e não somente tê-los como problemas, mas como auxílio de ínfima importância para que gestores verifiquem as lacunas nas normas e diretrizes que regulamentam o município.

1.3 Mapas acústicos e sua correlação com planos diretores

O uso de mapas acústicos contribui para que, através da coleta dos dados que se reportam a poluição sonora urbana, possa-se conscientizar e informar sobre os riscos que a exposição diária ao ruído pode causar a saúde. Com vistas a isso, tem-se que a paisagem sonora esta sendo cada vez mais importante para o planejamento urbano, já que esta não é somente um elemento físico, mas um importante meio de comunicação do homem com o meio ambiente urbano (Allpe Medio Ambiente, 2014).

Para chegar a um correto planejamento os responsáveis devem compreender a importância da paisagem sonora nos projetos urbanos e a sua relação direta com os diferentes elementos que interagem entre si (Alves, 2013).

A poluição sonora decorre do ruído e é delimitada por normas técnicas as quais definem os limites dos níveis de pressão sonora a partir dos quais este se torna prejudicial e perturbador á saúde. Através da definição dada pela Lei nº 6.938/81, da Política Nacional do Meio Ambiente, no seu art. 3º, vê-se que a poluição sonora enquadra-se no item e pelo fato de o som se propagar em ondas sonoras, que transportam energia através do meio (Gerges, 2000).

Em suma, através do atendimento integral do problema de ruído, como uma ferramenta constituinte do planejamento de cidades, constitui-se a chave que abrirá a porta para o caminho do equilíbrio ambiental.

2. DIRETRIZES PARA MAPEAMENTO DO RUÍDO AMBIENTAL

Através da leitura de textos relacionados com o mapeamento acústico e suas diretrizes, como segundo a Agência Portuguesa do foi possível obter diretrizes básicas que foram definidas previamente, na etapa de planejamento do mapeamento sonoro, o número de pontos de medição, sua distribuição espacial e a localização dos pontos; dias, horários e duração das medições; equipamentos a serem utilizados, configuração e posicionamento destes, entre

outras características necessárias para um levantamento confiável (Amadora, 2011; Nagem, 2004).

2.1 Definição dos pontos, horários de medição e duração das medições

Localizada ao norte do Estado do Rio Grande do Sul, a cidade de Frederico Westphalen tornou-se um polo regional por apresentar aos municípios do Médio Alto Uruguai o acesso a uma universidade como apresenta a figura 1:



Figura 1. Localização regional do Município de Frederico Westphalen, RS. Fonte: NAPLAN, URI (2014). Figura 2. Área de estudo no Município. Fonte: Adaptado do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Frederico Westphalen (Ferrari, 2010).

A área escolhida para análise no município foi à avenida central, onde inicialmente foram eleitas três quadras da via que possui grande concentração de movimento, estas quadras foram divididas com pontos a, no máximo, 20 metros de distância, sendo que nas esquinas essa distancia foi adequada para que ficasse igual em ambos os lados, permitindo assim uma medição nas esquinas em ambos os lados da quadra. A seguinte imagem exemplifica a via onde foram definidos os pontos, conforme a figura 2.

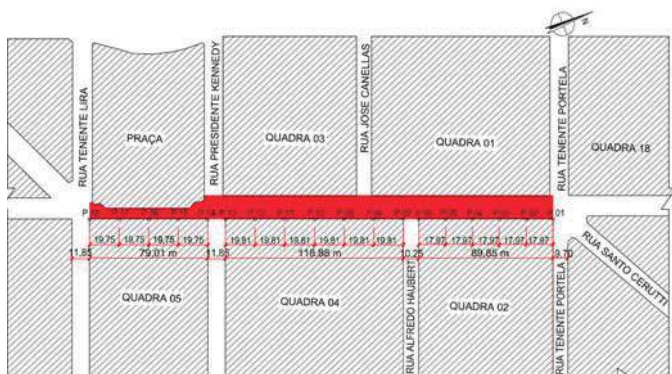


Figura 3. Mapa dos pontos sem escala.

Foram feitas as medições em três quadras, totalizando em 18 pontos, os horários escolhidos para realização das medições foram visando a melhor exemplificação da realidade vivida pelos que ali habitam. Sendo assim, no turno da manhã as medições se iniciaram às 09 horas e 55 minutos e terminaram às 11 horas e 54 minutos, no qual foi possível observar um grande fluxo de pedestres e veículos durante todo o período de medição. No turno da tarde as medições iniciaram às 14 horas e 53 minutos e terminaram às 16 horas e 40 minutos, visando analisar um fluxo médio de pedestres e veículos na via. Para o período da noite, as medições se iniciaram às 23 horas e 02 minutos e terminaram às 00 horas e 52 minutos, onde foi possível ver um grande fluxo de pedestres e veículos no começo das medições caracterizando os momentos de maior fluxo e decaindo proporcionalmente, conforme figura 3.

A duração das medições adotada foi de 5 minutos, tempo suficiente indicado para obtenção dos NPS e do desnível médio em cada ponto, possibilitando desta forma uma análise completa dos dados. Os dias escolhidos visaram mostrar a realidade urbana da cidade, sendo assim, foram feitas as medições em um dia típico, a terça-feira, dia 07, 08 e 10 de março de 2015.

2.2 Equipamentos utilizados

Para realização das medições foram utilizados os equipamentos descritos abaixo:

- Medidor de nível de pressão Sonora 01dB - BLACK SOLO 01 número de série: 65856, calibrado pelo INMETRO em 10/03/2014, certificado de calibração nº RBC3-8834-368 processo nº 14141;
- Calibrador de nível de pressão Sonora 01dB - CAL 21 número de série: 34634214, calibrado pelo INMETRO em 10/03/2014, certificado de calibração RBC2-8834-611 processo nº 14141
- Microfone 01dB - MCE 212, número de série: 153606, calibrado por *Prepolarized Free Field Microphone* em 09/10/2013.

3. LEVANTAMENTO DAS MEDIÇÕES

As medições noturnas foram realizadas nos pontos 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,e 18, conforme demonstrados na Figura 3, durante 5 minutos cada ponto, conforme dados expostos nas tabelas 1, 2 e 3 abaixo.

3.1 Medição Noturna

O levantamento acústico no período da noite teve início às 23 horas e 02 minutos (GMT-Brasília), e o resultado obtido está descrito na tabela 1.

Tabela 1. Dados coletados na medição Noturna

Ponto	Itens avaliados	Leq
01	Esquina - 51 veículos deslocando, carro acelerando, veículo com som forte passando, apresentação musical em uma lancheria a 50 m do ponto de medição.	67,8 dB
02	Pessoas caminhando e conversando e 52 veículo em movimento, carro com som forte deslocando, apresentação musical em uma lancheria a 32 m do ponto de medição.	70,1 dB
03	Pessoas conversando, 45 carros em movimento, música ao vivo na lancheria que se encontra distante 16 m do ponto de medição.	73,2 dB
04	Pessoas conversando e descendo a escada do apartamento próximo, som de musica ao vivo na lancheria a 34 m de distancia, 55 veículos em movimento incluindo carros com som alto.	66,2 dB
05	Carro saindo do estacionamento, veículos passando com som forte, pessoas conversando, som de música ao vivo na lancheria a 52 m do ponto de medição, 55 veículo em movimento.	65,7 dB
06	Esquina em frente – som de música ao vivo aos fundos, pessoas conversando, 35 veículo passaram, alguns com som forte.	60,5 dB
07	Pessoas conversando, 43 veículo passaram, alguns com som forte.	60,0 dB
08	Encontro de ruas, 51 veículo em movimento, alguns com som forte.	67,3 dB
09	Pessoas conversando próximo, e 33 veículo deslocando, alguns com som forte.	72,0 dB
10	44 veículo passando, alguns com som forte.	61,6 dB
11	Pessoas conversando, carro com som passando e 37 veículos deslocando e veículo saindo do estacionamento.	61,9 dB
12	Esquina – objeto metálico sendo derrubado, veículos saindo do estacionamento, pessoas conversando.	65,3 dB
13	Esquina - 34 veículos passando, veículo com som se deslocando.	61,3dB
14	36 veículos passando, pessoas caminhando, pessoas gritando.	60,7 dB
15	32 veículo passando, alguns com som forte.	62,2 dB

Ponto	Itens avaliados	Leq
16	41 Veículos passando, pessoas cantando no carro.	63,8 dB
17	20 Veículos passando e alguns com som forte, sino da igreja tocando, moto saindo do estacionamento sem o silenciador, pessoas passando conversando.	61,3 dB
18	Rótula (encontro de 5 ruas) – 18 veículos passando, pessoas conversando no restaurante da esquina, veículo se deslocando com som forte.	56,2 dB

O levantamento acústico teve o maior índice no ponto 3 com média de 73,2 dB, em virtude de no momento da medição a uma distancia de 16m estar acontecendo uma apresentação musical, além dos ruídos de veículos e pessoas próximas ao local. Já o ponto 18 que obteve a medição realizada no horário da 00: 47 até 00: 52 do dia 08/03/2015 teve a menor média, por consequência de nesse horário haver pouco movimento de veículos e pessoas, podendo assim caracterizar o ruído de fundo desta zona urbana da cidade.

3.2 Medição Vespertina

O levantamento acústico no período da tarde teve inicio as 14 horas e 53 minutos (GMT-Brasília), e o resultado obtido está descrito na tabela 2.

O levantamento acústico apontou como maior média o ponto 10, que apesar de haver pouco movimento de veículos e pessoas no momento, o ruído gerado pelo latido dos cães na rua e nas edificações vizinhas foi bem forte chegando a 77 dB registrados no momento da medição, aumentando a média desse ponto. Já o ponto 13 obteve a menor média de medição em virtude de não haver muito movimento de carros, e os veículos estarem passando pelo local com velocidade reduzida e sem gerar grandes ruídos.

Tabela 2. Dados coletados na medição vespertina

Ponto	Itens avaliados	Leq
01	Esquina Pessoas conversando, 28 veículos passando, pessoas passando e falando no celular, ruído semelhante a batidas de martelo em uma residência próxima.	65,7dB
02	Pessoas caminhando e conversando e 27 veículos passaram, buzina de veículos.	61,6 dB
03	27 veículos passando, pessoas conversando na sorveteria e som de televisão no estabelecimento, além do aparelho de fazer sorvete funcionando por alguns minutos, veículo saindo do estacionamento.	63,0 dB
04	20 veículos passando, pessoas caminhando e conversando, carros saindo do estacionamento e/ou estacionando, carro ligado no estacionamento e com som, moto acelerando na esquina.	66,6 dB
05	21 veículos passaram e pessoas caminhando e conversando, latido de cão, veículo passando com som forte.	60,0dB
06	Esquina - 25 veículos passando e pessoas conversando na sorveteria próxima, carro com som passando, veículo saindo estacionamento, som de música na loja de roupas.	58,5 dB
07	Esquina – 30 veículos passando, pessoas conversando, som de loja próximo, carro saindo do estacionamento, carro com som passando.	61,0 dB
08	Encontro de ruas, pessoas conversando na frente da loja de roupas, veículo com som passando, som de música na loja próxima, 34 veículos passando.	60,0 dB
09	Pessoas caminhando, som de música na loja de roupas próxima, e 25 veículos passando e alguns com som.	60,2 dB
10	Som de música na loja, 19 veículos passaram e veículos com som, latido de cão, carro buzinando, pessoas conversando.	68,5 dB
11	25 veículos passando, pessoas caminhando e conversando, veículos saindo do estacionamento, carro passando com som. Estouro forte em um dos veículos que estava passando.	68,4 dB

Ponto	Itens avaliados	Leq
12	Pessoas conversando no interior da farmácia Carro com som, 30 veículos passaram, pessoas caminhando e conversando, veículo saindo do estacionamento.	59,9 dB
13	Esquina - 21 veículos passando, pessoas caminhando e conversando e carro com som, veículo ligado no estacionamento por algum instante.	58,1 dB
14	Esquina - 34 veículos passando, pessoas falando na praça, carro com som passando.	61,6 dB
15	Pessoas tocando violão e cantando na praça, pessoas conversando e 18 veículos passando.	59,3 dB
16	19 veículos passando, incluindo alguns com som, pessoas conversando na praça, ruído gerado pelo transformado no poste ao lado, carro estacionando com som ligado, batida de porta de veículo, sino da igreja tocando.	58,6 dB
17	25 Veículos passando e som aos fundos, pessoas conversando na praça, veículo com som ligado passando.	62,5 dB
18	Rótula (encontro de 5 ruas) – 33 veículos passando, som de alarme de carro disparando distante, carro com som passando, pessoas conversando na praça, lata batendo por causa do vendo na fachada de uma loja de calçados	59,6 dB

3.3 Medição Matutina

O levantamento acústico no período da manhã teve início às 23 horas e 02 minutos (GMT-Brasília), e o resultado obtido está descrito na tabela 3.

Tabela 3. Dados coletados na medição matutina

Ponto	Itens avaliados	Leq
01	Esquina - 64 veículo passando, ruído gerado no posto de combustível (carro sendo lavado), Pessoas conversando, ar-condicionado da loja próxima ligado, pedestre passando com salto alto.	64,6 dB
02	48 veículos passando, Pessoas caminhando e conversando, ruído gerado pela lavagem de carro no posto de combustível, som de música da loja na frente, ruído semelhante ao um esmerilho gerado por equipamento de obras em uma residência distante.	60,8 dB
03	Moto estacionada próximo ligada por dois minutos, pedestres passando, clientes conversando nos fundos da loja próxima, moto acelerando na esquina, portão de ferro da sorveteria sendo aberta, caminhão deslocando, 38 veículos passando.	65,1 dB
04	Clientes conversando no interior farmácia, pedestre passando, sendo alguns com salto alto, portão de ferro da sorveteria sendo fechada, som constante de música na loja próxima, 41 veículo passando.	63,4 dB
05	Som constante de musica na loja de móveis, pessoas passando e conversando, 51 veículos passando, carro saindo do estacionamento, caminhão passando, ruído de portas de carro sendo fechadas.	62,7 dB
06	Esquina em frente – som de música na loja aos fundos, 72 veículo deslocando e pessoas conversando, caminhão passando, carro deslocando com som de propaganda.	68,5 dB
07	Veículo acelerando para dobrar a esquina, som de música e duas lojas próximas, carro com som de propaganda passando, pessoas conversando, 68 veículos passando.	70,8 dB
08	Encontro de ruas, duas lojas próximas com movimento de clientes e som, pessoas caminhando e conversando, 66 veículos passando.	67,6 dB
09	Pessoas caminhando, 51 veículos passando, caminhão passando, carro saindo do estacionando próximo, porta de carro batendo.	64,3 dB
10	Som de propaganda na loja, 42 veículo passando, som de buzina de veículo, carro estacionando e saindo do estacionamento, pessoas conversando, caminhão passando.	62,9 dB
11	Som constante de propagando na loja, pedestres passando conversando próximo, veículo acelerando, 52 veículos deslocando.	61,6 dB

Ponto	Itens avaliados	Leq
12	Esquina - veículos saindo e estacionando, carro com som de propaganda passando, pessoa lavando nos fundos da loja próximo, carro acelerando e 38 veículos deslocando.	66,2 dB
13	Esquina - 50 veículos passando e pedestres conversando, veículo com som deslocando.	65,5 dB
14	74 veículos passando, pessoas caminhando e conversando, e som de propaganda na loja, carro com som de propaganda passando, caminhão saindo do estacionamento.	68,9 dB
15	48 Veículos passando, proprietário fechando as portas do estabelecimento, som de propaganda da loja próxima, pedestre de deslocando com salto alto, carro com som de propaganda passando, pessoas conversando próximo, clientes falando nos interior da farmácia.	61,5 dB
16	46 Veículos passando, ruído gerado pelo transformador de energia elétrica no porte de iluminação próximo, ruído gerado por pessoas no interior da agência bancária e da farmácia próximo, sino da igreja tocando, carro com som de propaganda deslocando, pessoas passando e conversando.	64,6 dB
17	53 Veículos transitando, pedestres passando e conversando, som de pessoas falando no interior do estacionando próximo.	60,9 dB
18	Rótula (encontro de 5 ruas) – 66 veículos transitando, caminhão passando, som de música em um estabelecimento, carro estacionando, pessoas passando e conversando, carro estacionando e batida de porta do veículo.	62,9 dB

O levantamento registrou maior média no ponto 07, por consequência desse ponto no momento da medição ter ruído gerado por música forte em dois estabelecimentos comerciais próximo, além da grande quantidade de veículos transitando, sendo que um deles possuía som de propaganda, registrando no aparelho o NPS de 87,7 dB no momento que esse veículo passava. O ponto com a menor média registrada foi o 17, que apesar da grande quantidade de automóvel transitando pela rua, eles deslocavam lentamente, não gerando grandes ruídos.

A figura 4 mostra a panorâmica do ponto 18 em uma das medições noturna, onde possui o encontro de 5 ruas e faz é esquina com a praça.

A figura 5 mostra um croqui do ponto 01, onde possui o encontro de 5 ruas e faz é esquina com um posto de combustível. A figura 6 apresenta um croqui do ponto 13 e 14, onde possui o encontro de 4 ruas e faz esquina com a praça.

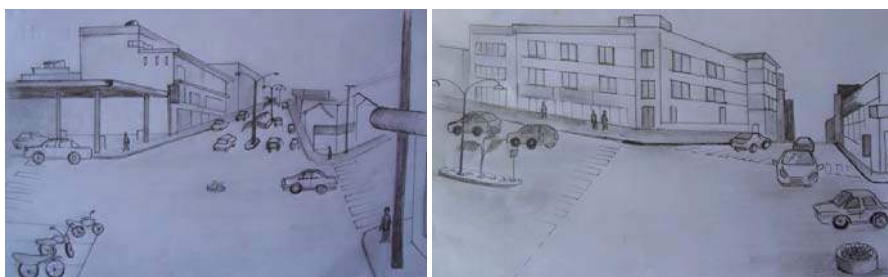


Figura 4. Panorâmica do ponto 18, medição noturna. Figura 5. Croqui ponto 1. Figura 6. Croqui pontos 13 e 14.

3.4 Resultado das medições

Através da equação 1 foi obtido o valor médio do nível de pressão sonora no trecho estudado, como apresenta a tabela 4.

$$Leq: \log (10^{n_{psi}/10}) \quad (1)$$

Tabela 4. Média obtida em cada período.

Período Medição	Valor Médio dB (A)
Matutino	64,60
Vespertino	61,83
Noturno	64,78
Média total	63,73

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento feito visou conhecer acusticamente a Avenida Central da cidade de Frederico Westphalen, e através das medições realizadas foi possível obter a média total de ruído da via que é 63,73 dB (A), também foi possível obter a média no período matutino de 64,60 dB(A), a média no período vespertino de 61,83 dB(A) e a média da medição noturna 64,78dB (A) . Com o resultado obtido comparou-se o valor com os índices indicados pela norma da ABNT - NBR10.151 como apresenta a tabela 5, e com a OMS- Organização Mundial da Saúde descrito na tabela 6.

Tabela 5. Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB (A), segundo a NBR 10151:2000.

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas.	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas.	50	45
Área mista, predominantemente residencial.	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa.	60	55
Área mista, com vocação recreacional.	65	55
Área predominantemente industrial.	70	60

Tabela 6: Impacto de ruídos na saúde humana. Fonte: WHO, 2011.

Intensidade dB(A)	Reação	Efeitos Negativos	Locais
Até 50	Confortável (Limite da OMS)	Nenhum	Rua sem tráfego
Acima de 50	O organismo começa a sofrer impactos do ruído		
De 65 a 70 (início das epidemias de ruído)	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente	Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o corpo dependente. Com isso, muitas pessoas já conseguem dormir com o rádio ou a tevê ligados.	Bar ou restaurante lotados

O levantamento realizado encontra-se incluso na seção de áreas mistas, predominante residencial, conforme o zoneamento do Plano Diretor do município. O local de estudo localiza-se na ZCI (Zona Comercial Um), porém os estabelecimentos comerciais que ali se encontram possuem apartamentos nos andares superiores.

Sendo o nível máximo de pressão sonora para o ambiente deve ser de 55 dB(A) diurno e 50 dB(A) noturno, e tendo vista que o nível verificado na via durante o dia foram de 64,60dB (A) e 61,83 dB(A) e a noite foi de 64,78dB (A), encontrando-se fora das normas de conforto para os usuários, e ultrapassando os níveis recomendados pela OMS - Organização Mundial da Saúde, pois

segundo a WHO (2011) elevados níveis de pressão sonora podem acarretar sérios problemas de saúde aos indivíduos que ali residem.

O alto índice de ruído registrado no período noturno deve-se ao fato de o centro da cidade ser bastante movimentado, em virtude da Rua do Comércio também abrigar locais como lancheria, pontos de venda de bebidas e boates, atraindo para essa rua grande número de jovens, conseqüentemente considerável concentração de veículos e demais fontes de ruído. Porém, o ruído que causa os maiores transtornos a moradores desse local são os carros com som forte que passam nessa rua, chegando a gerar vibração nas janelas de uma residência a 50m de distância do local onde este está se deslocando.

Vê-se, através do levantamento feito, que cada vez mais, o ruído ambiental tem se tornado realidade até mesmo nos pequenos centros urbanos, de modo que este começa a afetar a saúde e o bem estar dos indivíduos, ameaçando também em certos locais, a própria habitabilidade. Propor diretrizes urbanísticas e arquitetônicas para melhorar a qualidade de vida nestes ambientes é de suma importância, tanto quanto, a proposição de normas mais rigorosas referente ao alto nível de ruído produzido por veículos e pessoas, além da fiscalização por parte das autoridades competentes.

Também estratégias urbanas no início da própria urbanização, onde através do plano diretor pode-se determinar a posição de estabelecimentos como bares, boates e similares afastados de zonas residenciais, de forma que assim, venhamos a evitar problemas como estes e/ou problemas ainda maiores no futuro. Desta forma a ideia proposta por este estudo da criação de um Mapa Acústico para o município de Frederico Westphalen será importante para melhorar estas condições e proporcionar diagnósticos precisos do meio ambiente acústico.

REFERÊNCIAS

Allpe, Medio Ambiente. Mapas acústicos. Disponível em <http://www.allpe.com/seccion_detalle.php?idseccion=371> Acessado em: 22/03/2014.

Alves, Alessandro. 2013. Desenvolvimento de uma ferramenta para análise do estudo de impacto de vizinhança na área de emissões sonoras. Dissertação de mestrado. Santa Maria: UFSM.

Amadora. Agencia Portuguesa do Ambiente. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2011. Diretrizes para elaboração de mapas de ruído. Versão 3. Amadora, Grande Lisboa.

Assessoria Comunicação, Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen. Disponível em: <http://www.fredericowestphalen-rs.com.br/>. Acesso em: 06 de março de 2015.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 10.151: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 4p.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 10.152: Níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 7p.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 6p.

Brasil. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e da outras providencias. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 de setembro de 1981. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm> Acessado em 20/03/2014.

Gerges, S. N.Y. Ruído: Fundamentos e Controle. 2. ed. Florianópolis: UFSC, NR Editora, 2000. 600 e 676p.

LIMA, Simone de Nazaré Dias Pena, 2011. Análise de danos subjetivos do ruído urbano na população de Belém – PA. Dissertação de Mestrado. Belém: UNAMA.

Nagem, Miriam Pompeu, 2004. Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia. Dissertação de Mestrado. Campinas: UNICAMP.

Paixão, D. X. Ruído e Cidade: A necessidade de uma convivência harmônica em Santa Maria. In: Medina, O.; Martha, G.; González, A. E. (coord.). Ruido en ciudades latinoamericanas: Bases orientadas a su gestión. Primera edición. Orgánica Editores, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 2012.

World Health Organization. Night Noise Guidelines for Europe. Copenhagen: s. n., 2009.

Análise dos Estudos de Impacto de Vizinhança na área de emissões sonoras no município de Frederico Westphalen

Alessandro Alves

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil
alessandro@uri.edu.br

Claudia Gaida

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil
gaida@uri.edu.br

Cristhian Brum

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil
brum@uri.edu.br

Giovana Pavan

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil.
giovana_pavan@hotmail.com

ABSTRACT: The issue of noise is an intrinsic problem in cities, which expands rapidly and few people know the health risks due to noise pollution to which they are exposed and the importance of having minimum conditions of comfort. When the situation is prolonged discomfort can cause health hazards, ranging from irritability and stress, may even increase the risk of cardiovascular diseases and psychiatric disorders, depending in part on the individual characteristics. Since this is a public health problem and because of numerous flaws and loopholes, we seek from a case study to evaluate the management systems of the Studies of Neighborhood Impact (EIV's) in the city of Fredericksburg and set guidelines for standardized assessment of these studies in the municipality. The work also aims to develop methods that can be adapted and used in other municipalities. Search is thus improve quality of the soundscape of the city.

Keywords: noise pollution, soundscape.

RESUMO: A questão da poluição sonora é um problema intrínseco nas cidades, que se amplia rapidamente e poucas pessoas conhecem os riscos a saúde devido a poluição sonora a que estão expostas e da importância de ter condições mínimas de conforto. Quando a situação de desconforto é prolongada pode ocasionar danos à saúde, que variam desde irritabilidade e estresse, até podem aumentar o risco de doenças cardiovasculares e distúrbios psiquiátricos, dependendo em parte das características individuais. Sendo este um problema de saúde pública e em virtude das inúmeras falhas e brechas na legislação, busca-se a partir de um estudo de caso avaliar os sistemas de gerenciamento dos Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV's) na cidade de Frederico Westphalen, bem como definir diretrizes para padronização da avaliação destes estudos no município. O trabalho busca ainda desenvolver métodos que possam ser adaptados e utilizados em outros municípios. Busca-se assim melhorar qualidade da paisagem sonora da cidade.

Palavras-chave: poluição sonora, paisagem sonora.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Continuamente somos expostos a diferentes sons, mas em determinadas situações eles causam desconforto acústico, acarretando danos fisiológicos e psicológicos à saúde do indivíduo. Para que haja controle em relação aos impactos de vizinhança um município precisa de uma

legislação bem definida e métodos de avaliação claros, com a definição de itens mínimos a serem avaliados, seja para empreendimentos novos ou para estabelecimentos já fixados. A Lei Federal conhecida como Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, instituiu o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV). O documento afirma que a sua elaboração deverá seguir critérios mínimos para garantir a qualidade no entorno onde o estudo se fizer necessário e que os municípios devem legislar sobre o EIV a fim de definir quais empreendimentos devem apresentá-lo como condicionante para a sua aprovação.

Bistafa (2008) define som como a sensação produzida no sistema auditivo e ruído como um som sem harmonia, que em geral tem uma conotação negativa, mas é subjetivo. Os ruídos existentes em um ambiente são decorrentes das atividades realizadas neste local ou por atividades que geram ruído em ambientes vizinhos (Souza, 2006). Conforme diretrizes elaboradas pela World Health Organization (WHO; Organização Mundial da Saúde), as principais fontes de ruído ambiental são provenientes do tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, dos trabalhos de construção e de vizinhança (Berglund et al, 1999). Também conhecido como ruído urbano, pode ser encontrado em todos os lugares como parte integrante e inevitável na dinâmica das cidades atuais.

Os sons emitidos pelo tráfego como sons do motor; interação pneu/pavimento; buzinas; frenagens; derrapagens; aerodinâmico, ainda sons emitidos pelas construções, sons de conversas, de aparelhos eletrônicos, e demais sons que são intrínsecos do nosso cotidiano urbano, são agentes produtores de causas agressoras a saúde humana, o ruído é responsável pela poluição sonora ambiental. Que a longa exposição e/ ou intensidade causam danos físicos e psíquicos ao indivíduo.

Pelo ruído submeter à população cada vez mais a condições sonoras adversas, é fundamental estabelecer normas, métodos e ações para o controle do ruído excessivo que possa interferir na saúde e no bem-estar da população.

A poluição decorrente do ruído é delimitada por normas técnicas, NBR 10.151 e NBR 10.152, as quais definem os limites de nível de pressão sonora a partir dos quais este se torna prejudicial e perturbador à saúde (Gerges, 2000).

O Brasil carece de leis específicas e aprofundadas para combater a poluição sonora. As melhores referências de leis e normas a nível federal são as normas da ABNT acima citadas, as quais atualmente estão em processo de alteração, e o Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que junto com as resoluções do CONAMA, lançam diretrizes gerais para que cada município busque, no desenvolvimento de seu Plano Diretor, a definição de como os Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV) serão requisitados e analisados.

O EIV é um instrumento de análise para subsidiar o licenciamento de empreendimentos ou atividades, públicas ou privadas, que, na sua instalação ou operação, possam causar impactos ao meio ambiente, ao sistema viário, entorno ou à comunidade de forma geral, no âmbito do município. O EIV subsidia a fase prévia do licenciamento urbanístico, visando detectar possíveis impactos e propor medidas de controle, mitigação, compensação ou potencialização, seja de empreendimentos novos ou já consolidados (Costa, 2003). Desta forma, a legislação municipal deve definir quais os empreendimentos e atividades, tanto públicos como privados, em área urbana, dependerão de elaboração do EIV, tanto para construir, ampliar ou funcionar (Zajarkiewicz, 2010).

O conforto acústico deve ser planejado já no lançamento da proposta arquitetônica e urbanística. Ao profissional cabe elaborar soluções, ao projetar um ambiente, a fim de evitar interferências do entorno na vida do usuário, e também permitir que as atividades desenvolvidas por este não afetem o seu entorno (Hax, 2002).

2. METODOLOGIA

Para identificar qual a situação da região no que tange as leis de emissão sonora e a existência de Plano Diretor, foi realizado uma pesquisa junto as Prefeituras Municipais de Frederico Westphalen e de cidades próximas, figura 01.

Para ter esclarecimento quanto os níveis de pressão sonora (NPS) em Frederico Westphalen, foram realizadas medições acústicas no trecho do Bairro Itapagé, que comporta o Hospital Divina Providencia (HDP), a Escola Municipal Cardeal Roncalli, a Praça da Corsan (Companhia Riograndense de Saneamento), alvo de diversas reclamações referentes à perturbação sonora, e a Universidade Regional Integrada do Auto Uruguai e das Missões (URI). O trecho foi escolhido por comportar ambiente hospitalar e de ensino, que requerem baixo índice de ruído e a Praça da Corsan, que abriga, eventualmente, fontes de perturbação sonora.

As medições tem duração de 5min e ocorreu nos três turnos, manhã; tarde e noite, em três pontos, URI; Praça da Corsan e HDP. O objetivo é verificar a variação do NPS ao longo do dia.

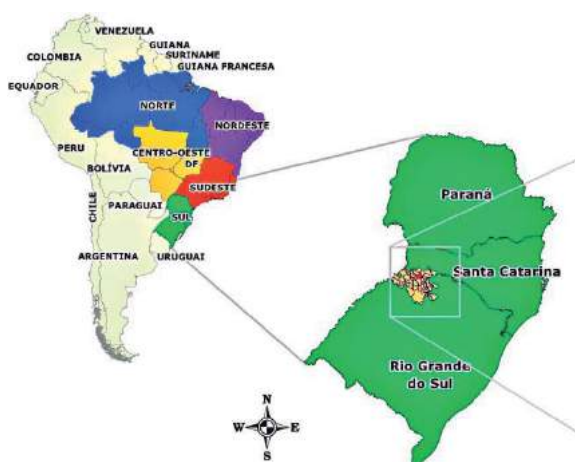


Figura 1. Editado de “Localização da Região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul e extremo oeste de Santa Catarina.” FONTE: NAPLAN - Laboratório de Geoprocessamento URI – Frederico Westphalen 2014.

2.1 Descrição do campo da pesquisa: Frederico Westphalen

O Município de Frederico Westphalen situa-se no Estado do Rio Grande do Sul, na região do Médio Alto Uruguai, faz divisa ao norte com Caçara e Vicente Dutra, a leste com Iraí e Ametista do Sul, ao sul com Cristal do Sul e Seberi e a oeste com Taquaruçu do Sul e Vista Alegre (Santos, 2007), figura 2.

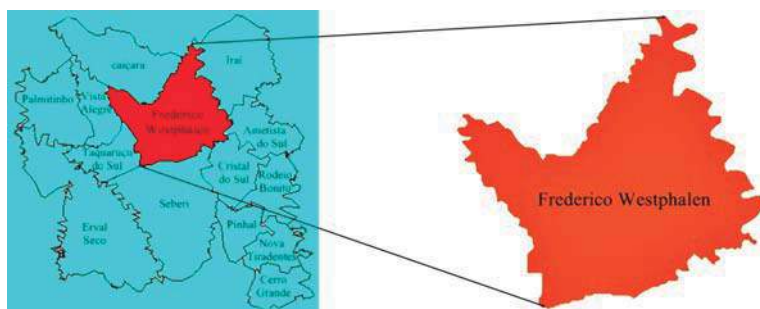


Figura 2. Municípios vizinhos a Frederico Westphalen. Editado de “Localização da Região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul e extremo oeste de Santa Catarina.” FONTE: NAPLAN - Laboratório de Geoprocessamento URI – Frederico Westphalen 2014.

Localizado no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, com área territorial de 264,976 Km² e uma estimativa populacional de 30.251 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE de 2013. Está distante 428 Km da capital do Estado, Porto Alegre, com acesso pela Rodovia Federal BR 386 e ligações secundárias pela RS 472 e RS 150. O

município destaca-se na região do Médio Alto Uruguai por ser o maior Município, sendo popularmente conhecido como a “Princesa do Médio Alto Uruguai” (Prefeitura Municipal).

2.1.1 Situação de Frederico Westphalen

Em contato realizado com a Secretaria de Planejamento da cidade, bem como de algumas cidades vizinhas, foram obtidas algumas informações acerca da Legislação Municipal e da cobrança e avaliação dos estudos de impacto de vizinhança.

Frederico Westphalen é um dos municípios que tem uma das melhores e mais bem preparadas secretaria de coordenação e planejamento da região, com equipamentos e profissionais, são 3 arquitetos e 3 engenheiros, que atendem a demanda atual em função do número de habitantes do município. E é a única que tem conhecimento e trata dos Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV), em seu plano diretor. Segundo informações do arquiteto e urbanista Anderson Zanato da secretaria de planejamento, o município não possui leis específicas para a área de emissão sonora, sendo abordada no plano diretor municipal, disponível no site da prefeitura. Os projetos de impacto de vizinhança são solicitados de acordo com o parecer do avaliador da prefeitura e dependendo do uso do empreendimento.

Os projetos são avaliados pela Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (SEPLAN). E são levados em consideração o fluxo de veículos, estacionamentos, a valorização ou desvalorização imobiliária decorrentes da instalação do empreendimento no local, principalmente. Não há padronização dos EIV’S solicitados e nem da forma de avaliação, sendo tratado de forma individual cada caso.

A Lei Municipal nº 2.827, de 15 de abril de 2004, trata de forma sucinta da emissão sonora, mas apenas para áreas hospitalar e de ensino. O Art.45. determina:

“§ 1º É vedada emissão de sons e ruídos, em recinto fechado ou na via pública, a menos de 200 (duzentos) metros de qualquer estabelecimento de ensino, durante o expediente escolar, bem como de hospitais e templos religiosos em funcionamento.”

De acordo com informações disponíveis no site da prefeitura municipal, o artigo 13, do decreto 257 do dia 23 de novembro de 2007, determina que o nível de ruído permitido na área externa das edificações, no perímetro de 200 metros próximo do hospital, é de 45 decibéis (dB) durante o dia e 40 dB no turno da noite. Em janeiro deste ano, 2015, foram instaladas placas de sinalização no perímetro do HDP, como reforço à Lei.



Figura 3 e 4: Placas de aviso sobre a Lei foram instaladas na Praça da Corsan e HDP (Prefeitura Municipal).

2.1.2. Levantamento do problema

No trecho determinado, figura 5, que corresponde do Hospital Divina Providencia (HDP) à URI, foi realizado medições do NPS em três pontos: em frente a URI, quadrante 01 (figura 6); na Praça da Corsan, quadrante 02 (figura 7) e em frente ao HDP, quadrante 3(Figura 8). Também foram identificados a Praça da URI, utilizada principalmente no período noturno e nos finais de semana; além os bares presente no trecho, que são muito frequentados no período noturno.

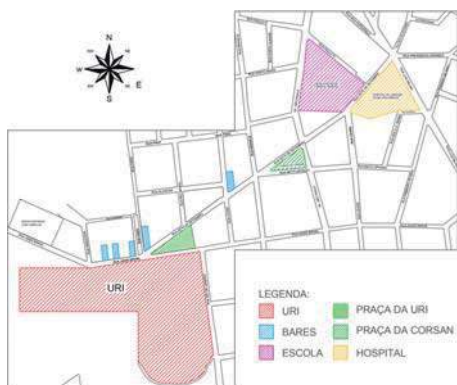


Figura 5. Área de estudo, Bairro Itapagé – Centro. FONTE: Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen, editado.

2.1.2.1 Quadrante 01 - Área de influência da URI.



Figura 6: Mapa do Quadrante 01 - Área de influência da URI. FONTE: Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen, editado.



Figura 7. Vista 1 – Entrada de veículos na URI. Vista 2 – Bar 1. Vista 3 – Bar 2. Vista 4 – Bar 3. Vista 5 – Cruzamento em frente a URI. Vista 6 – Bar 4

O quadrante 01 corresponde ao perímetro da URI. Nesse trecho existe quatro bares ao todo, que durante o período noturno apresentam uma alta taxa de frequentadores, composto quase que exclusivamente por estudantes; no perímetro, também há a Praça da URI que é utilizada pelos estudantes. As imagens, vistas 01 à 06, ilustram o perímetro.

2.1.2.2 Quadrante 02 - Área de influência de um bar e da praça da Corsan.

O quadrante 02 abrange a Praça da Corsan e entorno. A Praça é utilizada, principalmente, nos finais de semana pela comunidade como ponto de encontro e o uso de carros de som é frequente, resultando em incômodo para a vizinhança. De acordo com a Lei municipal nº 2.827, de 15 de abril de 2004, a Praça da Corsan faz parte do perímetro hospitalar, onde, segundo a lei,

é vedada a emissão de ruídos acima de 45 dB durante o dia e 40 dB durante o período noturno, mas não há nenhuma informação referente a fiscalização.



Figura 8: Vista 07 – Bar 05 Vista 08 – Praça da Corsan Vista 09 – Praça da Corsan



Figura 9: Mapa do Quadrante 02 - Área de influência de um bar e da Praça da Corsan. FONTE: Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen, editado.

2.1.2.3 Quadrante 03 - Área de influência de um hospital e de uma escola

No terceiro setor estão o HDP e Escola Cardeal Roncalli, próximo a estes há comércios que não geram grande quantidade de ruído.



Figura 10: Mapa do Quadrante 03 - Área de influência de um hospital e de uma escola. FONTE: Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen, editado.



Figura 11: Vista 10 – Escola Estadual Cardeal Roncalli Vista 11 – Hospital de Caridade Divina Providência

3. Medições acústicas

As medições foram realizadas no período da manhã, tarde e noite, em três pontos do trecho em estudo. Foram locados em pontos estratégicos, onde se realizam atividades de relevância. Deste

modo, o ponto 01 foi localizado em frente à Universidade Regional Integrada do Auto Uruguai e das Missões – URI, que por ser um ambiente de ensino requer cuidado com ruído externo, para que não afete a aprendizagem. O ponto 02 situa-se na Praça da Corsan, alvo de diversas reclamações devido a emissão de ruídos pelos ocupantes do espaço. O ponto 03 foi locado em frente ao Hospital e da Escola Estadual Cardeal Roncalli, duas instituições (de ensino e hospitalar) que requerem qualidade sonora. Os resultados obtidos foram comparados com a NBR 10151 e a Lei municipal nº 2.827.

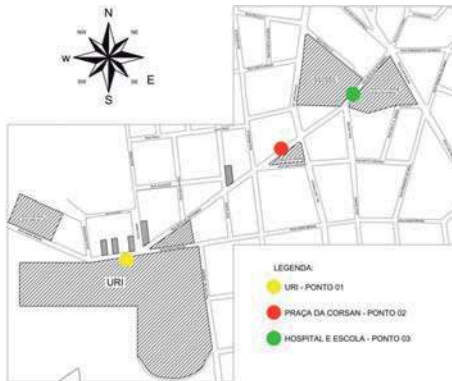


Figura 12: Mapa 05: Pontos para as medições sonoras. FONTE: Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen, editado.

3.1 Equipamentos utilizados

Para realizar as medições foi utilizado o conjunto de equipamentos descrito abaixo:

- Medidor de nível de pressão Sonora 01dB - BLACK SOLO 01 número de série: 65856, calibrado pelo INMETRO em 10/03/2014, certificado de calibração nº RBC3-8834-368 processo nº 14141;
- Calibrador de nível de pressão Sonora 01dB - CAL 21 número de série: 34634214, calibrado pelo INMETRO em 10/03/2014, certificado de calibração RBC2-8834-611 processo nº 14141;
- Microfone 01dB - MCE 212, número de série: 153606, calibrado por *PrepolarizedFree Field Microphone* em 09/10/2013;
- Tripé.



Figuras 13 e 14: Equipamento utilizado: sonômetro, calibrador, microfone e tripé. Autor: Leonardo Romitti

3.2 Dados das Medições

O levantamento acústico ocorreu nos períodos da manhã, tarde e noite, em diferentes dias da semana, para ter maior controle do NPS. No período da manhã as medições ocorreram no dia 05 de março de 2015, com início as 9:36 e finalizadas as 10:10, na parte da tarde no dia 11 de março, com início das medições as 14 e encerramento as 14:30 e durante à noite, dia 06 de abril, das 21:20 as 22:00 horas. Os resultados foram descritos nas tabelas 1,2 e 3, nos períodos da manhã, tarde e noite, respectivamente.

Tabela 1, dados das medições no período da manhã.

Ponto	Itens Avaliados	Leq
01	URI – Moto, automóveis, caminhão de médio porte, sons de conversa,	59,7 dB
02	musica.	58,6 dB
03	Praça da Corsan - Pessoas conversando, trânsito de veículos e pessoas, cachorro latindo, barulho de obra. HDP/Escola - Pessoas conversando, trânsito de veículos e pessoas.	53,9 dB

Tabela 2, dados das medições no período da tarde.

Ponto	Itens Avaliados	Leq
01	URI - Pessoas conversando, trânsito de veículos e pessoas, cortador de grama.	70,9 dB
02	Praça Da Corsan - Pessoas conversando, trânsito de veículos e pessoas,	62,2 dB
03	barulho de obra. Hospital/Escola - Pessoas conversando, trânsito de veículos e pessoas.	53,3 dB

Tabela 3, dados das medições no período da noite.

Ponto	Itens Avaliados	Leq
01	URI - Pessoas conversando, trânsito de veículos e pessoas, som nos bares.	51,4 dB
02	Praça Da Corsan -Trânsito de veículos e pessoas, som automotivo.	58,3 dB
03	Hospital/Escola - Pessoas conversando, trânsito de veículos e pessoas, som automotivo, som do sino da Catedral, barulho das folhas das arvores, devido ao vento forte constante.	53,0 dB

3.3 Análise dos resultados

Os valores de pressão sonora obtidos nas medições foram comparados aos estabelecidos na NBR 10151:2012 (Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações), de acordo com os usos, conforme mostra a Tabela 4. Os NPS dos quadrantes 02 e 03, também foram comparados aos níveis estabelecidos pelo artigo 13, do decreto 257 do dia 23 de novembro de 2007, que estabelece 45 decibéis (dB) para o período diurno e 40 dB para a noite.

O trecho em estudo, segundo o plano diretor, encontra-se em duas zonas de usos. Os Pontos 01 e 02, estão na ZR5 (Zona Residencial 5), enquanto o ponto 03 pertence a ZC1 (Zona comercial 1), contudo a Rua 7 de Setembro é uma Via estrutural que admite uso comercial, por isso existe bares no trecho.

Tabela 4. Limites de níveis sonoros aceitáveis em função da finalidade de uso e ocupação do solo, NBR 10151 (dB).

Tipos de áreas por finalidades de uso e ocupação do solo	RL diurno	RL noturno
Área de residências rurais.	45	35
Área estritamente residencial urbana ou hospitais ou escolas.	50	40
Área mista predominantemente residencial.	55	45
Área mista com predominância ou vocação comercial e/ou administrativa	60	50
Área mista com predominância ou vocação recreacional.	65	55
Área mista predominantemente industrial.	70	60

Tabela 5. Nível médio de níveis pressão sonora sonoros (dB).

Nível médio de NPS	
Manhã	57,4 dB
Tarde	62,13 dB
Noite	54,23 dB

Deste modo verifica-se que os níveis de pressão sonora obtidos, ultrapassam o valor estabelecido pela norma e pela Lei Municipal nos três períodos, acarretando desconforto acústico e prejudicando o desenvolvimento das atividades.

Destaca-se que os valores alcançados na Praça da Corsan ultrapassam consideravelmente os níveis limite para o dia e para a noite. A praça é utilizada, principalmente, nos finais de semana, na parte da noite, pela comunidade como ponto de encontro e o uso de carros de som é frequente, o que causa bastante incômodo na vizinhança. O local é alvo de diversas reclamações e é considerado um dos principais problemas envolvendo perturbação sonora na cidade de Frederico Westphalen, o caso é relatado pelo portal do jornal InfocoRS.

“Os moradores do bairro Itapagé em Frederico Westphalen, mais especificamente em torno da Praça da Corsan, não sabem mais o que fazer para conter o barulho durante as noites de final de semana. Grupos de jovem misturam bebida alcoólica com som alto. Segundo moradores, todo o final de semana o problema se repete, um morador relatou o problema á reportagem do InFocoRS.

- Depois de uma semana de trabalho, tudo o que queremos, é chegar em casa e descansar, mas isso é algo que a muito tempo não se consegue por aqui, pois o barulho é insuportável. Assim como eu, os moradores já cansaram de ligar para a policia, prefeitura, câmara de vereadores e demais autoridades, e ninguém faz nada para nos ajudar, Diz morador. Tenho visto vizinhos se mudarem, abrir mão do sonho de ter sua casa própria, para alugar outros imóveis, longe deste inferno. É um descaso das autoridades de Frederico Westphalen. Quando chove no fim de semana é a única coisa que faz nossas noites ficarem mais tranquilas por aqui.”

Observação: Se NPSt – NPSf > 10dB: o ruído de fundo pode ser desconsiderado. Verifica a situação nas medições do período da tarde, onde, no ponto 01, obteve-se um NPS de 70,9 dB e no ponto 03, 53,3 dB, podendo-se descartar o ruído de fundo, devido há uma diferença de 17,6 Db.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações obtidas nas prefeituras de Frederico Westphalen e região, verifica-se uma carência enorme de leis referentes à emissão sonora. No caso de Frederico Westphalen, a inexistência de leis específica e padronização, dificulta o processo de análise dos Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV's), tornando o processo mais burocrático mesmo que atualmente o número de profissionais seja o suficiente para o número de habitantes. Assim, à medida que a cidade se desenvolve o problema tende a crescer progressivamente. Outra questão grave é o problema com ruídos em espaços públicos e comerciais, que apesar de administração municipal já ter tomado algumas atitudes para mitigá-lo e/ou saná-lo, não foi o suficiente, o que reforça a necessidade de leis específicas para a área de emissão sonora, bem como fiscalização.

A perturbação sonora não é apenas um problema de desconforto acústico, pois provoca dificuldade na concentração, irritação, cansaço, nervosismo, distúrbios do sono, problemas auditivos, dores de cabeça entre outros (PASSCHIER-VERMEER; PASSCHIER, 2000). Destarte o ruído é caracterizado como um dos grandes problemas de saúde publica da atualidade, sendo necessárias ações para o monitoramento e fiscalização, mas a legislação nos três âmbitos - federal, estadual e municipal- não tratam sobre a abrangência dos EIVs e nem da forma como os órgãos públicos devem solicitar e avaliar estes estudos.

Em consequência do plano diretor permitir a ocorrência de edificações comerciais em zona residencial, acaba gerando um aumento do nível de ruído para o perímetro estudado. Assim, se a legislação não permitisse essas disparidades, haveria uma melhor qualidade sonora na área. Ainda cabe citar que a falta de conhecimento específico, de alguns profissionais da Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (SEPLAN), sobre a legislação municipal referente à emissão sonora, prejudica a iniciativa de ações no sentido de melhorar ou mitigar tais situações.

Para que haja controle em relação aos impactos de vizinhança o município precisa de uma legislação bem definida e métodos de avaliação claros, com a definição de itens mínimos a

serem avaliados, bem como profissionais capacitados para a elaboração, avaliação e fiscalização, conforme verificado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

Assessoria Comunicação, Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen. Disponível em: <http://www.fredericowestphalen-rs.com.br/sinalizacao-reforca-a-proibicao-sonora-proximo-ao-hospital-divina-providencia/>. Acesso em: 06 de março de 2015.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 10.151: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 4p.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 10.152: Níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 7p.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 6p.

Berglund, B.; Lindvall, T.; Schwela, D. Guidelines for Community Noise. Genova: World Health Organization, 1999.

Bistafa, Sylvio R., Acústica aplicada ao controle do ruído. 1. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2008. 368 p.

Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Centro Gráfico do Senado Federal, 1988. 292p.

Brasil. Lei Nº 263, de 2007 (Aposos PL nº 863/07; PL nº 2.330/07 e PL nº 621/11). Dispõe sobre diretrizes, critérios e limites na emissão de sons e ruídos de qualquer natureza. Comissão de Desenvolvimento Urbano. Projeto de Autor: Deputado Pompeo de Mattos. Relator: Deputado William Dib. 2007.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Projeto de Lei nº 263, 2007.

Brasil. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 001, de 08 de março de 1990a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>>. Acesso em: 26 agosto 2012.

Brasil. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 002, de 08 de março de 1990b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>>. Acesso em: 26 agosto 2012.

Brasil. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 020, de 07 de dezembro de 1994. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>>. Acesso em: 28 agosto 2012.

Costa, E. C. da Acústica Técnica. Editora Edgard Blucher. 2003.

Gerges, S. N.Y. Ruído: Fundamentos e Controle. 2. ed. Florianópolis: UFSC, NR Editora, 2000. 600 e 676p. 1992.

Hax, Stelamaris Pinto Peraca, Estudo do potencial dos resíduos de E.V.A. no isolamento de ruído de impacto nas edificações. Santa Maria 2002 XVIII, 151 f.

Lei municipal nº 2.827. Disponível em: http://www.camarafw.rs.gov.br/portal/verleismunicipais.php?cod_lei=92. Acesso em: 06 de março de 2015.

Passchier-Vermeer, W.; PASSCHIER, W. F. Noise exposure and public health. Environmental Health Perspectives, v.108, n. S1, p. 123–131, Mar. 2000. Disponível em: <<http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2000/suppl-1/123-131passchiervermeer/abstract.html>>. Acesso em: julho 2013. RAIMBAULT, Manon (2005). Urban soundscapes: Experiences and knowledge. Paris: doi:10.1016/j.cities.2005.05.003.

Portal INFOCO RS. Disponível em: <http://www.infocors.com/2014/08/e-um-inferno-e-ninguem-faz-nada-diz.html>. Acesso em: 06 de março de 2015.

Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen. Disponível em: <http://www.fredericowestphalen-rs.com.br>. Acesso em: 25 de agosto de 2014.

Souza Lea Cristina Lucas de, Be-a-ba da acústica arquitetônica ouvindo a arquitetura. São Paulo, SP: Ed UFSCar, 2006. 149 p.

Santos, Alessandra Gobbi, Um diagnóstico com vistas à elaboração de Plano Diretor Municipal: o caso de Frederico Westphalen. / Alessandra Gobbi Santos; Eloir Missio; Nelson Zang. Frederico Westphalen: Ed. URI.2007.

Santos, Carlos Nelson F. dos, A cidade como um jogo de cartas/Carlos Nelson F. dos Santos. – Niterói: Universidade Federal Fluminense: EDUFF; São Paulo: Projeto Editores, 1988.

World Health Organization. Night Noise Guidelines for Europe. Copenhagen: s. n., 2009.

Zajarkiewicz, D.F.B. Poluição sonora urbana: Principais fontes. Aspectos jurídicos e técnicos. Dissertação de mestrado – PUC-SP – São Paulo, 2010. p. 235

Ruído proveniente da construção civil: estudo de caso em obras em desenvolvimento na cidade de Frederico Westphalen-RS

Alessandro Alves

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Grupo de Pesquisa AUTECS: Arquitetura, Urbanismo, Tecnologia e Conforto Ambiental, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil

alessandro@uri.edu.br

Claudia Gaida

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Grupo de Pesquisa AUTECS: Arquitetura, Urbanismo, Tecnologia e Conforto Ambiental, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil

gaida@uri.edu.br

Cristhian Brum

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Grupo de Pesquisa AUTECS: Arquitetura, Urbanismo, Tecnologia e Conforto Ambiental, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil

brum@uri.edu.br

Leonardo Romitti

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Grupo de Pesquisa AUTECS: Arquitetura, Urbanismo, Tecnologia e Conforto Ambiental, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil

leonardo.romitti@gmail.com

ABSTRACT: The construction sector is critical to the development of a region while that is largely responsible for the rise of urban noise . In this context , this article aimed to evaluate the levels of noise from the construction of two residential buildings in the city of Frederico Westphalen , State of Rio Grande do Sul , Brazil , through sound pressure level measurements (SPL) performed with the aid of a decibel meter . Based on the analysis of the samples , it was found that the average value for the buildings studied was 63 dB (A) for the Work 1 and 81 dB (A) for the Work 2 , values which are above the minimum allowed by World Health Organization (WHO) and generate negative consequences for workers, the people of your surroundings.

Keywords: construction, urban noise, hearing health;

RESUMO: O setor da construção civil é fundamental para o desenvolvimento de uma região ao mesmo tempo em que é um dos grandes responsáveis pela elevação do ruído urbano. Neste contexto, este artigo teve o objetivo de avaliar os níveis de ruído provenientes da construção de dois edifícios residenciais na cidade de Frederico Westphalen, Estado do Rio Grande do Sul-Brasil, através de medições de nível de pressão sonora (NPS) realizadas com o auxílio de um medidor normatizado. Com base nas análises das amostras, constatou-se que o valor médio para as construções estudadas foi de 63 dB(A) para a Obra 1, e 81 dB(A) para a Obra 2, valores estes que se encontram acima do mínimo permitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e geram consequências negativas, tanto aos trabalhadores como a população do seu entorno.

Palavras- chave: construção civil, ruído urbano, saúde auditiva;

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é fundamental para o crescimento das cidades, de modo que a intensificação das atividades de construção está diretamente ligada ao desenvolvimento de uma região e à qualidade de vida de sua população. No entanto, do mesmo modo como saudamos este setor por representar o progresso e a geração de empregos e de renda, devemos nos preocupar com os problemas que ele nos pode acarretar.

Uma das principais reclamações sobre o setor de construção civil é referente ao ruído produzido pelos processos de construção. O incômodo que o ruído pode provocar é algo extremamente subjetivo, causando grande dificuldade para que esse efeito possa ser avaliado quantitativamente. Por isso surge a preocupação em conhecer os valores desse incômodo na relação dos canteiros de obra com o seu entorno.

Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de avaliar os níveis de ruído provenientes da construção de dois edifícios residenciais na cidade de Frederico Westphalen, interior do estado do Rio Grande do Sul (Brasil) através de medições de Nível de Pressão Sonora (NPS). Deste modo, espera-se que futuras ações possam ser tomadas com vistas ao atendimento das normas vigentes e consequentemente, venham a contribuir com a qualidade do ambiente e também da saúde da população.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Bistafa (2008) define som como a sensação produzida no sistema auditivo e ruído como um som sem harmonia, que em geral tem uma conotação negativa. Os ruídos existentes em um ambiente são decorrentes das atividades realizadas neste local ou por atividades que geram ruído em ambientes vizinhos (Souza, 2006). Conforme diretrizes elaboradas pela *WHO- World Health Organization*, as principais fontes de ruído ambiental são provenientes do tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, dos trabalhos de construção e de vizinhança (Berglund et al., 1999).

O ruído urbano, fenômeno da sociedade moderna, é detectado pelo crescimento das cidades como uma desvantagem clara do processo de urbanização. O aumento da população, muitas vezes causado pela migração do campo para as cidades e os processos de consumo ao qual essa sociedade conduz afeta principalmente os centros urbanos onde está concentrada uma variedade de atividades. Estas características acabam tornando-se uma importante fonte de desconforto, em países ao redor do mundo, não só nos países desenvolvidos e nas grandes cidades, mas também naqueles que estão em desenvolvimento e em cidades de médio porte (Ventura et al., 2008).

A grande variedade de ruídos provenientes dos diferentes processos do cotidiano industrializado e urbanizado é um assunto que preocupa hoje não só os órgãos públicos como, principalmente, a sociedade. O trânsito, as máquinas e os equipamentos utilizados nas construções, os aviões, os alarmes dos automóveis e das edificações, as músicas e os veículos de propaganda sonorizada, as vozes de pessoas, os cultos religiosos, o badalar dos sinos, os latidos de cães e sons de outros animais são exemplos de incômodos aos quais as pessoas estão expostas (Paixão, 2012).

De acordo com Alves (2013) o ruído urbano pode ser encontrado em todos os lugares como parte integrante e inevitável na dinâmica das cidades atuais. O ruído de construção, doméstico, de atividades lúdicas e entretenimento são também definidos como fontes problemáticas de ruído ambiental, sendo chamados de ruído comunitário.

Ainda de acordo com Alves (2013) e relativo ao ruído em trabalhos de construção, constata-se que estes geram consequências negativas, tanto aos trabalhadores como a população do seu entorno. Estes ruídos são oriundos dos equipamentos de construção muitas vezes mal silenciados, e ainda devido às operações de construção que são realizadas sem considerar as consequências que podem advir no que se refere ao ruído ambiental.

A vertente do incômodo causado pelo ruído em comunidades inclui o efeito imediato de interferência sobre as atividades do trabalho e do cotidiano, como por exemplo, o aumento na dificuldade de comunicação oral entre pessoas, ou simplesmente a interferência sobre atividades comuns de entretenimento do dia a dia. A sensação geral de incômodo pode ser definida como um sentimento de desprazer associado a qualquer agente ou circunstância que

afete adversamente um indivíduo ou um grupo (Melo, 2011). De acordo com Bistafa (2008), os problemas relacionados com o ruído incluem perda da audição, *stress*, hipertensão, perda do sono, falta de concentração, baixa produtividade, deterioração da qualidade de vida e redução de oportunidades de repouso.

No Brasil, a NBR 10.151:2000 – “Acústica – Avaliação de Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade – Procedimento” (Brasil, 2000), dispõe sobre ruído urbano e proteção do bem estar e do sossego público. Por ser referência brasileira para o procedimento de medições acústicas em áreas habitadas, esta norma será utilizada como referência também neste trabalho.

A Cidade de Frederico Westphalen, por sua vez, possui como norma para controle de ruído a Lei Municipal nº 2.827 de 15 de abril de 2004 (Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen, 2004), que dispõe sobre a política ambiental do município e dá outras providências incluindo o controle de sons e ruídos, estipulando que os níveis de ruído não podem ultrapassar os níveis estabelecidos pela *WHO- World Health Organization*, ou Organização Mundial da Saúde- OMS em tradução para a língua portuguesa.

3 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em Frederico Westphalen, cidade localizada ao norte do Estado do Rio Grande do Sul, a uma distância aproximada de 366 km da capital, Porto Alegre. O município ocupa uma área de 264,976 km² e apresenta uma população estimada de 30.409 habitantes (IBGE, 2014).

Inicialmente foi realizada uma pesquisa na cidade a fim de identificar obras em andamento para o desenvolvimento do estudo. Após a identificação das empresas construtoras envolvidas em tais obras e sua aceitação em colaborar com o projeto, foram feitas visitas *in loco* a fim de realizar medições acústicas e coletar dados referentes aos níveis de pressão sonora (NPS) nos canteiros de obra e em seu entorno. Deste modo, foram realizadas medições em duas obras em desenvolvimento na cidade de Frederico Westphalen, sendo que obras que fizeram parte da amostra deste estudo serão chamadas de Obra 1 e Obra 2.

As medições de nível de pressão sonora foram realizadas no dia 18 de agosto de 2014 pela parte da manhã entre as 10 horas e 16 minutos e as 11 horas e 35 minutos e pela parte da tarde entre as 15 horas e 30 minutos e as 16 horas e 46 minutos, com as obras operando normalmente. As medições de ruído de fundo por sua vez, foram realizadas no dia 5 de março de 2015 pela parte da manhã, entre as 9 horas e 47 minutos e as 11 horas nos bairros onde os edifícios se localizam. Para todas as mostras foi adotado um tempo padrão aproximado de um minuto por considerar-se que este tempo permite a caracterização do ruído em questão. As condições climáticas foram favoráveis e não houve vento ou precipitações durante as medições.

Os procedimentos adotados seguiram as recomendações da NBR 10.151:2000 – “Acústica – Avaliação de Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade – Procedimento”, que dispõe sobre ruído urbano e proteção do bem estar e do sossego público.

Para a realização das medições nos canteiros de obra e a obtenção de dados que pudessem determinar as condições do ambiente, foram utilizados:

- Medidor de nível de pressão Sonora 01dB – BLACK SOLO 01 n. de série: 65856, calibrado pelo INMETRO em 10/03/2014, certificado de calibração nº RBC3-8834-368 processo nº 14141;
- Calibrador de nível de pressão Sonora 01dB – CAL 21 n. número de série: 34634214, calibrado pelo INMETRO em 10/03/2014, certificado de calibração RBC2-8834-611 processo nº 14141

- Microfone 01dB – MCE 212, n. de série: 153606, calibrado por *Prepolarized Free Field Microphone*.

4 CARACTERÍSTICAS E LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS

4.1 Obra 1

A Obra 1 (Figura 1) é o projeto de um edifício residencial de 7.640 m² de área construída com 13 pavimentos, mais subsolo, localizado na Rua Assis Brasil no Bairro Itapagé. A obra tem previsão de 3 anos para ser concluída e foi iniciada em julho de 2013, de modo que no momento das medições se encontrava no 13º mês de construção.



Figura 1: Construção Residencial Vertical onde foram realizadas as medições- Obra 1. Fonte: Leonardo Romitti.

O projeto é classificado como Construção Residencial Vertical, que é descrito como uma edificação ou conjunto de edificações verticais que agrupam várias economias residenciais em um mesmo lote. Conforme o mapa de zoneamento (Figura 2) a construção está localizada em uma zona do tipo ZR5 (Zona Residencial Cinco). As Zonas Residenciais são aquelas que se destinam à habitação, sejam elas unifamiliares, plurifamiliares ou atividades complementares, respeitado os usos admitidos e as atividades ali pretendidas, visando cumprir o direito da terra urbana e de moradia (Plano Diretor da Cidade de Frederico Westphalen, 2014).



Figura 2: Localização da Obra 1 na Zona Residencial Cinco. Fonte: Editado do Plano Diretor da Cidade de Frederico Westphalen (2014).

O desenho esquemático da obra (Figura 3) apresenta os pontos de medição com seus respectivos números, assim como características de sua vizinhança. Na fase da construção em que foram realizadas as medições estavam sendo realizadas atividades referentes à estrutura, alvenaria, instalações hidro- sanitárias e reboco interno da edificação.

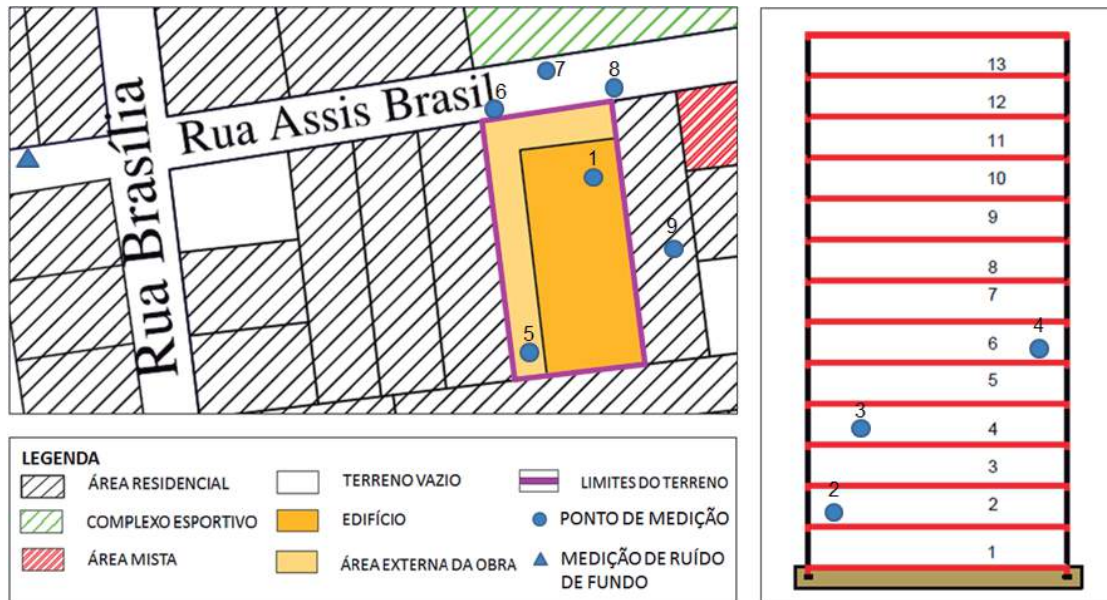


Figura 3: Desenho esquemático indicando os pontos de medição e características da vizinhança da Obra 1. Fonte: Editado do Plano Diretor da Cidade de Frederico Westphalen (2014).

4.2 Obra 2

A Obra 2 (Figura 4) é o projeto de um edifício residencial de 3.530,84 m² de área construída com 10 pavimentos, localizado na Rua Carlos Gomes no Bairro Ipiranga. A obra tem previsão de 2 anos para ser concluída e foi iniciada em abril de 2013, de modo que no momento das medições se encontrava no 16º mês de construção.



Figura 4: Construção Residencial Vertical onde foram realizadas as medições- Obra 2. Fonte: Leonardo Romitti.

O projeto também é classificado como Construção Residencial Vertical. Conforme o mapa de zoneamento (Figura 5) a construção está localizada em uma zona do tipo ZC1 (Zona Comercial Um). As zonas comerciais destinam-se principalmente a atividades comerciais e de prestação de serviços, entre outras, respeitados os usos admitidos e as atividades ali pretendidas. A Zona Comercial 1 (ZC1) destina-se ao comércio ocasional e excepcional (leve) e serviços, atividades institucionais públicas ou privadas, compreendendo toda a área central e parte de alguns bairros da cidade, podendo também funcionar como área residencial (Plano Diretor da Cidade de Frederico Westphalen, 2014).



Figura 5: Figura 2: Localização da Obra 2 na Zona Comercial Um. Fonte: Editado do Plano Diretor da Cidade de Frederico Westphalen (2014).

O desenho esquemático da obra (Figura 6) apresenta os pontos de medição com seus respectivos números, assim como características de sua vizinhança. Na fase da construção em que foram realizadas as medições estavam sendo desenvolvidas atividades referentes à estrutura, alvenaria, contra piso, reboco interno e externo, revestimento cerâmico, pisos laminados e pedras e instalações hidro sanitárias.

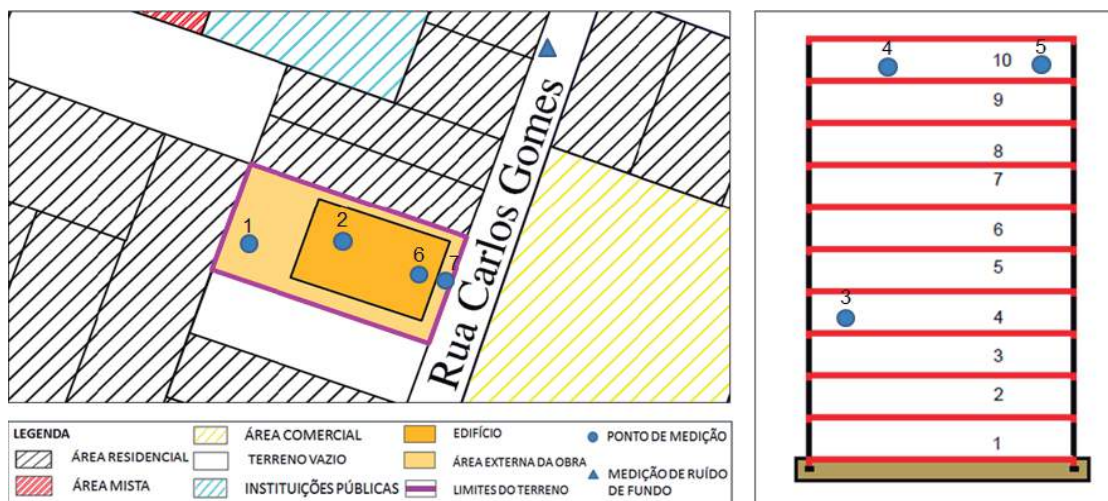


Figura 6: Desenho esquemático indicando os pontos de medição e características da vizinhança da Obra 2. Fonte: Editado do Plano Diretor da Cidade de Frederico Westphalen (2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme a Lei Municipal nº 2.827 (Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen, 2004), a emissão de sons e ruídos em decorrência de quaisquer atividades não podem ultrapassar os níveis máximos assim estabelecidos pela OMS- Organização Mundial da Saúde. De acordo com a WHO (2011) elevados níveis de pressão sonora podem ocasionar efeitos negativos na saúde humana, variando conforme a intensidade do ruído, conforme ilustrado na Tabela 1. Este parâmetro será utilizado para a avaliação dos dados obtidos, de modo a estipular se os valores estão alterados e se podem ocasionar algum dano à população.

Tabela 1: Impacto de ruídos na saúde humana. Fonte: WHO, 2011.

Intensidade dB(A)	Reação	Efeitos Negativos	Locais
Até 50	Confortável (Limite da OMS)	Nenhum	Rua sem tráfego
Acima de 50	O organismo começa a sofrer impactos do ruído		
De 55 a 65	A pessoa fica em estado de alerta e não relaxa	Diminui o poder de concentração e prejudica a produtividade no trabalho intelectual	Agência bancária em horário comercial
De 65 a 70 (início das epidemias de ruído)	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente	Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o corpo dependente. Com isso, muitas pessoas já conseguem dormir com o rádio ou a tevê ligados	Bar ou restaurante lotados
Acima de 70	O organismo fica sujeito a estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Aumentam os riscos de infarto, infecções, entre outras doenças	Praça de alimentação de shopping center, ruas de tráfego intenso

Com o objetivo de facilitar a visualização dos resultados, os mesmos serão apresentados em forma de tabela. As tabelas apresentam os pontos de medição nas obras e em suas proximidades conforme ilustrado nos desenhos esquemáticos, além de os fatores de influência na medição e os resultados obtidos em nível de pressão sonora equivalente (LAeq), em decibéis ponderados em "A", comumente chamado dB(A).

5.1 Resultados e Discussões para a Obra 1

As medições acústicas realizadas na Obra 1 tiveram como resultado os dados descritos na Tabela 2:

Tabela 2: Resultados obtidos para as medições realizadas na Obra 1.

Ponto	Fatores de Influência	Leq dB(A)
1	Elevador, conversa e utilização de carrinho de mão	69
2	Elevador da obra, marteladas e recolhimento de resíduos	66
3	Serra elétrica pequena	62
4	Marteladas, elevador da obra e conversa	71
5	Elevador da obra e conversa	53
6		62
7	Medições em frente à obra com influência do tráfego de veículos	65
8		67
9	Medições realizadas em uma residência vizinha à obra com influência direta dos ruídos provenientes da rua	54
Ruído de Fundo	Tráfego de veículos leves	59

As medições da Obra 1 apresentaram um valor médio de 63 dB(A). Pelo fato de NPS total menos o NPS de fundo ser maior que 10 dB, o ruído de fundo pode ser desconsiderado para a análise. O menor valor encontrado é oriundo da medição realizada em uma residência vizinha à obra com influência direta dos ruídos provenientes da rua, indicando um nível de pressão sonora de 54 dB. Por sua vez, o maior valor encontrado provém de ruídos gerados por marteladas, pelo elevador da obra e conversa ao fundo, que geraram 71 dB.

5.2 Resultados e Discussões para a Obra 2

As medições acústicas realizadas na Obra 2 tiveram como resultado os dados descritos na Tabela 3:

Tabela 3: Resultados obtidos para as medições realizadas na Obra 2.

Ponto	Fatores de Influência	Leq dB(A)
1	Utilização de betoneira	75
2	Serra circular cortando madeira	96
3	Marteladas em tábuas e conversa entre os trabalhadores	97
4	Máquina realizando o corte de cerâmica, ruídos provenientes do elevador e conversa ao fundo	100
5	Serra elétrica, ruídos provenientes do elevador e conversa ao fundo	73
6	Serra elétrica pequena cortando madeira em ambiente interno	96
7	Serra elétrica pequena cortando madeira em ambiente externo	68
Ruído de Fundo	Tráfego de veículos leves	48

Na Obra 2 as medições apresentaram um valor médio de 81 dB(A). Pelo fato de NPS total menos o NPS de fundo ser maior que 10 dB, o ruído de fundo também pode ser desconsiderado para a análise. O menor valor encontrado foi obtido da medição realizada no ponto 7, onde foram medidos 68 dB, provenientes da utilização de uma serra elétrica pequena cortando madeira em ambiente externo. Na Obra 2, o maior valor encontrado foi obtido da medição onde havia uma máquina realizando o corte de cerâmica, ruídos provenientes do elevador e pessoas conversando. Esta medição apresentou um nível de pressão sonora de 100 dB, um valor extremamente alto. Pode se considerar como principal influência para a determinação desse valor a utilização de máquinas nos processos de construção.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das amostras, foi possível constatar elevados níveis de pressão sonora nas obras que fizeram parte deste estudo de caso, fato este, que se deve aos processos de construção empregados em seu desenvolvimento. Por estarem inseridas em um ambiente comercial e residencial, estas obras podem influenciar negativamente a região em que se encontram, ocasionando danos aos trabalhadores e também às pessoas que vivem no entorno da construção.

Para a Obra 1 foi constatado um nível de ruído de 63 dB, valor este, que é considerado elevado pela Organização Mundial da Saúde. Nestas situações, o corpo humano fica em estado de alerta e a pessoa não consegue relaxar, diminuindo o poder de concentração e prejudicando a produtividade no trabalho intelectual. Estes fatores se refletem nos moradores das regiões vizinhas, tendo em vista que é uma área residencial com pessoas querendo estudar, descansar ou realizar qualquer outra atividade sem a interferência externa ou incômodo proveniente de uma obra de construção civil.

Para a Obra 2, as medições indicaram um valor médio de 81 dB, valor considerado extremamente alto pela Organização Mundial da Saúde para uma região com características comerciais, de prestação de serviços, institucionais e residenciais onde a população será influenciada negativamente por estes ruídos. Com esta intensidade, o organismo fica sujeito a estresse degenerativo e abalo da saúde mental, aumentando também os riscos de infarto e infecções, entre outras doenças.

Apesar de a Lei Municipal nº 2.827 (Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen, 2004) estar em vigor há 11 anos, poucas ações visando o atendimento desta norma vem sendo realizadas na Cidade de Frederico Westphalen. No segundo semestre de 2014, foi iniciada a Campanha de Silêncio em Prol do Bem-estar dos Pacientes do Hospital Mãe da Divina Providência- HDP, o hospital da cidade. A ação visa à conscientização sobre a importância do silêncio no entorno do HDP, onde foram instaladas 19 placas de sinalização e duas placas de aviso em um raio de 200 metros do hospital a fim de reforçar a legislação vigente. Apesar de o projeto estar em fase de implantação e ainda ser falho na questão do controle das fontes emissoras de ruído, ele é positivo e espera-se que campanhas como esta surtam efeito e se tornem comuns, de modo a contribuir com o bem estar da população.

Com base neste estudo e no cenário atual, percebe-se a necessidade do desenvolvimento por parte das autoridades municipais responsáveis, de um projeto de controle e monitoramento da poluição sonora que possa abranger também a questão referente aos elevados níveis de ruído gerados pelo setor da construção civil.

Espera-se que este artigo possa influenciar outros trabalhos e futuras ações visando o atendimento das normas vigentes, de modo que venha a contribuir com a qualidade do ambiente e também da saúde da população, não apenas em cidades de pequeno porte como Frederico Westphalen, mas também em outras regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, Alessandro; Desenvolvimento de uma ferramenta para análise do estudo de impacto de vizinhança na área de emissões sonoras. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

Berglund, B.; Lindvall, T.; Schwela, D. Guidelines for Community Noise. Genova: World Health Organization, 1999.

Bistafa, Sylvio R., Acústica aplicada ao controle do ruído. 1. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2008.

Brasil; Norma Brasileira Regulamentadora. NBR 10.151: Acústica – Avaliação de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento; 2000.

Ibge, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Estimativas da população residente com data de referência de 1° de julho de 2014. Diário Oficial da União, 28 de agosto de 2014.

Melo, G.S.V. Ruído Comunitário: avaliação e ações de controle. I Workshop de Vibração e acústica da Região Norte. 03 a 05 de agosto de 2011. Grupo de Vibrações e Acústica, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2011

Paixão, D. X. Ruído e Cidade: A necessidade de uma convivência harmônica em Santa Maria. In: Medina, O.; Martha, G.; González, A. E. (coord.). Ruido em ciudades latinoamericanas: Bases orientadas a su gestión. Primera edición. Orgánica Editores, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 2012.

Prefeitura Municipal De Frederico Westphalen. Plano Diretor da Cidade de Frederico Westphalen; 2011.

Prefeitura Municipal De Frederico Westphalen. Lei Municipal n° 2.827: Dispõe Sobre a Política Ambiental do Município e dá Outras Providências. 15 de abril de 2004.

Souza, Lea Cristina Lucas De, Be-a-ba da acústica arquitetônica ouvindo a arquitetura. São Paulo, SP: Ed UFSCar, 2006. 149 p.

Ventura, A.N; Viveiros, E; Coelho, J. L. B, Neves, M.M Uma contribuição para o aprimoramento do Estudo de Impacto de Vizinhança: a gestão do ruído ambiental por mapeamento sonoro.

XXII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica Belo Horizonte, 26 a 29 de novembro 2008.

World Health Organization. Night Noise Guidelines for Europe. Copenhagen: s. n., 2009.

CHAPTER 8 | CAPÍTULO 8 | CAPÍTULO 8

Resources (water and energy) and residues management

Recursos (água e energia) e tratamento de resíduos

Recursos (agua y energía) y gestión de los residuos



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Urban forestry residues management in small towns of São Paulo, Brazil

Adriana Maria Nolasco

University of São Paulo, "Luiz de Queiroz" School of Agriculture, Forest Sciences, Piracicaba/São Paulo, Brazil
amnolasc@usp.br

Mariana Cerca

University of São Paulo, "Luiz de Queiroz" School of Agriculture, Forest Sciences, Piracicaba/São Paulo, Brazil
marycerca@hotmail.com

ABSTRACT: Urban forestry residues management is part of one of the main challenges of urban centers: the proper disposal of solid waste, in compliance with the Solid Waste National Policy. Thus a model was designed for urban forest waste management for small municipalities that have special technical, administrative and economic conditions that often prevent an appropriate disposal of such waste. The cities analysed are those with less than 35,000 inhabitants in the state of São Paulo and the results shows a lack of planning, a large municipal responsibility; as well as the lack of data on costs and quantifying the amount of waste generated. Not many municipalities have a proper disposal or recovery system in place and this demonstrates the great importance of developing management plans for urban forestry waste. The model plan was evaluated by the municipalities, obtained a high degree of interest and approval, although the lack of human and financial resources often prevent its implementation.

Keywords: Urban forestry residues, Waste management, Urban waste

RESUMO: A gestão dos resíduos da arborização urbana está relacionada a um dos principais desafios dos centros urbanos: a correta destinação dos seus resíduos, em atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esse estudo teve por objetivo desenvolver um modelo adequado de gestão para os resíduos de poda e remoção de árvores do espaço urbano, a partir de uma análise dos desafios enfrentados pelos pequenos municípios do estado de São Paulo, que dispõem de particularidades técnicas, administrativas e econômicas que muitas vezes inviabilizam sua correta destinação. Os resultados mostraram que há uma falta de planejamento para coleta e destinação desses materiais, assim como uma falta de dados sobre custos de manejo e sobre as características e volume desses resíduos, o que dificulta a elaboração de planos de gerenciamento. São poucos os municípios que realizam a disposição corretamente e que valorizam esses materiais que possuem grande potencial de aproveitamento. O plano desenvolvido foi avaliado pelos municípios, obtendo alto grau de receptividade e aprovação, embora a falta de recursos humanos e financeiros impossibilite muitas vezes a sua execução.

Palavras-chave: Gestão de resíduos sólidos urbanos, resíduos de poda, resíduos da arborização urbana

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos da arborização urbana são compostos por galhos, ramos, folhas, sementes, frutos, fustes e raízes retirados nos processos de poda e remoção de árvores das vias públicas, parques e jardins. Segundo classificação pela NBR 10.004 (2004), os resíduos da arborização urbana se constituem em resíduos de Classe II A, ou seja, não inertes (Ramos, 2008).

São oriundos das atividades da Prefeitura Municipal e das concessionárias de energia elétrica, telefonia e TV à cabo que fazem a poda ou remoção visando evitar danos ao sistema de fiação

aérea e riscos à população em decorrência de quedas por fenômenos naturais ou senescência (Meira, 2010).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos sólidos, Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, são classificados no art. 13, quanto a sua origem, em resíduos sólidos urbanos, fazendo parte dos resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana. De acordo com essa lei, há que se considerar, ainda, que a partir de sua promulgação passa a ser proibida a disposição em aterros dos materiais passíveis de aproveitamento, como é o caso dos resíduos da arborização urbana.

Os resíduos da arborização urbana podem ser classificados, ainda, em função da espécie que o originou, das suas dimensões, do componente do qual provém, entre outros. Isso é fundamental para definir-se a destinação mais adequada para esse material.

Para a elaboração de um plano adequado de gerenciamento de resíduos de arborização urbana, segundo Lopes (2003), é necessário também o conhecimento de instrumentos de gestão aliados a caracterização dos resíduos de poda e ao conhecimento dos seus fatores geradores, que podem contribuir para a elaboração de estratégias de gerenciamento integrado e valorização desses resíduos.

Os municípios brasileiros enfrentam grande dificuldade quanto à destinação dos resíduos da arborização urbana, devido ao seu grande volume e às características que inviabilizam a compactação e aumentam o risco de combustão. A falta de modelos adequados para o seu gerenciamento tem contribuído para agravar os problemas ambientais, sociais e econômicos resultantes da disposição inadequada desses materiais que acabam sendo depositados em aterros, terrenos baldios, lixões e vias públicas. Algo que poderia ser evitado, pois se trata de um material com grande potencial de aproveitamento para uso em diversos produtos e sua valorização poderá reduzir o custo de destinação, além de trazer benefícios ambientais e sociais para os municípios (IBAM, 2001).

Segundo Meira (2010) os resíduos de arborização urbana apresentam potencial para valorização e aplicação em diferentes produtos, tais como: galhos com diâmetro superior a 8 cm possuem material lenhoso que pode ser usado na fabricação de pequenos objetos de madeira, móveis e madeira serrada ou como fonte de energia na forma de lenha ou carvão vegetal. Já aqueles com diâmetro inferior a 8cm (folhas e galhos finos) tem maior potencial para aproveitamento como material estruturante e fonte de carbono na produção de composto orgânico.

No caso dos pequenos municípios, o modelo de gestão de resíduos predominante prioriza a coleta. A disposição final ainda é um problema sério em função dos altos custos envolvidos e das limitações orçamentárias que restringem o acesso a equipamentos adequados como os aterros sanitários, levando muitos a destinar seus resíduos em lixões ou aterros controlados (Junkes, 2002; Campos, 2005).

Esse estudo teve por objetivo a elaboração de um modelo de gestão de resíduos da arborização urbana para pequenos municípios, a partir de uma caracterização dos modelos de gestão e desafios enfrentados pelos pequenos municípios do Estado de São Paulo, Brasil, para destinação desses materiais e considerando suas particularidades técnicas, administrativas e econômicas que muitas vezes inviabilizam uma correta destinação dos resíduos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para esse estudo, foram considerados como pequenos, os municípios com população inferior a 35.000 habitantes. A classificação dos municípios quanto ao porte, baseou-se em dados do Censo Demográfico do IBGE (2010), segundo o qual o Estado de São Paulo é formado por 645 municípios, sendo 472 considerados como de pequeno porte. De forma aleatória, foram selecionados 121 municípios para análise, ou seja, cerca de 25% do total.

Para a coleta de dados foi elaborado um questionário com perguntas objetivas e abertas, tratando sobre a identificação dos agentes responsáveis pela poda, remoção e destinação dos resíduos; os custos com esses serviços; o volume de resíduos gerados; e os procedimentos de gerenciamento adotados pela prefeitura municipal.

O critério de escolha dos indivíduos convidados a participar da entrevista foi, essencialmente, ser funcionário público municipal responsável pela gestão dos resíduos da arborização urbana naquele município. Assim, o questionário foi respondido por secretários ou diretores municipais de meio ambiente, obras e agricultura ou por técnicos dessas secretarias/divisões/diretorias. Para tanto, foi necessário contatar cada prefeitura, com antecedência, para identificação do responsável. Os entrevistados puderam consultar documentos, processos, relatórios e outros técnicos do setor para complementar suas respostas.

As entrevistas foram realizadas pessoalmente, por telefone ou por meio eletrônico (e-mail), entre os meses de janeiro e dezembro de 2011. Os dados obtidos foram inseridos em planilhas no software Microsoft Excel 7.0 para análise.

A partir dos resultados foram discutidas ações para o correto gerenciamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicaram uma baixa diversidade de espécies em 34% dos casos, segundo a percepção dos técnicos entrevistados, sendo 23 as espécies mais plantadas. Dentre essas, o Oiti (*Licania tomentosa Benth*) é a espécie mais adotada atualmente, seguida pelo Ipê (*Tabebuia sp*), Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), Falso Chorão (*Schinus molle L.*) e Quaresmeira (*Tibouchina granulosa Cogn.*). E as respostas indicaram, ainda, uma tendência de plantio de arbustos como a Murta (*Murraya paniculata*), Alfeneiro (*Ligustrum vulgare*) e Escova-de-Garrafa (*Callistemon sp*), em função do pequeno porte e por serem consideradas de fácil manutenção. Outros argumentos apresentados para essa substituição de árvores por arbustos foram o menor risco para a fiação aérea; sistema radicular reduzido, que não danifica calçadas e fundações; por serem baixos reduzem os riscos para a segurança dos imóveis, de queda de galhos ou tombamento.

Em 55% dos municípios responderam que é a prefeitura quem define as espécies que serão plantadas nas vias, parques, praças e outros espaços públicos urbanos. Entretanto, em 27% dos municípios essa decisão é tomada pelo próprio morador.

Quanto aos serviços de poda e remoção, em 97% dos municípios a prefeitura é a responsável pela avaliação das árvores e aprovação da execução do serviço. Em 2% dos municípios a realização desses serviços é definida pelo morador e, em 1% pelo COMDEMA. Em relação a execução dos serviços, a prefeitura é responsável em 44% dos municípios analisados; os moradores em 13%; e em 18% deles a poda e remoção é realizada em parceria entre prefeitura e morador.

Para avaliar a necessidade de realização da poda ou remoção de uma árvore, uma série de critérios são adotados pelas prefeituras, dentre eles: o estado fitossanitário da árvore e os riscos que ela representa ao habitantes e ao patrimônio público (32,5%); a necessidade de controle dos galhos perto da rede elétrica (16%); e a necessidade de poda de condução (12,4%).

Os fatores geradores de resíduos estão diretamente relacionados à forma de condução das operações da poda; ao nível de capacitação da mão de obra; ao modelo de urbanização e planejamento dos espaços públicos, dos loteamentos, das vias e, de forma geral, do sistema de infraestrutura existente na cidade, tais como fiação de energia elétrica, fiação telefônica e de TV a cabo. A própria relação do morador com a árvore no espaço urbano e a falta de políticas norteadoras da arborização urbana são fatores que também contribuem para uma maior ou menor geração de resíduos (MEIRA, 2010).

Quanto à quantificação, 50% dos municípios não possuía qualquer dado em relação a volume gerado por período de tempo. Dentre os poucos que quantificaram seus resíduos em algum momento, muitos realizaram apenas uma estimativa geral por quantidade de caçambas coletadas ou por toneladas (Tabela 1). Essa é outra grande dificuldade apresentada pelos municípios e que na prática se reflete no planejamento e gerenciamento inadequado quanto aos resíduos da arborização urbana, pois é fundamental saber o quanto se gera para se definir as melhores estratégias de redução e valorização.

Tabela 1. Quantidade mensal estimada de resíduos da arborização urbana em função do porte do município

Quantidade mensal de resíduos		Municípios com até 10.000 habitantes	Municípios com 10.001 a 20.000 habitantes	Municípios com 20.001 a 35.000 habitantes
m ³	Média	20,5	91,3	253,9
	Desvio padrão	20,6	101	254,7
	Coefficiente de Variação (%)	100,7	110,7	100,3
Toneladas	Média	12,3	54,8	152,8
	Desvio padrão	12,3	60,6	152,4
	Coefficiente de Variação (%)	100,6	110,7	100,3

A prefeitura municipal também é a principal responsável pela destinação dos resíduos da arborização urbana em 94% dos casos analisados, assumindo muitas vezes a coleta e disposição final mesmo que a poda ou remoção tenha sido realizada pelo morador, concessionária de energia elétrica ou empresa terceirizada, entre outros.

Considerando a execução da poda e remoção pela prefeitura municipal, são várias as secretarias e divisões que realizam esse serviço, mas principalmente a Secretaria, Departamento ou Coordenadoria de Meio Ambiente, ou pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente. Já o setor responsável pela destinação dos resíduos da arborização urbana é frequentemente, a secretaria ou departamento de obras e serviços, seguido pelo serviço de limpeza pública do município. O que demonstra um grande obstáculo para um gerenciamento integrado dos resíduos da arborização urbana, pois o planejamento acaba sendo feito em diferentes instâncias, dificultando a adoção de ações conjuntas em busca de maior eficiência no serviço, redução e aproveitamento dos resíduos.

Quanto a disposição dos resíduos da arborização urbana, 40% afirmaram fazer uma correta destinação e valorização, mas 60% ainda não fazem nenhum tipo de aproveitamento destes resíduos. As diferentes formas de disposição e/ou valorização são listadas na Figura 1.

Dispor os resíduos da arborização urbana em um aterro não é mais uma opção após a sanção da Lei nº 12.305/2010 que estabelece a Política Nacional de Resíduos sólidos, pois qualquer material com potencial de aproveitamento não deve ser enviado para aterros sanitários. Quando enviados para terrenos da prefeitura, ou “bota-foras”, perde-se um material que poderia ser aproveitado e que acaba sendo misturado a outros resíduos, principalmente de construção civil, dificultando ainda mais sua correta disposição final. Esses locais se transformam em verdadeiros lixões ou bota fora com risco para o ambiente e para a população, atraindo pragas e animais peçonhentos, além de causar degradação da paisagem e poluição do ar, quando queimados à céu aberto.

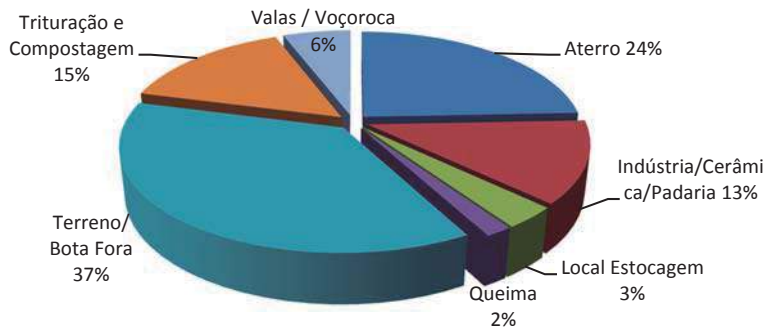


Figura 1. Formas de disposição e/ou valorização dos resíduos da arborização urbana nos pequenos municípios do Estado de São Paulo

Os resultados indicaram que alguns municípios estão procurando melhores soluções e técnicas de valorização viáveis do ponto de vista ambiental, econômico e social. Na Figura 2 são apresentadas as formas mais comumente adotadas para aproveitamento de resíduos pelos pequenos municípios analisados.

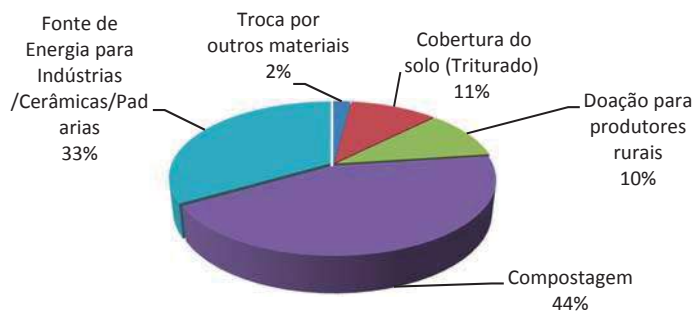


Figura 2. Tipos de aproveitamento dos resíduos da arborização urbana pelos pequenos municípios do Estado de São Paulo, Brasil

O plano de gerenciamento dos resíduos da arborização urbana deve considerar que as melhores alternativas de aproveitamento variam de acordo com a realidade do município e as características dos resíduos. Resíduos de árvores de grande porte podem ter grande potencial de aproveitamento interno, como madeira serrada para construção de equipamentos urbanos por exemplo, se a prefeitura dispuser de uma serraria. Se não contar com equipamentos para desdobro da madeira, pode ser mais adequado doar ou vender para outros usuários.

A compostagem é uma alternativa de valorização muito aplicada, pois o composto orgânico gerado pode ser utilizado em viveiros municipais, parques e jardins ou ainda ser doado ou vendido para os agricultores da região. Mesma finalidade pode ser dada ao material triturado na forma de cavaco, que pode ser usado como cobertura de solo ou doado a produtores da região para uso como cama de frango por exemplo (Fátima, 2007).

A produção de lenha e carvão vegetal também se caracteriza como uma das soluções potenciais para os resíduos de poda. Não exige muita segregação, além de ter um mercado potencial em praticamente todas as regiões. Essa aplicação utiliza somente material lenhoso com diâmetro acima de 8 cm (Meira,2010).

No caso de venda e doação, a prefeitura deve estar ciente da legislação pertinente, uma vez que ao ser transformado em produto ou matéria prima, os resíduos passam a ser tratados como bens públicos.

Outra possibilidade é a produção de pequenos objetos de madeira (POMs) como artigos utilitários e decorativos; artigos para escritório; artigos para jardinagem e paisagismo; brindes e presentes; artigos para animais de estimação; cabo de ferramentas e similares; embalagens;

artigos para agricultura, pecuária e pesca; brinquedos e componentes para móveis; entre outros (Sternadt, 2002). Nesse caso, o aproveitamento pode ser associado a cursos de capacitação profissional em marcenaria, dentro dos programas sociais da prefeitura, contribuindo para a inclusão social, gerando novos postos de trabalho e renda. Outras matérias primas como cascas, folhas, frutos e sementes podem ser obtidas a partir dos resíduos da arborização urbana e também podem ser utilizadas para dar acabamentos ao POMs (Nolasco e Meira, 2010).

O plano deve prever, também, ações emergenciais resultantes de intempéries, quando é gerada uma quantidade de resíduos acima do normal pela queda galhos e de árvores. Neste caso, é recomendável definir uma área para armazenamento do material lenhoso e incluir um sistema de triagem, separando a madeira do material fino de decomposição mais rápida. A queima nunca deve ser utilizada como forma de gerenciamento, uma vez que é proibida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A capacitação dos operadores que realizam os serviços de poda e remoção é fundamental para que se estabeleça uma adequada intensidade de poda e, com isso, a redução da geração de resíduos.

A educação ambiental também é muito importante. Trabalhos de sensibilização da população sobre a importância das árvores para a qualidade de vida nas cidades, melhorando a relação entre o cidadão e a arborização urbana é fundamental. Com isso, é possível reduzir a rejeição das árvores, o que geralmente ocorre em função da escolha inadequada da espécie e do local impróprio para o plantio, o que resulta em entupimento de calhas, quebra de calçadas, comprometimento da segurança das residências, entre outros.

Inúmeras são as alternativas para valorização e a escolha das alternativas mais adequadas deve levar em consideração, ainda, o volume gerado mensalmente, a sazonalidade na geração, as características dos resíduos e a infraestrutura local e regional que permita sua transformação.

O plano de gerenciamento de resíduos da arborização urbana deve ser elaborado através de um comprometimento público, em formato de lei municipal, estabelecendo um compromisso de acordo com as definições de responsabilidades definidas pela Política Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos.

Os objetivos e ações a serem assumidos na gestão dos resíduos da arborização urbana em pequenos municípios do Estado de São Paulo, devem prever a mudanças de infraestrutura e formação de pessoas, minimização e formas de valorização adequadas, assim como o fortalecimento de políticas públicas ambientais e maior comprometimento institucional. Os recursos disponibilizados devem estar claros e definidos de acordo com o plano plurianual do município, sabendo também dos custos que envolvem o gerenciamento dos resíduos da arborização para encontrar as soluções adequadas à realidade do orçamento municipal.

Quanto aos custos dos serviços de poda e remoção, transporte e disposição dos resíduos, a grande maioria dos municípios, 64%, não possui qualquer estimativa. E dentre os municípios que quantificam, frequentemente só levam em consideração os custos de poda por árvore, sem terem informação dos custos envolvendo transporte e disposição final dos resíduos.

Como resultado, o modelo de gerenciamento de resíduos da arborização para pequenos municípios do Estado de São Paulo desenvolvido neste trabalho encontra-se na Figura 3.

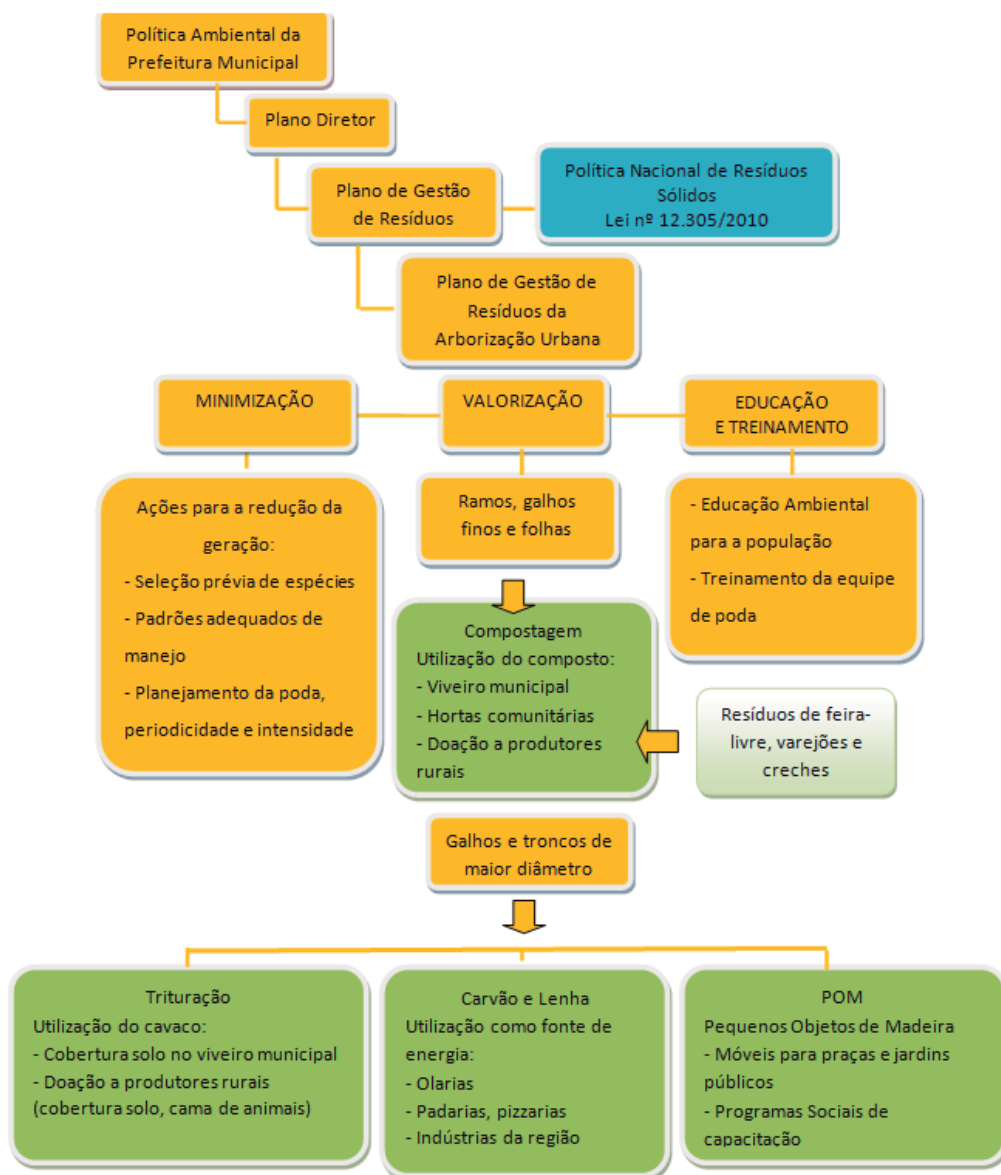


Figura 3. Plano de Gerenciamento de resíduo da Arborização Urbana para Pequenos Municípios do estado de São Paulo.

O plano acima foi avaliado pelos municípios que participaram desse projeto e 99% deles consideraram que o modelo desenvolvido pode ser de útil e ajudar o município na gestão dos resíduos da arborização urbana, assim como é claro e de fácil compreensão.

4 CONCLUSÃO

Os pequenos municípios do estado de São Paulo apresentam uma grande dificuldade em gerenciar os resíduos da arborização urbana. O principal responsável pelos serviços de poda e remoção, assim como pela destinação dos resíduos é a prefeitura municipal através de diferentes secretarias e/ou diretorias e divisões. A maioria dos municípios não realiza a quantificação dos resíduos e não contabilizam os custos com os serviços de poda, remoção e destinação final dos resíduos da arborização urbana, o que dificulta ainda mais a adoção de soluções de redução e valorização.

Há uma grande tendência para a trituração desses resíduos, sejam estes utilizados como cobertura de solo pelos produtores rurais da região ou encaminhados para a compostagem. Alguns municípios destinam para uso como fonte de energia em pizzarias, indústrias ou cerâmicas.

O modelo de gerenciamento desenvolvido teve excelente avaliação pelos municípios, podendo funcionar como guia no planejamento municipal, sendo de fácil entendimento e capaz de direcionar os programas de gerenciamento com foco na redução e valorização dos resíduos da arborização urbana.

Embora muitos municípios detenham conhecimento técnico sobre o que pode ou não ser feito com os resíduos da arborização, na prática os entraves políticos e a falta de recursos humanos e financeiros dificultam um correto gerenciamento.

Nesse sentido, o plano desenvolvido pode servir de modelo para a elaboração do plano de gerenciamento de resíduos da arborização urbana em cada município, dimensionando os recursos necessários para a sua execução, sendo eles técnicos, humanos ou financeiros e cobrando sua execução, já que todos os municípios brasileiros devem atender à Política Nacional de Resíduos Sólidos, estando sujeitos à sanções no caso de não adequação, podendo perder os repasses de recursos financeiros destinados à melhoria deste setor.

Por fim, o plano de gerenciamento de resíduos da arborização urbana deve priorizar os aspectos e características locais, incentivar a educação ambiental e o treinamento dos técnicos, integrando todos os atores, sendo legitimado através da legislação municipal para que as atividades tenham continuidade mesmo com as mudanças administrativas.

REFERÊNCIAS

Brasil. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Lei no. 12305 de 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 16 ago. 2010.

Campos, J. de O.; Braga, R. *Gestão de resíduos: valorização e participação*. Rio Claro: LPM/IGCE/UNESP, 2005.

Fátima, M. *Diagnóstico da poda urbana na da Cidade do Recife/PE*. 2007. Disponível em <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/?id=20352>>. Acesso em: 14 ago. 2010.

IBAM. *Instituto Brasileiro de Administração Municipal*. Disponível em: <<http://www.ibam.org.br/info/lam>> Acesso em 28 de fev 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estimativas populacionais para os municípios brasileiros em 01.07.2009*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2009/default.shtm>>. Acesso em: 12 jul. 2010.

Junkes, M. B. *Procedimentos para Aproveitamento de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios de Pequeno Porte*. Tese Mestrado. Florianópolis, 2002. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/9349.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2010.

Lopes, A. A. *Estudo da Gestão e do Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município de São Carlos (SP)*. 2003. 178p. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2003.

Meira, A. M. de. *Gestão de Resíduos da Arborização Urbana*. Tese Doutorado. Piracicaba, 2010. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-19042010-103157/>> Acesso em: 30 jun. 2010.

Piracicaba. Secretaria de defesa do meio ambiente. *Plano de Saneamento Prefeitura Municipal de Piracicaba*. 2007. 185p.

Prefeitura do Município de São Paulo. *Programa de aproveitamento de madeira de poda de árvores*. Lei 14.723 de 2008. Disponível em <http://www2.prefeitura.sp.gov.br/noticias/ars/santo_amaro/2009/07/0006>. Acesso em: 20 jul. 2009.

Ramos, L. P. *Panorama dos resíduos de poda urbana nos municípios do estado de São Paulo*. Piracicaba, 2008.

Sternadt, G. H. *Pequenos objetos de madeira - POM, compostagem de serragem de madeira*. Brasília, DF: Ibama-Laboratório de Produtos Florestais, 2002. 29p.

Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios da Bacia Hidrográfica do PCJ, São Paulo, Brasil

Adriana Maria Nolasco

University of São Paulo Superior College of Agriculture “Luiz de Queiroz”, Department of Forest Science, Piracicaba, São Paulo, Brasil

amnolasc@usp.br

Aline de Fátima Rocha Meneses

University of São Paulo Superior College of Agriculture “Luiz de Queiroz”, Department of Forest Science, Piracicaba, São Paulo, Brasil

aline.fatima.meneses@usp.br

ABSTRACT: To solve the problems about the management of municipal solid waste, was enacted in 2010 a Federal Law No. 12.305 - National Policy on Solid Waste. The Municipal Solid Waste Management Plan, is the main instrument for the management of municipal solid waste and mandatory requirement for municipalities to access the federal resources for waste management. This study aimed to raise the number of municipalities in the region of the PCJ Watershed, State of São Paulo, which designed the plan and identify challenges to design this. Was used secondary data and interviews with secretaries, directors and technical environment of these municipalities. The main challenges faced by municipalities in planning are: difficulty in the diagnosis, lack of qualified staff in sufficient numbers, lack of financial resources and high costs for development; few specialized companies with legal requirements; difficulty in defining priorities and goals that can actually be implemented.

Keywords: National Policy on Solid Waste, Waste management, Urban waste

RESUMO: Visando solucionar os problemas relacionados à gestão de resíduos sólidos urbanos, foi sancionada em 2010 a Lei Federal nº 12.305 - Política Nacional de Resíduos Sólidos. O Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos, é o principal instrumento para a gestão de resíduos sólidos urbanos e requisito obrigatório para as prefeituras acessarem os recursos federais para o gerenciamento de resíduos. Este estudo teve como objetivo levantar o número de municípios da região das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), Estado de São Paulo, que elaboraram o plano e identificar os principais desafios na elaboração, subsídio para a formulação de políticas públicas. Os principais desafios são: dificuldade para realização do diagnóstico; falta de corpo técnico capacitado e em número suficiente; falta de recursos financeiros; poucas empresas que atendam aos requisitos legais para contratação; dificuldade em definir prioridades e metas.

Palavras-chave: Política Nacional de Resíduos Sólidos, Gestão de resíduos, Resíduos sólidos urbanos

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2012), a produção de lixo no país vem crescendo em ritmo mais acelerado que o crescimento populacional. O levantamento mostrou que de 2011 para 2012, a geração de resíduos sólidos urbanos cresceu 1,3%, enquanto o crescimento populacional urbano foi de 0,9%.

O município passa a partir da década de 1990, a ser um local privilegiado no tratamento dos problemas ambientais que afetam diretamente a qualidade de vida da população, como a gestão de resíduos sólidos, resultado da aplicação do princípio “Pensar Global, Agir Local” e de

uma série de políticas públicas como a Agenda 21; o Projeto Ambiental Estratégico Município VerdeAzul, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo; e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010). É no território municipal que se manifestam os problemas ambientais e ao poder público municipal é delegada a responsabilidade pela solução de boa parte desses problemas.

Para que os governos municipais encontrem soluções viáveis do ponto de vista ambiental, social e econômico para os problemas ambientais, é fundamental o entendimento preciso desses problemas e da legislação pertinente, a definição de prioridades, o conhecimento de técnicas adequadas para seu enfrentamento, além de um comportamento institucional criativo, proativo e inovador, além de rapidez nas decisões políticas. É indispensável, ainda, a participação popular, de forma que o poder público compartilhe com a comunidade local as responsabilidades pelas decisões e implementação das ações.

Nesse contexto, o enfrentamento dos problemas ambientais deixa de ser tratado de maneira pontual e passa a ser abordado de maneira sistêmica com base em ações integradas, monitoradas e participativas.

Depois de vinte anos de discussões, foi sancionada em 2010, a Lei Federal nº 12.305, que instituiu no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e definiu os princípios, estratégias e responsabilidades na gestão dos resíduos.

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, é o principal instrumento da lei para a gestão de resíduos sólidos urbanos. Sua elaboração é requisito obrigatório para as prefeituras acessarem os recursos federais para implementação de programas de gerenciamento de resíduos. Entretanto, apesar de ter sido estabelecido o prazo até agosto de 2012 para sua elaboração, de acordo com a Pesquisa sobre Resíduos Sólidos, realizada pela Confederação Nacional de Municípios (CNM) entre os meses de maio e julho de 2012, que aplicou questionários em 3.457 municípios de todos os estados (cerca de 62% do total do país), apenas 9% concluíram o plano de gestão de resíduos (Estado de Minas, 2012).

O não atendimento à legislação resulta na restrição de acesso aos recursos federais para realização das atividades de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, o que pode comprometer a qualidade de vida nas cidades e resultar em impactos ambientais negativos e riscos à saúde pública.

Este estudo teve por objetivo analisar nos municípios das Bacias Hidrográficas do PCJ, o cumprimento ou não dos requisitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos em relação à elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e identificar os desafios encontrados nesse processo, visando subsidiar ações de apoio à elaboração do plano nos demais municípios brasileiros.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na região das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, nos 62 municípios que tem sua sede na área de drenagem da região, dos quais 58 estão localizados no estado de São Paulo e 4 estão no estado de Minas Gerais (Figura 1). Nas Bacias PCJ encontram-se cinco Regiões de Governo (RG) do Estado de São Paulo: RG Campinas, RG Jundiaí, RG Piracicaba, RG Limeira e RG Bragança Paulista, as quais constituem níveis de gestão político-administrativa intermediários entre a Região Administrativa e os municípios. (Agência das Bacias PCJ, 2012).

A área localiza-se entre os meridianos 46º e 49º oeste e as latitudes 22º e 23,5º sul, apresentando uma extensão aproximada de 300 km, no sentido leste-oeste, e de 100 km, no sentido norte-sul (Agência das Bacias PCJ, 2012).



Figura 1. Municípios das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Fonte: CONSÓRCIO PCJ, 2013.

Para a coleta de dados foi elaborado um questionário com perguntas objetivas e abertas, tratando sobre:

- (i) Elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos - identificação e quantificação dos municípios que elaboraram os planos no prazo legal, dos municípios em fase de elaboração, e daqueles que não elaboraram os planos;
- (ii) Identificação dos responsáveis pela elaboração dos planos - municípios que tiveram seus planos elaborados pelas equipes técnicas da prefeitura, municípios que contrataram empresas ou consultorias para a elaboração, e outros;
- (iii) identificação das principais dificuldades encontradas pelas prefeituras que não elaboraram seus planos no prazo, ações que foram tomadas para resolver o problema e sugestões para solução.

As entrevistas (roteiros semi-estruturados) foram realizadas com os responsáveis pela elaboração dos planos em 49 municípios da região - técnicos, prefeitos, secretários/diretores de meio ambiente e técnicos de empresas contratadas - via e-mail, telefone e pessoalmente, através de visitas às prefeituras e/ou empresas, no período de janeiro a dezembro de 2013.

A análise dos dados considerou o porte do município de acordo com a classificação do IBGE: pequeno porte para municípios com população até 50.000 habitantes; médio porte para municípios com população de 50.001 até 100.000 habitantes; e grande porte para aqueles com população acima de 100.001 habitantes (IBGE, 2010).

Os dados obtidos foram inseridos em planilhas no software Microsoft Excel 7.0 para análise.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 49 municípios analisados, somente 26,5% haviam concluído a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos até outubro de 2013. Enquanto que 65,3% estavam em fase de elaboração e 8,2% ainda não haviam iniciado o processo (Tabela 1).

Tabela 1. Situação dos municípios das Bacias Hidrográficas do PCJ em relação à elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

Situação	Municípios (número)	Municípios (%)
Elaboraram o Plano	13	26,5
Plano em elaboração	32	65,3
Não elaboraram o plano	4	8,2
Total de respostas	49	100

Dos 13 (treze) municípios que já haviam elaborado seus planos, 8 fizeram parte de Planos de Resíduos Sólidos de Regiões Metropolitanas ou Aglomerações Urbanas, no caso, municípios da região de Campinas - SP, e 5 desenvolveram individualmente seus Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (Tabela 2).

Tabela 2. Tipos de planos de gestão de resíduos sólidos elaborados pelos municípios das Bacias Hidrográficas do PCJ

Tipo de plano	Municípios (número)	Municípios (%)
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	5	38
Planos de Resíduos Sólidos de Regiões Metropolitanas ou Aglomerações Urbanas	8	62
Total de respostas	13	100

Os municípios consorciados - Santa Bárbara D'oeste, Hortolândia, Elias Fausto, Americana, Capivari, Monte Mor, Nova Odessa e Sumaré - faziam parte do Consimares (Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Campinas). Os municípios que elaboraram o plano individualmente foram: Piracicaba, Salto, Cabreúva, Valinhos e Águas de São Pedro.

Do total de municípios que elaboraram o plano, apenas 2 o fizeram contando somente com a equipe da Prefeitura Municipal. Os demais, 11, contrataram empresas de consultoria.

A Fundação Agência das Bacias PCJ teve um papel importante nesse processo, contratando duas empresas para apoiar os municípios na revisão dos Planos Municipais de Saneamento Básico e na elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, alguns ainda em desenvolvimento. Somente 2 municípios elaboraram seus planos com recursos financeiros próprios.

A maioria dos municípios que elaboraram o plano era de grande porte (54%), seguido pelos de pequeno porte (38%). Somente 1 município de médio porte concluiu a elaboração até o período do estudo (8%). Um dos fatores que permitiu que um grande número de pequenos municípios da região também conseguissem elaborar seus planos foi a organização na forma de consórcio. Já no caso dos municípios maiores, a disponibilidade de corpo técnico capacitado e em maior número e o acesso a recursos financeiros dos governos estadual e federal, foram fatores que também contribuíram para o desenvolvimento do plano.

Dos 32 municípios que se encontravam em fase de elaboração do plano, 24 eram de pequeno porte, ou seja, 75%; 2 de médio porte (6%) e 6 de grande porte (19%). Limitações relacionadas a recursos humanos e financeiros é o principal fator limitante para os pequenos municípios. Para os grandes, além dessas limitações, outro fator importante citado foi a complexidade dos problemas devido ao porte e a dificuldade de viabilização política nas audiências públicas.

Somente 2 municípios de pequeno porte, 1 médio e 1 grande ainda não haviam iniciado o processo de elaboração do plano. Isso demonstra a preocupação das prefeituras municipais da região no cumprimento dos requisitos legais.

As principais dificuldades relatadas pelos entrevistados para elaboração dos planos são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Principais dificuldades apontadas pelos entrevistados na elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

Principais dificuldades na elaboração do plano	Número de citações
Falta de dados sobre caracterização e quantificação dos resíduos	39
Falta de recursos humanos – número limitado de funcionários	32
Falta de recursos financeiros	31
Dificuldade de análise dos dados para definição de cenários futuros e metas	24
Dificuldade de encontrar empresa especializada na área que atenda a todos os requisitos da licitação para contratação de serviço	13
Prazo insuficiente determinado pelo governo federal em relação à realidade de infraestrutura dos municípios para elaboração dos planos	11
Falta de conhecimento do poder executivo sobre o assunto e sua importância	11
Entraves burocráticos para obtenção de verbas para contratação de empresa especializada	11
Falta de equipe técnica capacitada para elaboração do plano na prefeitura	10
Tema considerado extremamente complexo	7
Não encontrou dificuldades	1

A falta de conhecimento sobre a caracterização e quantificação dos resíduos foi apontada como o principal desafio para elaboração dos planos de gerenciamento de resíduos. Grande parte das prefeituras municipais nunca realizaram análise gravimétrica dos seus resíduos e têm informações somente em relação ao volume total gerado, pois o modelo de gerenciamento predominante é a coleta e disposição em aterro sanitário, o que não exige caracterização detalhada dos resíduos.

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos se baseia em um modelo de gerenciamento que prioriza as ações de redução da geração, valorização de resíduos e disposição em aterro somente dos dejetos, ou seja, materiais que não possuem potencial de aproveitamento até aquele momento em função de limitações tecnológicas ou inviabilidade econômica. Nesse contexto, para tomar decisões sobre destinação dos resíduos, é preciso um conhecimento muito mais detalhado sobre os tipos, locais de geração, fatores geradores e quantidade de cada tipo.

Sem essas informações o risco de fracasso de programas de coleta seletiva e as parcerias para logística reversa, por exemplo, ficam comprometidas. Como calcular a infraestrutura necessária (caminhões, galpão, máquinas, trabalhadores, etc.)? Como dimensionar o número de dias e roteiros de coleta de recicláveis e orgânicos? Sem esses dados, não é possível a tomada de decisão técnica e os programas continuarão sendo de cunho social e não ambiental, como acontecesse na maior parte do país.

Muitas vezes, também, os dados estão dispersos em diferentes setores da prefeitura, o que dificulta sua localização, acesso e organização. A criação de um banco de dados sobre resíduos passa a ser fundamental para que os municípios elaborem seus planos e possam monitorá-los do ponto de vista ambiental, social e econômico. Isso, utilizando indicadores de sustentabilidade que deveriam ser previstos nos planos.

A falta de recursos humanos e financeiros apareceram em segundo lugar nas citações sobre dificuldades para elaboração dos planos. Especialmente nos pequenos municípios, muitas vezes as prefeituras contam com 1 ou 2 funcionários para cuidar de todas as questões ambientais. Soma-se a isso, a falta de capacitação técnica, o que explica a dificuldade de conseguir elaborar o plano.

O pequeno número de técnicos na área atuado em cada prefeitura, dificulta a elaboração do plano e de projetos que permitam a captação de recursos junto aos programas dos governos estadual e federal. Nesse caso, há dois caminhos, a contratação de funcionários próprios e/ou a contratação de empresas especializadas. A vantagem de manter um técnico fixo na área ambiental é a visão de continuidade e a possibilidade de solucionar problemas emergenciais. A contratação de empresas especializadas é importante para a solução de problemas complexos e para o planejamento de ações futuras.

Outro desafio importante relacionado a falta de recursos humanos é a análise dos dados para definição de metas e cenários futuros. Na elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é preciso considerar dados ambientais, sociais e econômicos de curto, médio e longo prazo. São utilizadas informações de projeção de crescimento populacional, plano diretor de desenvolvimento urbano, entre outros. Isso exige conhecimento especializado e pode comprometer completamente o planejamento se não forem analisados de forma correta gerando uma base de dados consistente para subsidiar a tomada de decisão sobre as ações.

As restrições financeiras são relevantes, especialmente nos pequenos municípios com baixa arrecadação. Associada a falta de recursos humanos, o problema fica maior por não conseguir acessar os recursos federais e estaduais, que exigem projetos para sua liberação. Não basta elaborar o plano. É preciso dotação orçamentária para executar as ações propostas e, segundo os entrevistados, os municípios não possuem recursos suficientes e encontram grande dificuldade para acessar os recursos federais.

No caso dos municípios da Bacia do PCJ, uma estratégia fundamental para solução do problema foi o consórcio entre várias prefeituras. Essa estratégia, que é priorizada tanto na política nacional como na política estadual de resíduos sólidos, facilita a contratação de empresas especializadas, reduz o tempo de elaboração dos planos, aumenta sua viabilidade, além de favorecer a implementação de soluções conjuntas e captação de recursos financeiros. Cabe ressaltar que nesse estudo, do total de municípios que já haviam concluído o plano, 62% o fizeram através de consórcio.

O prazo de dois anos determinado para que os municípios elaborassem seus planos foi considerado inadequado pela maioria dos entrevistados. Para os municípios que já tinham o Plano Municipal de Saneamento Básico, houve maior facilidade para elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, pois os dados já estavam organizados e a maior parte das ações de gerenciamento definidas. Entretanto, para os demais, o prazo se mostrou insuficiente tanto para resolver o problema internamente como para viabilizar os processos de licitação para contratação de empresas especializadas, elaborar o plano e realizar as audiências públicas para sua discussão e aprovação.

4 CONCLUSÃO

Apenas uma pequena parcela dos municípios da região (26,5%) conseguiram elaborar os Planos Municipais de Gestão de Resíduos Sólidos no prazo definido pelo Ministério do Meio Ambiente. E, a maior parte deles, só viabilizou a elaboração através da formação de consórcios.

Os pequenos municípios foram os que enfrentaram maiores dificuldades na elaboração dos planos em função das limitações de recursos humanos (técnicos na área ambiental) e de recursos financeiros. Nesse caso, a participação em um consórcio foi fundamental para sua realização.

Os principais desafios enfrentados pelas prefeituras para elaboração dos planos foram a falta de dados suficientes e realistas sobre as características e quantidade de resíduos gerados; falta de corpo técnico capacitado; falta de recursos financeiros para elaboração e implementação dos planos; burocracia para contratação de empresas especializadas; e prazo insuficiente para elaboração, diante da realidade dos municípios.

REFERÊNCIAS

Abrelpe. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Disponível em < <http://www.abrelpe.org.br/> > Acesso em: 23 fev. 2013.

Agência Das Bacias Pcj (Piracicaba). Relatório de Gestão e Situação das Bacias PCJ. Piracicaba - SP 2011.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei no. 12305 de 2010. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 06 fev. 2013.

Brasil. Instituto brasileiro de administração municipal - IBAM. . Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Desenvolvido em parceria com a Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2013.

Brasil. Ministério Das Cidades. . Manejo de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/index.php/programas/266-residuos-solidos.html>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano - SRHU/MMA e Departamento de Ambiente Urbano. Planos de Gestão de Resíduos Sólidos: Manual de Orientação - Apoiando a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos: do nacional ao local. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2013.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano - SRHU/MMA e Departamento de Ambiente Urbano. Planos de Gestão de Resíduos Sólidos: Manual de Orientação - Apoiando a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos: do nacional ao local. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2013.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Departamento de Educação Ambiental. Um pouco de contexto da Educação Ambiental na PNRS. Texto resultante da 4ª Conferência Nacional do Meio Ambiente - Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.conferenciameioambiente.gov.br/wp-content/uploads/2013/07/Um-pouco-de-contexto-da-Educacao-Ambiental-na-PNRS.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/guia_elaborao_plano_de_gesto_de_resduos_rev_29_nov11_125.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2013.

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde Funasa. Sistemas Públicos de Manejo de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/site/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/sistemas-publicos-de-manejo-de-residuos-solidos/>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

Brasil. sindicato das empresas de limpeza urbana no estado de são paulo (selur) e a associação brasileira de resíduos sólidos e limpeza pública (ABLP). (Org.). Guia de orientação para adequação dos Municípios à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Empresa contratada para desenvolvimento foi a pwc. Disponível em: <http://www.ablp.org.br/pdf/Guia_PNRS_11_alterado.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2013.

Comitês PCJ (Brasil). Regimento CBH-PJ. Disponível em: <http://www.comitespcj.org.br/images/Download/Regimento_CBH-PJ.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2013.

Comitês PCJ (Brasil). Deliberação dos Comitês PCJ nº 163/12. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/DelibComitesPCJ163-12.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2013.

Estado De Minas. Pesquisa aponta que apenas 9% dos municípios fizeram plano de gestão de resíduos. Disponível em <<http://www.em.com.br>> Acesso em: 23/04/2013

IBGE (Brasil). IBGE CIDADES@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=sp>>. Acesso em: 25 mar. 2013.

In Natura Soluções Ambientais (Brasil). 90% Dos Municípios Brasileiros Não Entregaram O Plano Municipal De Resíduos. Disponível em: <<http://innaturasa.com.br/90-dos-municipios-brasileiros-nao-entregaram-o-plano-municipal-de-residuos/>>. Acesso em: 06 fev. 2013.

Jacobi, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142011000100010&script=sci_arttext>. Acesso em: 06 fev. 2013.

Programa Cidades Sustentáveis (Brasil). Guia para a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos nos municípios brasileiros de forma efetiva e inclusiva. Disponível em: <<http://www.cidadessustentaveis.org.br/residuos>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

Sinir (Brasil). Planos Intermunicipais de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/2.4-planos-intermunicipais-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 05 fev. 2013.

Recarga de águas subterrâneas com trincheira de infiltração

Alfredo Akira Ohnuma Júnior

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

akira@uerj.br

Luciene Pimentel da Silva

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

luciene.pimenteldasilva@gmail.com

Melissa Cristina Pereira Graciosa

Universidade Federal do ABC, Departamento de Engenharia Ambiental, Santo André/SP, Brasil

melissa.graciosa@gmail.com

Eduardo Mario Mendiondo

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento, São Carlos, São Paulo/SP, Brasil

emm@sc.usp.br

ABSTRACT: Infiltration trenches have major impact on controlling urban runoff, recovering groundwater levels and increasing its storage capacity. Moreover, infiltration trenches may have impact on increasing catchment's base flow. This paper aims to analyze the potential groundwater recharge from infiltration trenches in the urban lot scale. An infiltration trench was constructed on an experimental basis, with area of 8,8m², diameter of 0,1m and depth of 13,0m, designed to retain up to 5,7m³ of stormflow. Stored volumes in the trench were calculated by mass balance, using automatic registered data every minute on two stage gauge stations (input, output) and a rain gauge. Results indicated a retained volume of 15m³ after 5 months. This was equivalent to 40% of the total rainfall monitored during this period.

Keywords: infiltration trench, groundwater, rainwater.

RESUMO: Trincheiras de infiltração têm impacto no controle dos excessos de escoamentos superficiais, na recuperação dos níveis freáticos, contribuindo para o aumento do armazenamento de águas subterrâneas e na recuperação nos níveis de escoamento básico. Este trabalho visa analisar volumes potenciais de recarga das águas subterrâneas com uso de trincheira de infiltração em lote urbano. O experimento consiste da instalação de uma trincheira de infiltração com volume dimensionado para reter até 5,7m³ e área projetada de 8,8m² mais um poço de recarga com diâmetro de 0,1m e 13,0m de profundidade. Para o monitoramento dos volumes armazenados na trincheira foram utilizados 02 linígrafos e 01 estação meteorológica para dados de níveis e precipitação. Os resultados indicam um volume de infiltração de 15m³ em 05 meses de dados monitorados a cada 1 minuto, o que representa 40% do total precipitado correspondente à vazão afluente.

Palavras-chave: trincheira de infiltração, águas subterrâneas, águas pluviais.

1 ALTERAÇÃO NOS VOLUMES DE ESCOAMENTO

1.1 Redução da capacidade de retenção da água no solo

O processo de adensamento nas cidades, cujo avanço ocorre pelo desordenado crescimento demográfico e elevada ocupação de terras por áreas impermeáveis, resulta em inúmeros

problemas de infra-estrutura urbana, sobretudo na escassez de água e inundações em áreas de risco. Fundamentalmente, a descaracterização da cobertura vegetal consiste da mudança dos padrões naturais de drenagem pelo desmatamento e a impermeabilização do solo (Semads, 2001).

Toda área de bacias urbanas é formada por um aglomerado de pequenos lotes. Predominantemente, seu uso se torna restrito pela forma como o lote é ocupado. Um lote ocupado por área de floresta difere hidrológicamente de um lote que é ocupado integralmente por área construída. O pico do hidrograma resultante na saída do lote construído é significativamente maior do que na saída da área florestada, o que significa que a modificação da cobertura vegetal influencia na variação dos volumes de escoamento superficial na área de captação. A partir do instante em que se retira a camada original do solo, planificando-o e compactando-o, permite-se uma perda da capacidade de retenção da precipitação e da infiltração da água no solo, devido às mudanças nos processos hidrológicos locais (Martins, 2004).

Assim, a impermeabilização do solo sem planejamento com construções de telhados convencionais, pavimentações de ruas por asfaltos e calçamentos em concretos, áreas de estacionamento, entre outras, dificulta o processo de penetração das águas pluviais no solo, o que favorece o aumento da parcela de volume de chuva que se converte em escoamento superficial no solo.

À medida que se eleva o percentual de impermeabilidade na bacia, se eleva direta e proporcionalmente o coeficiente de escoamento *runnoff* da área de contribuição do ponto de descarga na bacia (Schueler, 1987). Diferentes tipos de cobertura do solo desempenham funções variadas na geração do escoamento (Wei *et al*, 2014). Casos extremos indicam um aumento de até seis vezes do pico de cheia em relação ao pico anterior na condição de mudança do coeficiente de escoamento superficial (FCTH/PMSP, 1999). Consequentemente, o tempo de resposta da bacia se altera com a urbanização, tornando-a mais veloz e mais susceptível aos efeitos de redução do tempo de concentração das águas urbanas.

1.2 Trincheiras e poços de infiltração

As trincheiras de infiltração surgiram como alternativa aos métodos clássicos de captação das águas pluviais. São estruturas capazes de armazenar a água por um determinado período de tempo, cuja infiltração ocorre naturalmente pelo solo a partir da área drenante na superfície. Também são denominadas trincheiras de percolação ou trincheiras drenantes, sendo consideradas uma das principais técnicas compensatórias em drenagem urbana. Quando instaladas em áreas de lotes, sua aplicação tende a reduzir os volumes de cheias e retardar os picos de hidrogramas (Graciosa, 2005). A concepção de projeto das trincheiras de infiltração tem como objetivo principal neutralizar os efeitos da urbanização como medida de controle na fonte sobre os processos hidrológicos da bacia, na forma de captação e armazenamento de águas pluviais em pequenas áreas de drenagem. Tendo como ano-base 2007, as trincheiras de infiltração possuem custo de implantação estimado em US\$ 50 (dólares) por metro linear construído e custo de operação e manutenção em torno de US\$ 16 (dólares) por metro anualmente (ReCESA, adaptado 2007). Este trabalho visa analisar volumes de recarga das águas subterrâneas a partir da implantação de uma trincheira de infiltração em lote urbano com uso de monitoramento hidrológico.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de drenagem do Lote experimental

O lote experimental localiza-se no município de São Carlos, distante 230 Km de São Paulo, capital do Estado de São Paulo, Brasil. O município encontra-se a uma altitude média de 860 metros e

tem área total de 1141Km², mas apresenta apenas 67Km² de área urbana, o que representa apenas 6% da área total. A população estimada é de 236.457 habitantes, cuja ocupação está concentrada em 33,25Km² da área urbana (IBGE, 2013). Possui clima úmido subtropical, de acordo com a classificação climática Köppen, com precipitação média anual de 1422mm e temperaturas máxima e mínima de 27°C e 15°C (Cepagri/Unicamp, 2014).

A área de estudo está localizada no extremo norte das bacias do município, como contribuinte da Bacia do Córrego do Jararaca, afluente do Rio Mogi Guaçu. O lote possui área total de 500m², com área de contribuição para a trincheira e poço de infiltração de 160 m², correspondente a 120m² em grama e 40m² em área impermeável de concreto (Figura 1). As Tabelas 1 e 2 apresentam as informações hidrológicas e as características físicas da técnica utilizada no estudo para o dimensionamento pelo Método de Envelopamento Pluvial ou *Rain Envelope Method* (REM), que consiste do cálculo do volume de armazenamento como a diferença entre o volume de entrada e saída da trincheira, baseadas em Jonasson (1984) e Urbonas e Stahre (1993).

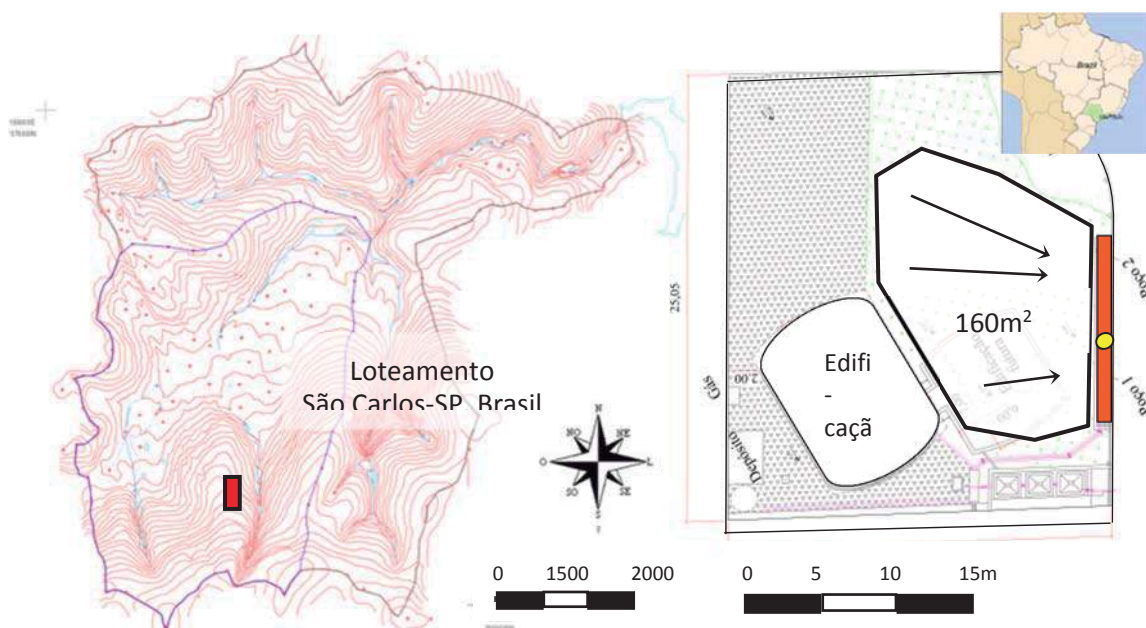


Figura 1. Bacia do Córrego do Jararaca (adaptado Pinto, 2010) e área de loteamento com instalação da trincheira de infiltração no município de São Carlos, SP - Brasil.

Tabela 1. Dados hidrológicos para o dimensionamento da trincheira:

Dado	Discriminação	Valor	Unid.
<i>T</i>	Período de retorno	2	anos
<i>I</i>	Intensidade pluviométrica	50,0	mm·h ⁻¹
<i>V_t</i>	Volume útil da trincheira	1,08	m ³

Tabela 2. Características físicas da trincheira executada:

Dado	Discriminação	Valor	Unid.
<i>H</i>	Altura útil da trincheira	0,7	m
<i>B</i>	Largura da trincheira	0,7	m
<i>L</i>	Comprimento da trincheira	12,0	m

Associado à trincheira foram instalados 02 poços tubulares profundos de recarga com penetração do lençol freático, diâmetro de 0,20m e profundidade de 13m e 0,7m com tubo perfurado em PVC e recobrimento com manta geotêxtil. A caracterização do solo por análise granulométrica conjunta pela NBR 6502 e 5734/80 classifica o solo como areia média a fina marrom claro com a seguinte composição: 5% areia grossa, 38% areia média, 21% areia fina, 12% silte e 24% argila. Para evitar o processo de colmatagem ou de redução da condutividade

hidráulica no interior do dispositivo, foram instaladas mantas geotexteis de recobrimento da área escavada. Como ocorrem eventos intermitentes de precipitação, a fase crítica do processo de colmatação é interrompida à medida que não há suprimento de água de forma contínua para o interior do dispositivo. No entanto, são recomendadas inspeções periódicas, especialmente nos períodos de maior frequência de chuvas.

As medições dos volumes de entrada na trincheira e poço tubular profundo foram realizadas de forma contínua a partir de sensores de pressão ou linígrafos automáticos de precisão, que permitem realizar leituras de níveis a cada minuto. Localizado na seção jusante da estrutura, o poço 2 foi monitorado para obtenção do volume de armazenamento considerando distribuição do nível d'água em todo perfil, inclusive em função da declividade (Figura 2). A estação meteorológica, para obtenção dos dados pluviométricos, foi instalada no próprio lote com coleta de dados também a cada minuto de forma sincronizada com as medições de volumes afluentes à trincheira. O intervalo de discretização dos dados foi programado para um minuto, devido ao reduzido tempo de concentração e da velocidade de escoamento variar muito rapidamente na área de drenagem do lote.

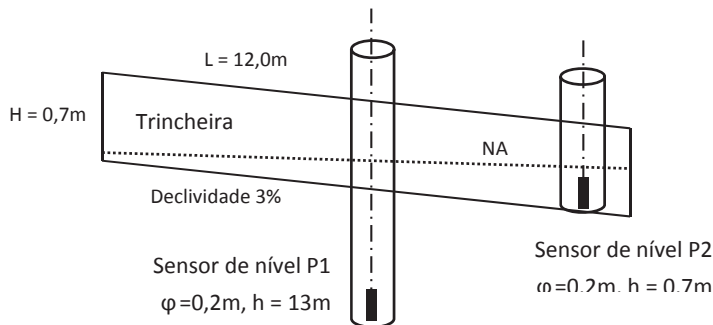


Figura 2. Esquema longitudinal da trincheira e poço: declividade e posição de sensores de níveis.

Para determinação das lâminas de escoamento na trincheira, calcularam-se inicialmente os volumes precipitados ou afluentes obtidos pela multiplicação do nível pluviométrico com a somatória das áreas de contribuição considerando os respectivos coeficientes de escoamento correspondente a cada área (equação 1). As áreas de drenagem e de contribuição à trincheira com 160m² referem-se: ao telhado da edificação, ao jardim em grama e à edificação principal.

$$V_{af} = P \cdot \frac{\left(\sum_{i=1}^n C e_i \times A_i \right)}{A_t} \quad (1)$$

V_{af} : volume afluente ou precipitado (m³); P : precipitação (mm); A_i : parcela de área de contribuição (m²); $C e_i$: coeficiente de escoamento; A_t : área total (m²).

As perdas iniciais foram estimadas como o valor da precipitação acumulada imediatamente anterior ao instante em que se inicia o escoamento.

O volume de armazenamento V_{armaz} na trincheira foi obtido a partir do monitoramento de nível localizado na seção jusante da trincheira (equação 2). O cálculo deste volume considera o nível d'água distribuído em toda seção da trincheira (Graciosa *et al.*,2007), incluindo a declividade.

$$V_{armaz}(t) = \left[\frac{2 \cdot \left[\frac{h(t)}{h_0} \cdot (B - b) \right] + b}{2} \cdot h(t) \right] \cdot \frac{h(t)}{h_0} \cdot L \cdot \frac{l}{2} \cdot \phi_b \quad (2)$$

V_{armaz} (t): volume de armazenamento (m^3); $h(t)$: nível no poço de monitoramento (L); h_0 : altura da trincheira (m); b : base menor da seção transversal da trincheira (L); B : base maior da seção transversal da trincheira (L); L : comprimento da trincheira (L); \emptyset_b : porosidade da brita.

O volume efluente, também denominado volume de infiltração, foi obtido pela diferença entre o volume afluyente e a variação do volume de armazenamento na trincheira (equação 3).

$$\Delta V_{armaz} = V_{af} - V_{ef} \quad (3)$$

ΔV_{armaz} : variação de volume na trincheira (m^3); V_{af} : volume afluyente à trincheira (m^3); V_{ef} : volume efluente à trincheira (m^3).

2.2 Cálculo do volume de armazenamento no poço de recarga

A variação do volume de armazenamento ΔV foi obtido pela diferença dos níveis máximo e mínimo diários, ou Δh , multiplicado pela área da seção transversal do tubo, conforme equação (4):

$$\Delta V = (N_{Max} - N_{Min}) \times A \quad (4)$$

ΔV : variação do volume de armazenamento no poço (m^3); N_{Max} : nível máximo diário (m); N_{Min} : nível mínimo diário (m); A : área da seção transversal do poço (m^2).

A variação de níveis ou Δh é determinado pela diferença entre o pico do hidrograma e o ponto mais baixo da curva de recessão antecedente e extrapolada até o instante em que o pico ocorre (Healy e Cook, 2002).

A subtração do nível mínimo diário supõe reduzir a variação do armazenamento ao considerá-lo como escoamento base.

O cálculo da lâmina equivalente ou efetiva de escoamento subterrâneo foi obtido pela relação entre o volume armazenado e a parcela de área de contribuição do escoamento superficial ao poço, cujo valor considera o coeficiente de escoamento da área (equação 5).

$$L_{eq} = \frac{V}{A_c \times C_e} \times 10^3 \quad (5)$$

L_{eq} : lâmina efetiva de escoamento subterrâneo (mm); V : volume armazenado (m^3); A_c : área de contribuição (m^2); C_e : coeficiente *runoff*.

No coeficiente de *runoff* utilizou $C_e = 0,2$ para cobertura em grama exposta a solo arenoso de pequena a média declividade entre 2 e 7% (ASCE, 1969).

2.3 Estimativa da taxa de recarga no poço

Para determinação da taxa de recarga utilizou-se inicialmente a equação (6) de Zangar (Bowner, 2002), que considera o escoamento da água no poço tanto pelo fundo como pelas paredes. A equação é válida para $L_w > 10 \times r_w$.

$$Q = \frac{(2\pi \times k \times L_w^2)}{\left[\ln\left(\frac{2L_w}{r_w}\right) - 1 \right]} \quad (6)$$

Q : taxa de recarga (m^3 /dia); K : condutividade hidráulica (m/dia); L_w : profundidade da água no poço (m); r_w : raio do poço (m)

Nas condições em que a profundidade do poço L_w é 10 vezes menor que o raio r_w , empregou-se a equação (7) de Darcy:

$$Q = \frac{K \times A \times (h_1 - h_2)}{L} \quad (7)$$

Q: taxa de recarga (m³/dia); K: condutividade hidráulica (m/dia); A: área da seção transversal do cilindro (m²); h₁: carga hidráulica no poço 1 (m); h₂: carga hidráulica no poço 2 (m); L: distância entre os poços (m); G: gradiente hidráulico = (h₁-h₂)/L.

A lei de Darcy (equação 7) é portanto aplicada na estimativa de recarga, cujo fluxo é constante e sem extração de água subterrânea, resultando na equação (8) onde a recarga (R) de um aquífero livre é a velocidade (q) multiplicada pelo tempo (Δt) das medidas consecutivas (Scanlon *et al.*, 2002).

$$R = q \times \Delta t \quad (8)$$

A equação (9) também foi utilizada para estimar a recarga, a partir da relação entre a capacidade específica do meio pela variação da altura do nível freático (Healy e Cook, 2002) ou Método de Flutuação de Superfície Livre, conhecido também como WTF (*Water Table Fluctuation*).

$$R = S_y \times \frac{\Sigma \Delta h}{\Delta t} \quad (9)$$

R: recarga direta (m/período); S_y: rendimento específico (%); ΣΔh: total da variação da elevação do nível no poço (m); Δt: intervalo de tempo de observação (dias).

O cálculo do rendimento específico foi obtido a partir da condutividade hidráulica do solo em equação (10) empírica (Maziero e Wendland, 2008).

$$S_y = 0,117 \times \sqrt[3]{K} \quad (10)$$

S_y: rendimento específico (%), K: condutividade hidráulica (m/dia).

Para obtenção da condutividade hidráulica K, empregou-se a média ponderada a partir da composição granulométrica do solo e dos valores determinados por Maziero (2005), em estudo do aquífero freático na região central do município de São Carlos-SP para 19 piezômetros instalados em rede de monitoramento de águas subterrâneas (Tabela 3).

Tabela 3. Condutividade hidráulica do solo na região de São Carlos-SP:

Solo	K ⁽¹⁾ (m/s)	Composição
Areia média siltosa	7,12 x 10 ⁻⁵	38%
Areia fina siltosa	1,07 x 10 ⁻⁵	21%
Areia fina argilosa	1,43 x 10 ⁻⁶	12%
Argila fina siltosa	5,62 x 10 ⁻⁸	24%

(¹): Maziero (2005)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Volume afluente ao poço profundo P1 e taxa de recarga subterrânea

O escoamento subterrâneo, cujo volume é afluente ao poço profundo, foi monitorado por um período ininterrupto de 6 meses ou 199 dias, entre 25/04/2006 e 10/11/2006. Foram obtidos níveis médios, máximos e mínimos diários para estimar a variação do volume afluente ao poço, à medida que ocorrem naturalmente eventos pluviométricos.

Durante o período analisado, foram registrados 49 dias com total precipitado de 305mm, precipitação máxima diária de 29mm e mínima de 0,3mm. O maior período de estiagem ocorreu entre maio e junho com 33 dias sem chuva. A Figura 3 ilustra em função dos eventos pluviométricos a variação do volume de armazenamento (esq) e respectivas lâminas acumuladas de precipitação e de escoamento subterrâneo (dir).

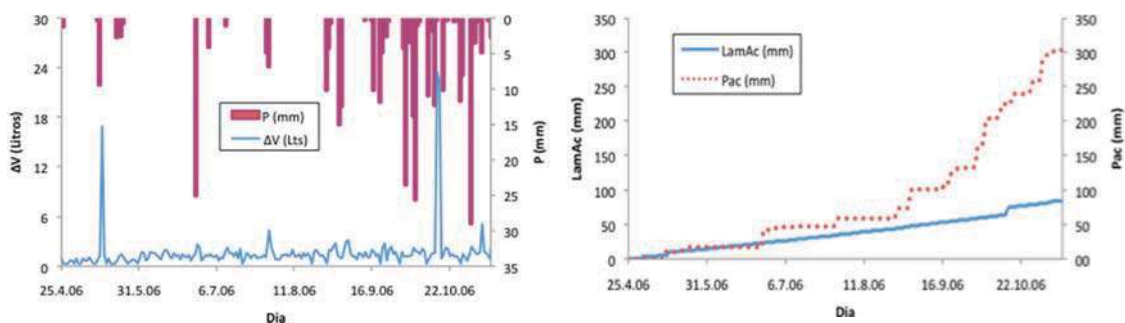


Figura 3. Volume de armazenamento no poço durante eventos pluviométricos .

O evento registrado em 26/06 com precipitação diária de 25mm, após longo período de estiagem, não demonstrou variação significativa do volume na região de saturação ou do lençol a partir da profundidade do poço. Da mesma forma, os eventos observados em 20/09 e 21/09, com total precipitado de 15mm, não ocasionou alteração do volume afluente ao poço. Portanto, embora identificada movimentação de água no interior do poço da zona não saturada para zona de saturação, os dados não permitem informar relação direta entre o volume precipitado e o volume infiltrado no poço, especialmente nas condições de umidade antecedente. Em 14/05 e 16/10 há sobrelevação dos volumes infiltrados de forma que não foram identificadas alterações no descarte de água para drenagem do lote por irrigação manual ou pluviosidade. O descarte provável é de origem montante à área de drenagem do lote com variação brusca na descarga próxima à bacia de microdrenagem, o que pode ter afetado diretamente de forma bastante significativa os volumes afluentes ao poço por escoamento lateral subterrâneo na zona de recarga do aquífero.

A taxa de recarga no poço para uma condutividade hidráulica de 2,5m/dia foi obtida pela equação de Zangar (Bowner, 2002), Darcy e pelo método WTF de Healy e Cook (2002). No método WTF determinou-se a somatória da elevação do nível de 2,3m para um período de 199 dias. A partir das equações (5) e (6) determina-se um rendimento específico S_y de 13,4%, cuja recarga foi estimada em 154,2mm. Para precipitação total de 305mm, obtém-se uma taxa de recarga de 51% no período entre maio e novembro de 2006. O cálculo pelo método de Zangar e Darcy estabelece variações da taxa de recarga no tempo. Na aplicação da lei de Darcy, admitiu-se que a variação da carga hidráulica é equivalente a distância entre os poços de monitoramento. Em ambos os métodos, considerou-se a flutuação média de nível do lençol freático para determinação de sua profundidade. A tabela 4 apresenta os resultados de estimativa de recarga R no lote para os 03 diferentes métodos analisados e determinação da taxa anual de recarga r (%):

Tabela 4. Parâmetros de determinação da recarga por diferentes métodos:

Método	Zangar	Darcy	WTF
R (mm)	140,0	33,2	154,2
r (%)	46	11	51

Embora com parâmetros de cálculo similares, como no caso WTF e Darcy utilizarem a condutividade hidráulica e dados de níveis do lençol freático, notam-se diferenças significativas nos valores de recarga, especialmente nesses métodos. A justificativa provável ocorre na aproximação do gradiente hidráulico igual a unidade, assim como no valor médio considerado da condutividade hidráulica, e sem campanhas específicas de sua determinação por técnicas conhecidas, como a do *slug test*.

3.2 Volume de armazenamento na trincheira

O escoamento subsuperficial na trincheira foi monitorado durante o período de chuvas entre outubro 2006 e março 2007. Devido às condições de contorno do trabalho não foi possível

monitorar simultaneamente as flutuações de níveis no poço de recarga e na trincheira de infiltração. Os resultados consistem de mais de 120 eventos distribuídos em 57 dias com intensidades pluviométricas entre 2 e 75mm/h para o intervalo de discretização no monitoramento de 1 minuto. Na determinação do balanço hídrico na trincheira foram calculados os volumes: afluentes ou precipitados, de armazenamento, assim como as lâminas correspondentes à precipitação acumulada e efetiva acumulada ao escoamento subsuperficial. As figuras 5, 6 e 7 à esquerda ilustram o comportamento dos volumes de armazenamento na trincheira, à medida que se eleva o nível d'água, cuja resposta das lâminas de precipitação e de escoamento é observada nas figuras à direita. As lâminas de escoamento sub-superficial correspondem aos volumes armazenados até o nível máximo adquirido pelo evento. A evapotranspiração foi desprezada em cada evento, assim como lâminas de infiltrações com tempo de concentração inferior a 1 minuto e não observadas no monitoramento.

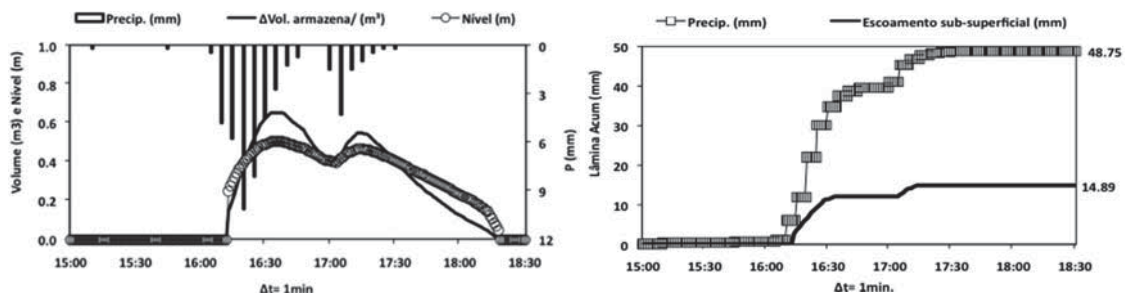


Figura 5. Volume de armazenamento e lâmina equivalente na trincheira em 19/11/2006.

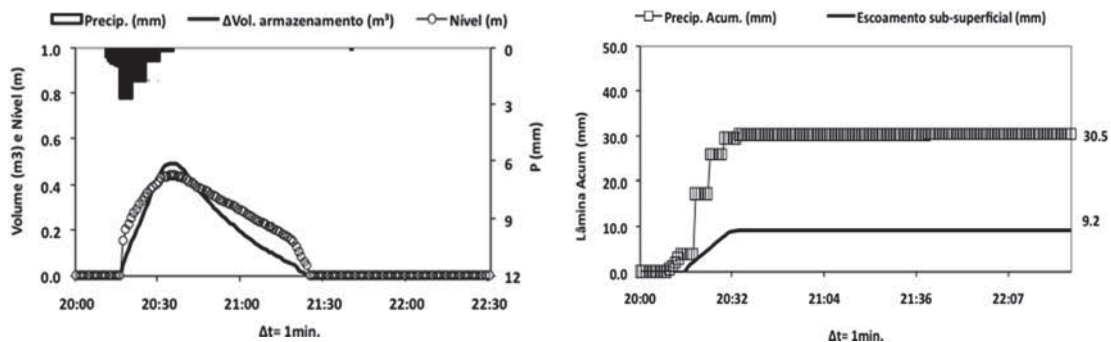


Figura 6. Volume de armazenamento e lâmina equivalente na trincheira em 25/11/2006.

Com a variação do volume de armazenamento, obteve-se a vazão de infiltração, cujos valores consistem da geometria da seção da trincheira, declividade e altura do nível d'água. A partir dos resultados de nível máximo de armazenamento e vazão de infiltração, foi determinada a correlação desses valores para determinação da equação correspondente à curva de calibragem da trincheira, como resultado da relação cota-descarga.

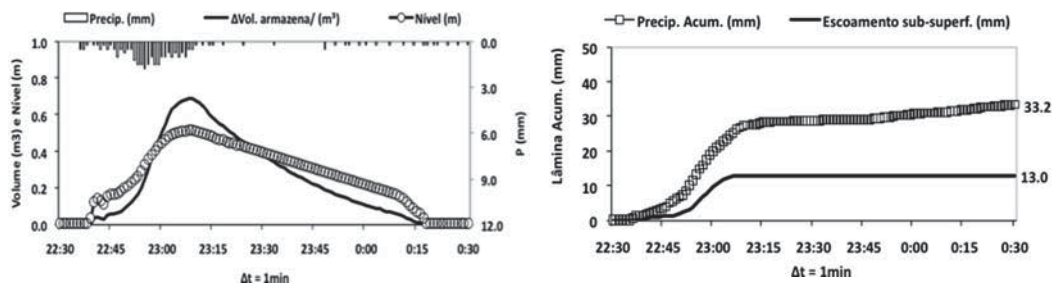


Figura 7. Volume de armazenamento e lâmina equivalente na trincheira em 06/12/2006.

A figura 8 apresenta a correlação dos valores de vazão de infiltração com a altura da lâmina d'água dentro da trincheira. À direita da mesma figura demonstra o comportamento de resposta das vazões afluentes em função das vazões de infiltração em cada evento. Para determinação

das vazões de infiltração foram desprezados os eventos sem armazenamento ou com nível d'água igual a zero.

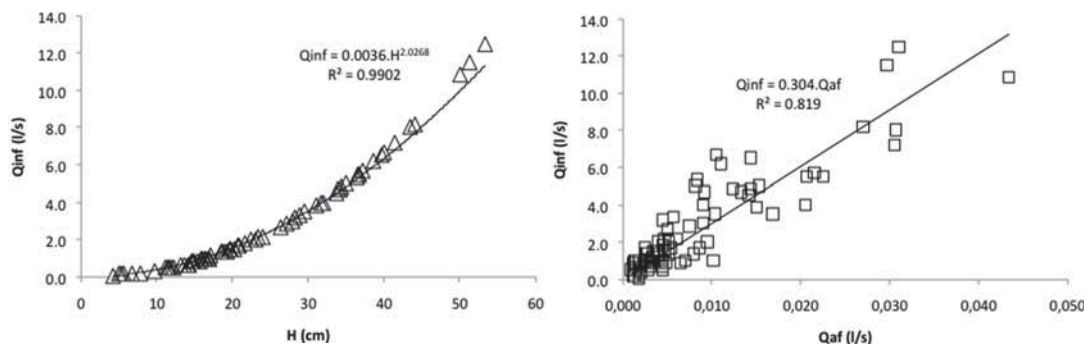


Figura 8. Relação entre vazão de infiltração, nível d'água e vazão afluente.

Do total precipitado sobre a trincheira correspondente à vazão afluente, cerca de 30% foi armazenado para posterior infiltração. Os resultados estimam que 8% da precipitação total são perdas decorrentes de volumes desprezados nos cálculos, como: lâminas de rápida infiltração, evapotranspiração e acúmulos de volume d'água em depressões de áreas impermeáveis. Durante o período de 5 meses de monitoramento, há elevada contribuição de volume d'água na zona não saturada, ainda que no sistema implantado ocorra perda de escoamento superficial para microdrenagem, entre 40% e 60%.

4 CONCLUSÕES

Os resultados indicam que as condições de instalação de trincheiras de infiltração influenciam na capacidade de armazenamento das águas pluviais, à medida que ocorre a descarga do volume superficial para o interior do dispositivo. Para determinação do volume de infiltração, recomenda-se monitorar vazões à montante e à jusante da trincheira ou vazões afluentes e efluentes da trincheira. Para otimizar a utilização de tubulações perfuradas de PVC em sistemas de escoamento superficial para descarga de escoamento sub-superficial e uma melhor eficiência no volume de armazenamento, sugere-se dimensionamento de furos e testes com declividade no local, embora tenha ocorrido até 30% de vazão de infiltração. Na utilização de poços de infiltração em zonas de aquífero não-confinado, o monitoramento não apresentou resultados compatíveis da literatura, ainda que os cálculos determinam taxa de recarga de até 51%. Embora observadas características heterogêneas no tipo de solo da região, se obtidos mais resultados em diferentes períodos sazonais, a taxa de recarga anual pode se aproximar dos valores entre 4% e 35% encontrados por Maziero e Wendland (2008).

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e CT-Hidro, Processo N. 142535/2004-4 pelo auxílio de bolsa à pesquisa, ao Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP e ao Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e a Finep pelo Projeto Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano (Maplu) para Rede Cooperativa de Pesquisa Área 1 - Saneamento Ambiental, Tema Prioritário 1.4.

REFERÊNCIAS

FCTH/PMSP. *Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo*. Reedição eletrônica. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Prefeitura do Município de São Paulo-SP, abr 1999, 289 p. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf>. Acesso em: 20 jun 2014.

Graciosa, M.C.P. *Monitoramento de uma trincheira de infiltração instalada em lote residencial para controle do escoamento superficial*. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 17. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, nov 2007. 12 p.

Healy, R.W. & Cook, P.G. Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal*, 10, p. 91 — 109, 2002.

Jonnason, S. A. Dimensioning methods for stormwater infiltration systems. In: International Conference on Urban Stormwater, 3. 1984, Göteborg. *Proceedings*. Göteborg: Chalmers University of Technology., v. 3, p. 1.037-1.046, 1984.

Martins, M. J. *Gerenciamento de recursos hídricos e drenagem urbana no município de São João de Meriti: análise espacial do efeito da implementação de microreservatórios em lotes sobre as inundações*. 2004. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ago 2004.

Maziero, T. A. & Wendland, E. Variabilidade espacial da recarga em área urbana. In: RBRH, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Vol. 13 n. 3, p. 35 - 46, Jul/Set 2008.

Maziero, T. A. Monitoramento de água subterrânea em área urbana: aspectos quantitativos. 2005, 85 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2005.

Pinto, S. I. G. A adoção da abordagem de empreendimentos para a gestão ambiental de cidades: estudo de caso Bacia do Córrego Jararaca. 2010, 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2010.

ReCESA. Águas pluviais: técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas: guia profissional em treinamento: nível 2 e 3. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte : ReCESA, 52 p. 2007.

Scanlon, B.R.; Healy, R.W.; COOK, P.G. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeology Journal*, 10, p. 18-39, 2002. DOI 10.1007/s10040-0010176-2.

Semads. *Enchentes no Estado do Rio de Janeiro, uma abordagem geral*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Projeto Planágua Semads/GTZ. Rio de Janeiro, v. 8, 2001.

Schueler, T. R. Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMPs. Washington: *Metropolitan Washington Council of Governments*, 1987.

Urbonas, B.; Stahre, P. *Stormwater: best management practices and detention for water quality, drainage and CSO management*. New Jersey, Englewood Cliff: Prentice Hall, 447 p. 1993.

Wei, W; Jiaa, F; Yanga, L; Zhanga, H; Yua, Y. Effects of surficial condition and rainfall intensity on runoff in a loess hilly area, China. *Journal of Hydrology*. Volume 513, 26 Mai 2014, Pag. 115–126.

Captação de águas pluviais em habitações de interesse social na região metropolitana do Recife

Amanda Figueiredo

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco,, Recife, Pernambuco, Brasil
amanda.almeida93@hotmail.com

Simone Silva

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil
simonerosa@poli.br

ABSTRACT: The recurring problems of water scarcity due to growing water demands and problems of pollution of water sources, the development of measures to promote the proper use of water, favoring more noble uses is one of the current challenges in the management of existing water resources. The rainwater harvesting is a very attractive option for minimizing the effects of water scarcity in large urban centers and also the costs generated by the consumption of water obtained from traditional sources. Based on rainfall data, coverage area to capture and water demand, a detailed study was developed to evaluate the potential of utilizing rain water for use in a housing of social interest in the city of Recife. For both were sized and compared volumes of reservoirs through methods Rippl, Azevedo Neto, German and English, presents the Brazilian standard NBR 15.527 / 07. Through the simulations for a housing development was obtained different values for the storage capacity of rainwater for the same housing development in the use of different methods: Rippl (1.766m³), Azevedo Neto (137m³), German (376m³) and English (406m³).

Keywords: Rainwater, social housing.

RESUMO: Os recorrentes problemas de escassez de água devido às crescentes demandas hídricas e problemas de poluição dos mananciais, o desenvolvimento de medidas destinadas a promover o adequado uso da água, privilegiando usos mais nobres é um dos atuais desafios da gestão dos recursos hídricos existentes. O aproveitamento de águas pluviais é uma opção muito atrativa para a minimização dos efeitos da escassez de água nos grandes centros urbanos e também dos custos, gerados pelo consumo de água obtida a partir de fontes tradicionais. Com base em dados pluviométricos, área de cobertura para captação e demanda de água, foi desenvolvido um estudo detalhado para avaliação do potencial do aproveitamento de águas de chuvas para utilização em um conjunto habitacional de interesse social na cidade do Recife. Para tanto foram dimensionados e comparados volumes de reservatórios através dos métodos de Rippl, Azevedo Neto, Alemão e Inglês, presentes na norma brasileira NBR 15.527/07. Através das simulações para um conjunto habitacional obteve-se diferentes valores para a capacidade do armazenamento da água de chuva para um mesmo conjunto habitacional na utilização de métodos distintos: Rippl (1.766m³), Azevedo Neto (137m³), Alemão (376m³) e Inglês (406m³).

Palavras-chave: Águas pluviais, construção social.

1 INTRODUÇÃO

Com o decorrente aumento populacional de pessoas com baixa renda, a aquisição de uma moradia própria tem se tornado cada vez mais difícil na Região Metropolitana do Recife, pois com o desenvolvimento econômico das cidades que compõe essa área o preço dos imóveis tem aumentado significativamente.

Além disso, obras para a melhoria das cidades estão sendo feitas em áreas que são habitadas por pessoas mais humildes, de modo, que elas acabam sendo relocadas para outros lugares.

Assim, é crescente a construção de conjuntos habitacionais de interesse social no Brasil e na Região Metropolitana do Recife, através das prefeituras, em parceria com a Caixa Econômica Federal, BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), devido Programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal.

A conservação da água é cada vez mais discutida, já que a água é um bem finito. Assim, o sistema de aproveitamento de águas pluviais em conjuntos habitacionais de interesse social, surge como uma alternativa de redução do consumo de água potável em atividades não tão nobres como, rega de jardins, lavagem de carros, pátios e calçadas.

Os principais motivos que levam à decisão de se utilizar água de chuva são basicamente os seguintes:

- conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água;
- região com disponibilidade hídrica menor que $1.200\text{m}^3/\text{habitante} \times \text{ano}$;
- elevadas tarifas de água das concessionárias públicas;
- retorno dos investimentos (payback) muito rápido;
- instabilidade do fornecimento de água pública;
- exigência de lei específica;
- locais onde a estiagem é maior que 5 meses;
- locais ou regiões onde o índice de aridez seja menor ou igual a 0,50.

2 OBJETIVO

A pesquisa teve como objetivo avaliar a viabilidade de implantação de sistema de captação e armazenamento de águas de chuva em um conjunto habitacional de interesse social com o intuito de minimizar a utilização de água potável para fins em que não seja exigido o padrão de potabilidade, realizando o dimensionamento de um reservatório através de métodos encontrados na norma brasileira NBR 15.527/07. Por fim, fazer a análise comparativa dos resultados obtidos pelos métodos de Rippl, Azevedo Neto, Alemão, Inglês para o local em estudo.

3 CONJUNTO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL

Segundo o Art. 34 do Plano Diretor do Município do Recife (Lei Nº 17511 /2008), Habitação de Interesse Social (HIS) é toda moradia com condições adequadas de habitabilidade, definidas em lei específica, destinada à população de baixa renda e que atenda aos padrões técnicos definidos pelo órgão competente da municipalidade (Recife, 2008).

Para Bonduki (1998) é a habitação produzida e financiada por órgãos estatais destinada à população de baixa renda, mas num sentido mais amplo, que inclui também a regulamentação estatal da locação habitacional e incorporação, como um problema do Estado, da falta de infraestrutura urbana gerada pelo loteamento privado (Bonduki, 1998 apud Maciel, 2014).

No Brasil, em 2003 foi criado o Ministério das Cidades e do Conselho Nacional das Cidades (CNC), onde teve o início de ações fortemente participativas, através da realização das conferências municipais, estaduais e nacional das cidades, de definição da Política Nacional de Habitação (PNH), aprovada em 2004 pelo CNC. A PNH é uma das políticas setoriais que faz parte da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano e tem como objetivo a recuperação do processo de planejamento no setor habitacional, oferecendo condições institucionais para garantir acesso à moradia digna, urbanizada e integrada à cidade. Para sua concretização foi instituída uma estratégia de prática gradual de seus instrumentos, recursos e programas (Brasil, 2010 apud Maciel, 2014).

A Prefeitura da Cidade do Recife possui o programa municipal de habitação desde 2009, “Recife Mudando pra Melhor”, onde construiu e entregou 2.865 moradias, em 22 conjuntos habitacionais, e outras 3.000 novas moradias estão sendo concluídas (Recife, 2014).

4 METODOLOGIA

O estudo consistiu a princípio na seleção de um conjunto habitacional de interesse social na Região Metropolitana do Recife que representasse de forma genérica esse tipo de habitação, calculando a demanda hídrica não potável dos moradores. Dados pluviométricos na região em um dado período representativo foram obtidos para, fazer as simulações através do método Rippl, Azevedo Neto, prático Alemão e prático Inglês.

4.1 Conjunto residencial Via Mangue

O conjunto habitacional Via Mangue, objeto de estudo das simulações dos reservatórios, possui características encontradas na maioria desse tipo de habitação. O conjunto apresenta medição individualizada de água, pois segue a legislação estadual Nº 12.609, de 22 de junho de 2004, que institui a obrigatoriedade da instalação de hidrômetros individuais nos edifícios no Estado de Pernambuco.

Este habitacional possui 10 blocos de apartamentos com 8 unidades por pavimento (Térreo + 3 pavimentos), resultando em um total de 320 unidades habitacionais, sendo 20 unidades, localizadas no pavimento térreo, adaptadas para pessoas com deficiência física. O conjunto possui em suas áreas comuns um estacionamento com 78 vagas rotativas, 2 edículas de lixo, um *playground* com área de 1.697,89m², guarita, um centro comunitário e um mini campo. A área verde total contabiliza 4.073,80m². A cobertura total dos 10 blocos possui uma área de 4.356,00 m². Cada unidade habitacional tem uma área total de 39,98 m², com os seguintes ambientes: uma sala, dois quartos, um banheiro, uma cozinha e uma área de serviço.

O sistema predial de água fria em cada bloco é composto por quatro caixas d’águas superiores, de poliéster insaturado, com capacidade total de 20.000 litros, localizadas numa laje na cobertura e um reservatório inferior com capacidade de 40.000 litros.

Cada apartamento apresenta os seguintes aparelhos de consumo de água fria: 1 bacia sanitária com caixa acoplada, 1 chuveiro, 1 lavatório, 1 pia de cozinha e um tanque.

A água é fornecida pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) e os usuários informam não haver problema em relação ao abastecimento de água no conjunto atualmente. Portanto, não há fontes alternativas de abastecimento de água (carro-pipa, poço) para o conjunto Via Mangue.

No conjunto não existe pontos de abastecimento de água para uso comum como a lavagem de veículos e motos, as áreas comuns e rega dos jardins. Estas atividades são provenientes da água dos apartamentos dos usuários.

O conjunto habitacional possui diversas áreas físicas, como minicampo, *playground* e estacionamento, para uma possível implantação de um reservatório inferior do sistema de captação de águas pluviais, principalmente nas áreas comuns.

4.2 Demanda hídrica não potável das áreas comuns

Este dado deve ser definido a partir de estudos do uso final para um consumo específico em cada edificação. Ele representa a percentagem de água potável que pode ser substituída por água pluvial para o consumo da água em análise, além de também representar valor máximo de economia de água potável que se pode alcançar com o uso da água pluvial.

O cálculo do número de moradores foi baseado na taxa de ocupação de acordo com a natureza do local, que para edificação residencial foi considerado duas pessoas por dormitório. Como são

dois quartos por apartamento, a média são 4 pessoas, e possui 320 unidades habitacionais ocupadas, tendo um total de 1.280 moradores.

A previsão do consumo de água que poderia ser substituído por água de chuva foi realizado a partir de dados do SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) que indicam a quantidade de água consumida em atividades de rega e lavagem de carros. Estas, foram multiplicadas pela sua frequência durante o mês e somadas, obtendo assim, a demanda hídrica do conjunto habitacional que poderia ser substituída por água de pluvial, tabela 1.

Tabela 1. Demanda hídrica para o consumo de água pluvial nas atividades do condomínio.

Atividade	Taxas adotadas	Frequência mensal	Total Atividades
Rega de gramado e jardim	2 litros por metro quadrado	30 dias	488,86 m ³ /mês
Lavagem de carro	216 litros por carro	2 vezes	33,7 m ³ /mês
Total mensal			522,56 m ³ /mês

Portanto, a quantidade de água pluvial destina as atividades comuns do conjunto habitacional Via Mangue é 522,56 m³/mês e 6.270,72 m³/ano.

4.3 Precipitação pluviométrica

Em relação ao regime pluviométrico, Recife é caracterizada pela alta variabilidade espacial e temporal das chuvas. O período que apresenta os maiores valores de precipitação é de aproximadamente 6 meses de duração, que se estende de março a agosto, entretanto apresenta um período máximo de chuva (estação chuvosa), que vai de abril a julho, cujos valores são de aproximadamente 60% da chuva anual. (Assis,Correia, Silva, Sousa; 2013).

De acordo com o banco de dados da Unidade de Hidrometeorologia do Instituto de Tecnologia do estado de Pernambuco (HIDROMET/ITEP), o município do Recife possui precipitação total anual acima de 2.000mm (Pernambuco, 2006).

Através de dados pluviométricos da cidade do Recife fornecido pela APAC (Agência Pernambucana de Águas e Climas) do posto da Várzea, os dados de chuvas foram preparados para dimensionar os reservatórios de águas pluviais utilizando uma série histórica entre os anos de 1982 e 2011, conforme mostra a Figura 1 e 2.

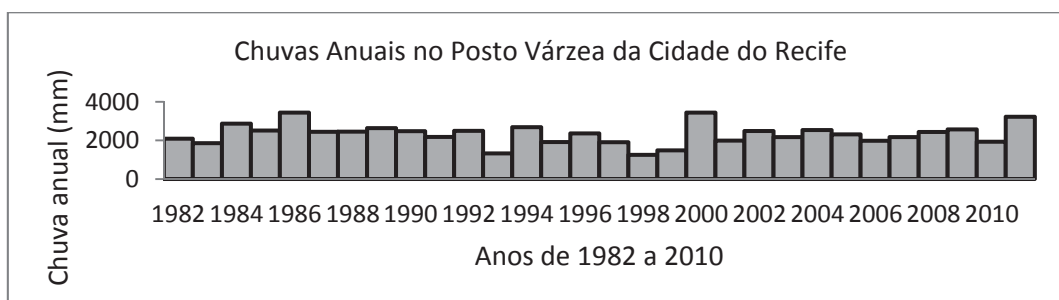


Figura 1. Precipitação pluviométrica anual nos anos de 1982 a 2010.

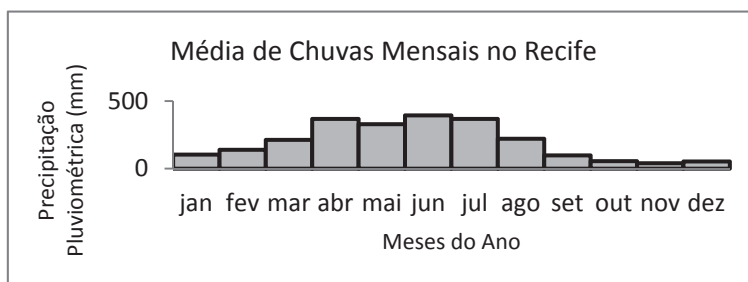


Figura 2. Variabilidade sazonal da chuva na Região Metropolitana do Recife, representado pelas chuvas médias mensais no período de 1982 a 2010.

Ao analisar a série histórica do posto Várzea durante um período de 30 anos, obtiveram-se os valores correspondentes à precipitação anual na Região Metropolitana do Recife e às médias mensais de chuvas na região, tabela, que servem de subsídio para calcular os reservatórios para o armazenamento de água.

Tabela 2. Precipitação pluviométrica média mensal dos anos de 1982 a 2010 do posto Várzea.

Meses	Precipitação Pluviométrica média (mm)
Janeiro	104,23
Fevereiro	138,91
Março	212,18
Abril	309,26
Mai	328,88
Junho	393,56
Julho	367,77
Agosto	220,93
Setembro	97,61
Outubro	55,41
Novembro	39,78
Dezembro	53,24

Como resultados temos que a média mensal é de 193,48 mm e o desvio padrão foi 129,94mm. Nota-se que o desvio padrão mensal foi alto pois no mês de junho houve uma precipitação média de 393,56; enquanto, no mês de novembro ocorreu uma diminuição de chuva acarretando numa média de 39,78.

Já a média de chuvas anuais foi à soma de todas médias mensais resultando em 2.321,78mm com desvio padrão de 525,72; bem inferior se comparado com o desvio mensal.

4.4 Área de Captação

Segundo May (2004), a água pluvial é coletada em áreas impermeáveis, como telhados. Para Tomaz (2003), geralmente a captação é feita nos telhados das casas ou indústrias, podendo ser os mesmos edificadas de telhas de cerâmica, telhas de zinco, telhas de ferro galvanizado, entre outros, podendo estar inclinados, pouco inclinados ou planos.

Ressalta-se que as calhas e os condutores verticais devem ser dimensionados corretamente, pois estruturas mal dimensionadas podem causar um aproveitamento de água inferior ao pretendido na norma brasileira, NBR 10.844 (ABNT, 1989), que trata das instalações prediais de águas pluviais. No conjunto habitacional Via Mangue tem-se uma área de coberta destinada a captação de 3.300 m² que pode ser muito bem utilizada para captar as águas pluviais. Esse cálculo da área de contribuição foi realizado através da NBR 10.844/89, conforme a equação na figura 1 abaixo:

- A é a área de contribuição, em m²;
- a é a largura, em m;
- h é a altura da tesoura, em m;
- b é o comprimento, em m.

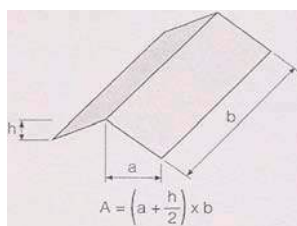


Figura 1. Indicação para cálculo da área de contribuição. Fonte : ABNT/NBR 10844 (1989).

Entretanto, como temos uma área verde de 4.073,80m² para o cálculo dos reservatórios adotou-se uma área de 200m² desse total para captação. A soma do resultado obtido pela norma com os 200m² foi à área de captação de água pluvial, 3.500m².

4.5 Método de dimensionamento de reservatórios

A implantação de sistemas de coleta, tratamento e de uso das águas pluviais envolvem a determinação de dados como: precipitação média local, área de coleta, coeficiente de escoamento superficial, caracterização da qualidade da água, elaboração de projetos dos reservatórios e de sistemas complementares, identificação dos usos da água e o estabelecimento do tipo de tratamento a ser aplicado às águas pluviais. Assim, cada sistema deve ser projetado para condições específicas do local (Chilton *apud* Lage, n.d.).

Os métodos de dimensionamento de reservatórios partem do pressuposto de que nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda a demanda e que nem sempre será possível armazenar toda a água pluvial precipitada, seja por questões físicas ou econômicas. Os métodos de dimensionamento de reservatórios devem compatibilizar produção com demanda e identificar o percentual de demanda possível de ser atendida em cada sistema tornando-o mais eficiente e com menor gasto possível (Prosab, 2006).

Os métodos são todos aproximados e servem somente para um pré-dimensionamento, devendo a solução final ser decidida pelo projetista, levando-se em conta os custos, condições de suprimento da concessionária em caso de falta de água e outras considerações consideradas necessárias.

4.5.1 Método Rippl

O método de Rippl ou método das massas foi criado em 1883, geralmente super dimensiona o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas. Neste método podem-se usar as séries históricas de dados pluviométricos mensais ou diários. Também, ele não leva em conta a evaporação da água.

Um dos grandes problemas do Método de Rippl é a análise sequencial de pico pois não tem maneira de calcular a probabilidade de falhas. Entretanto o método de Rippl ainda é o mais usado no mundo.

O volume do reservatório é calculado pelas seguintes equações:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \tag{1}$$

$$Q(t) = C \times t \times A \tag{2}$$

$$V = \Sigma S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 \tag{3}$$

Sendo que : $\Sigma D(t) < \Sigma Q(t)$

Onde:

- t é precipitação de chuva;

- A é área de captação;
- S (t) é o volume de água no reservatório no tempo t;
- Q (t) é o volume de chuva aproveitável no tempo t;
- D (t) é a demanda ou consumo no tempo t;
- V é o volume do reservatório, em metros cúbicos;
- C é o coeficiente de escoamento superficial.

Na simulação deste método para a capacidade do conjunto habitacional utilizou-se uma planilha (tabela 3) e obteve-se que a capacidade do reservatório seria 1.766m³.

Tabela 3. Planilha do método Rippl aplicada aos dados do conjunto habitacional Via Mangue.

RIPPL						
Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre Demanda e Volume de Chuva (m ³)	Volume do Reservatório (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	1.766
Janeiro	104,23	522,56	3.500,00	292	231	
Fevereiro	138,91	522,56	3.500,00	389	134	
Março	212,18	522,56	3.500,00	594	-72	
Abril	309,26	522,56	3.500,00	866	-343	
Mai	328,88	522,56	3.500,00	921	-398	
Junho	393,56	522,56	3.500,00	1.102	-579	
Julho	367,77	522,56	3.500,00	1.030	-507	
Agosto	220,93	522,56	3.500,00	619	-96	
Setembro	97,61	522,56	3.500,00	273	249	
Outubro	55,41	522,56	3.500,00	155	367	
Novembro	39,78	522,56	3.500,00	111	411	
Dezembro	53,24	522,56	3.500,00	149	373	
<i>Total</i>	2.321,76	6.270,7		6.501		

4.5.2 Método Azevedo Neto

O prof. Azevedo Neto trabalhou no desenvolvimento de um método prático para o aproveitamento de água de chuva . Assim, chegou na seguinte equação para obter o volume do reservatório.

$$V = 0,0042 \times P \times A \times T \quad (4)$$

$$V = 0,0042 \times 2.321,78 \times 4 \times 3.500$$

$$V = 136.521 \text{ l} = 137 \text{ m}^3$$

Onde:

- P é a precipitação média anual em milímetros;
- T é o número de meses de pouca chuva ou seca;
- A é a área de coleta, em metros quadrados;
- V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

Nota-se que o reservatório calculado pelo método Azevedo Neto, 137 m³, é bem menor do que o pelo método Rippl, 1.766 m³.

4.5.3 Método Prático Alemão

O método prático Alemão trata-se de um método empírico, no qual o volume a ser adotado para o reservatório deve ser 6% do menor valor entre V e D, ou seja:

$$V_{adot} = \min(V; D) \times 0,06 \quad (4)$$

$$V_{adot} = \min(6.501; 6.270,72) \times 0,06$$

$$V_{adot} = 376 \text{ m}^3$$

Sendo:

- V é o volume aproveitável de água de chuva anual, em metros cúbicos;
- D é a demanda anual da água não potável, em metros cúbicos;
- V_{adot} é o volume de água do reservatório, metros cúbicos.

No caso do conjunto habitacional obteve-se um reservatório com capacidade de cerca de 376m^3 de armazenamento cujo resultado está entre o método Rippl e o Azevedo Neto.

4.5.4 Método Prático Inglês

Nesse método o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (5)$$

$$V = 0,05 \times 2.321,78 \times 3.500$$

$$V = 406.311,5 \text{ l} = 406 \text{ m}^3$$

Onde:

- P é a precipitação média anual, em milímetros;
- A é a área de coleta, em metros quadrados;
- V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.

Para o conjunto habitacional Via Mangue o valor do reservatório seria de aproximadamente 406m^3 .

5 RESULTADOS

Com as séries históricas do regime de chuvas da cidade do Recife pode-se chegar as médias mensais e anuais de chuva durante o período entre os anos de 1982 e 2011. Constatando-se através desses dados que o mês mais chuvoso é junho com uma precipitação média de 393,56mm, entretanto, o mês com menos chuva foi o de novembro com aproximadamente 39,78mm.

Através das simulações com a série de dados obteve-se diferentes valores para a capacidade de armazenamento da água de chuva para um mesmo conjunto habitacional na utilização de métodos distintos: Rippl (1.766m^3), Azevedo Neto (137m^3), Alemão (376m^3) e Inglês (406m^3). Isso deve-se ao fato dos diferentes parâmetros considerados por cada método, indicados abaixo:

- Rippl: demanda, precipitação e área de captação
- Azevedo Neto: precipitação, área e meses de seca
- Prático Alemão: demanda e volume anual de chuva
- Prático Inglês: precipitação e área

Ao analisar os diferentes métodos com a capacidade dos reservatórios calculados com o volume de chuva anual que deixa-se de captar e capacidade disponível que não são preenchidas por água pluvial, obteve-se os valores da tabela 4.

O método que deixa de captar o maior volume de chuva anual é o Rippl, entretanto o reservatório é extremamente grande (1.766m^3), resultando no método que deixa o reservatório mais ocioso com 14.691m^3 sem ser preenchido. Nele, o reservatório nunca fica completo.

O método que deixa o reservatório menos ocioso anualmente é o de Azevedo Neto, porém, o volume de chuva capitado anualmente é muito menor do que em qualquer outro método pois

o armazenamento é de apenas 137m³ mensalmente. Durante 11 meses o reservatório está totalmente preenchido.

Tabela 4. Resumo da média de chuva mensal em relação à capacidade dos reservatórios com os valores anuais de chuva não captar e os que faltam preencher totalmente os reservatórios.

	Rippl	Azevedo	Alemão	Inglês
Capacidade do reservatório (m3)	1.766	137	376	406
Volume de chuva anual não captados (m3)	0	4.883	2.888	2.695
Volume de chuva anual que falta encher o reservatório (m3)	14.691	26	899	1.066

O método Alemão deixa o reservatório totalmente cheio durante 7 meses do ano e deixa de captar cerca de 1.995m³ de água pluvial anual se comparado com o de Azevedo Neto, além disso, possui uma capacidade maior que a de Azevedo com 239m³ a mais mensalmente.

O método Inglês deixa de captar menos água pluvial do que o Alemão e Azevedo Neto, 2.695m³ em 1 ano, mas, está entre o de Azevedo e o Alemão no que diz respeito a deixar o reservatório ocioso anualmente, 899m³. Ele fica completamente cheio durante 6 meses do ano.

6 CONCLUSÕES

O aproveitamento da água de chuva deverá ser usado somente para fins não potáveis e deve ser considerado como mais um recurso hídrico disponível. Com a utilização de águas pluviais pode-se reduzir o uso de água potável para fins onde não necessite da qualidade da mesma.

A eficácia do sistema de captação e uso de água pluvial, e a consequente redução do consumo da água, vai depender do correto dimensionamento e características do sistema.

A NBR 15.527/07 propõe que o dimensionamento da capacidade do reservatório de águas pluviais seja feito por vários métodos. Ao analisar os métodos de Rippl, Azevedo Neto, Alemão e Inglês para um conjunto habitacional; nota-se que ocorre uma variação muito grande quanto ao volume do reservatório. Assim, fica a critério do responsável pela implantação do sistema de captação de águas pluviais definir qual o mais viável economicamente, pois a norma brasileira NBR 15.527/07 não especifica qual o melhor método para dimensionar.

A implantação de um sistema de captação de águas de chuvas em um conjunto habitacional seria essencial para que as áreas comuns do mesmo dispusesse de água para lavar veículos e calçadas, além de regar as plantas e o mini campo.

O interessante seria que na fase de concepção de projeto do conjunto habitacional ocorresse o planejamento do sistema de captação de águas pluviais, pois, já está previsto em lei no Brasil, além de ser uma forma de contribuição para economia de água na natureza.

REFERÊNCIAS

ABCMAC, Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva. Disponível em: <<http://www.abcmac.org.br>>.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis – Requisitos. NBR 15527. Rio de Janeiro, 2007. 12 p.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Instalações prediais de águas pluviais. NBR 1989. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

Agência Pernambucana de Águas e Clima. Disponível em <www.apac.pe.gov.br>.

ANA. Agência Nacional da Água. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>.

Assis, J. M. O. ; Correia, A. M. ; Irmão, R. A. ; Silva, R. F. ; Sousa, W. S. 2013. Tendências Climáticas Observadas no Período Chuvoso no Sertão de Pernambuco. Revista Brasileira de Geografia Física v. 06 n. 02 (2013) 211-222: 12 p.

Banco Nacional do Desenvolvimento. Disponível em <www.bndes.gov.br>. Acesso: 15/02/2014.

Bonduki, N. & Rossetto, R. O Plano Nacional e os recursos para financiar a autogestão. Revista Trimestral de Debate da FASE. 6 p.

Carvalho, G. S. ; Moruzzi, R. B. ; Oliveira, S. C. 2012. Procedimentos para o dimensionamento de reservatório de água pluvial para residências unifamiliares: viabilidade e aprimoramento metodológico. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.19, p.89-99.

COMPESA, Companhia Pernambucana de Saneamento. Disponível em: < www.compesa.com.br>.

Lage, E. S. Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica. 2010. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - programa de pós-graduação em engenharia civil, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis.

Maciel, D. H. B. 2014. Medidas para conservação de água em habitações de interesse social na cidade do Recife, PE. Dissertação (mestrado em engenharia civil) – Programa de Pós-graduação em Civil, Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife.

May, S. 2004. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PAC. Minha Casa, Minha Vida já construiu 1 milhão de moradias. Disponível em <www.pac.gov.br>. Acesso em: 27 jul. 2013.

Programa de aceleração do crescimento. Disponível em <www.pac.gov.br>. Acesso: 10/03/2014.

PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Tecnologias de segregação e Tratamento de esgotos domésticos na origem, visando à redução do consumo de água e da infraestrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas. 2006. PROSAB: UFES, UFSC, UNICAMP, IPT.

Recife. Prefeitura da Cidade do Recife. Disponível em: <www.recife.pe.gov.br>. Acesso em: 15 abr. 2013.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em <<http://site.sabesp.com.br>>. Acesso: 05 jun. de 2014.

Tomaz, P. 2003. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. Navegar São Paulo, 180 p.

Tomaz, P. 2013. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. 15 p.

Zolet, M. Potencial de aproveitamento de água de chuva para uso residencial na região urbana de Curitiba. 2005. Monografia (graduação em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.

Sustentabilidade dos pontos de recebimento de resíduos sólidos na cidade do Recife

Alexandre de Lima

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil
acli_pec@poli.br

Camila Rodrigues

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil
cbr_pec@poli.br

Daniela Albuquerque

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil
dmsa_pec@poli.br

Kalinny Lafayette

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil
Klafayette@gmail.com

ABSTRACT: This paper aims at analyzing the construction and demolition waste (CDW) collecting system from the small quantity generators in the city of Recife, taking under consideration the three dimensions of sustainability: Environmental, social and economic. The CDW small quantity generator is the one who generates up to 1m^3 a day of CDW, to whom the legislation requires the installation of small quantity collecting points distributed homogeneously in the city and located according to a previous diagnosis of irregular depositions. In order to do so, a literature review concerning the topic was proceeded, a data collection from the company responsible for the urban cleaning of the city and visits to the CDW small quantity collecting points took place in order to understand the operation of these points. After the analysis of all these procedures, it was possible to find out that the equipment are not adequately installed in order to receive the CDW generated by the small quantity generators.

Keywords: Construction and demolition waste, Small quantity generators, Sustainable development

RESUMO: Este artigo tem por objetivo analisar o sistema de recolhimento de resíduos de construção e demolição (RCD) dos pequenos geradores na cidade do Recife, tomando como base as três dimensões da sustentabilidade: ambiental, social e econômica. O pequeno gerador é aquele que gera até $1\text{m}^3/\text{dia}$ de RCD, para o qual a lei prevê a instalação de pontos de recolhimento de resíduos (PRR) distribuídos homogeneamente na cidade localizados de acordo com um diagnóstico de deposição irregular. Para tal, foi feito um levantamento bibliográfico a respeito do tema, recolhido dados com a empresa responsável pela limpeza urbana e manutenção da cidade e realizadas visitas aos PRR, com o objetivo de conhecer seu funcionamento. Foi possível perceber que os equipamentos de fato não estão instalados de forma adequada para recolher o RCD gerado pelos pequenos geradores.

Palavras-chave: Resíduos de Construção e Demolição, Pequenos Geradores, Desenvolvimento Sustentável.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é um dos maiores desafios da atualidade. O consumo sem controle de recursos naturais e o aumento da geração de resíduos sólidos têm sido preocupação constante da sociedade, que busca por um modelo mais equitativo de desenvolvimento. Leite

(2012) considera que esse panorama deve ser compreendido como oportunidades de refazer a cidade existente, reinventando-a de modo inteligente e inclusivo.

A indústria da construção civil exerce uma grande contribuição para o desenvolvimento da economia dos países. No Brasil, cerca de 14% do Produto Interno Bruto (PIB) está representado pelo setor, responsável pela geração de empregos diretos e indiretos, como também pela influência que exerce em outros setores como a produção de insumos, equipamentos e serviços intrínsecos ao processo produtivo (Martins, 2012).

Em resposta às características atuais do mercado e do estilo de vida adotado pelo mundo contemporâneo globalizado, a cadeia produtiva da construção civil necessita estabelecer novos modelos de produção sustentáveis, principalmente no setor de materiais de construção, o qual consome grande quantidade de recursos naturais em seus processos produtivos. Apesar do panorama positivo que o setor exerce sobre a economia, do montante dos resíduos gerados no ambiente urbano, 41 a 70% desse volume são produzidos pela atividade da construção civil. (Pinto, 1999).

Nesse cenário, os resíduos da construção e demolição (RCD) constituem um dos maiores problemas nas cidades brasileiras que, segundo Gusmão (2008) é agravado pela falta de uma política eficiente de gerenciamento. O autor ainda afirma que, embora 90% dos RCD possam ser reaproveitáveis a taxa de reciclagem ainda detém um percentual muito baixo e a forma inadequada de destinação, além de ocasionar uma série de impactos de ordem econômica, social e ambiental, inviabiliza o seu reaproveitamento.

Atualmente, o principal mercado consumidor do RCD reciclado é o de obras geotécnicas, com destaque para a base de pavimentos, embora mesmo nessa aplicação ainda se enfrentem consideráveis resistências do mercado (Agopyan & John, 2011). Dessa forma, os problemas causados por esses resíduos, ou melhor, pela sua gestão devem ser constantemente considerados (Sáez *et al.*, 2011).

A deposição de RCD em locais inadequados sem a utilização de técnica como dispostos na Resolução 307/02 do CONAMA e ABNT NBR 10.004/04 é um problema que traz consequências significativas para a sociedade, propiciando a proliferação de pragas urbanas (baratas, ratos, etc.) e colocando em risco a saúde da população. Outro agravante da disposição inadequada dos RCD é que em grande parte são colocados em áreas de Preservação Permanente (APP), ou seja, áreas de grande importância pela função ambiental conforme o Código Florestal (Lei 4.771 de 15 de Setembro de 1965). Portanto, merecem uma atenção especial e devem ser preservadas e protegidas. (Silva & Fernandes, 2012).

Nesse contexto, a cidade do Recife convive com grandes problemas oriundos dessa atividade pela inadequada deposição do RCD causando significativos impactos ambientais. O conceito operacional de sustentabilidade, o *triple botton line*, integra os aspectos ambientais, sociais e econômicos. Logo, o tripé da sustentabilidade não pode considerar suas vertentes como concorrentes, mas como partes inseparáveis de um mesmo processo.

Desta forma, pretende-se neste artigo, identificar os locais que estão implantados os pontos de recolhimento de pequenos volumes na cidade do Recife, a fim de avaliar a sua contribuição para a gestão adequada dos resíduos da construção oriundos do pequeno gerador, visando melhorias no funcionamento destes pontos como instrumento para o desenvolvimento sustentável da cidade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi elaborada em duas etapas. Na primeira etapa foi realizada uma revisão bibliográfica acerca do tema, onde foram observados os critérios de gestão dos RCD oriundos de pequenos geradores, os aspectos legais e sistemas de implantação e funcionamento de

pontos de entrega voluntária (PEV) em distintas cidades brasileiras e os aspectos sustentáveis envolvidos. Em seguida, foram coletadas informações fornecidas pela Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB) referente aos pontos de recebimento de resíduos (PRR) na cidade do Recife. Na segunda etapa, foi realizado o trabalho de campo através de visitas *in loco* em cada PRR para identificação e mapeamento desses pontos. Foram avaliados: a forma de funcionamento, o tempo de operação, a infraestrutura, a locação no terreno, a mão de obra empregada, a relação com o entorno e as necessidades da vizinhança. Os PRR também foram analisados quanto a conformidade com os aspectos de sustentabilidade em suas vertentes ambiental, econômica e social e confrontados com a legislação vigente, atentando para seu local de implantação, condições de recebimento de resíduo e de funcionamento.

3 CONTEXTUALIZAÇÃO LEGAL

A Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Brasil, 2002) foi um marco na história da gestão de resíduos de construção e demolição no Brasil. Este documento institui que gerador de resíduo de construção é responsável pelo seu gerenciamento e disposição final. Após as definições do CONAMA, outras legislações foram desenvolvidas no âmbito federal a fim de controlar a situação do RCD de forma mais localizada. Assim, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Nº 12.305 (Brasil, 2010a), definiu instrumentos para a gestão de resíduos sólidos, delegando responsabilidades para as instâncias estaduais e municipais, sendo as prefeituras municipais responsáveis por definir em seu Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil quem são e o papel dos pequenos e grandes geradores.

No Recife, a Lei 17.072 (Recife, 2005) estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, definindo o pequeno gerador como aquele responsável pela atividade de construção, demolição, reforma, escavação e correlatas que gerem volumes de resíduos de até 1 m³ por dia, sendo proibida a disposição em qualquer volume para a coleta domiciliar regular. Já os grandes geradores são aqueles que geram volumes superiores a 1m³/dia, devendo elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), informando a quantidade, qualidade, transporte e destinação desse resíduo. Dessa forma, como há a obrigatoriedade da destinação correta de RCD para o pequeno gerador, mas não sua prestação de contas, a legislação oportuniza a destinação irregular de RCD neste seguimento.

Como forma de facilitar e disciplinar a ação correta dos geradores, fiscalizar os fluxos dos materiais e incentivar a adoção dos procedimentos corretos para disposição de resíduos de construção, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) criou o manual para implantação de sistema de gestão de resíduos de construção civil em consórcios públicos (Brasil, 2010b). Este manual prevê a criação de pontos para recebimento de pequenas quantidades de resíduos da construção e demolição com o objetivo de facilitar o descarte do RCD sob condições e locais adequados; o disciplinamento dos atores e dos fluxos; e o incentivo à minimização da geração e à reciclagem, a partir da triagem obrigatória dos resíduos recolhidos. Essas ações precisam ser acompanhadas de um programa de informação ambiental e de um programa de fiscalização que seja rigoroso, buscando parcerias com a implementação de um processo de monitoramento e melhoria contínua, que levem o município a reduzir a necessidade de ações corretivas (Brasil, 2010b).

4 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

A implantação destes pontos de recolhimento deve ser baseada num prévio diagnóstico da região, a fim de conhecer a localização dos pontos irregulares de deposição, o perfil dos geradores, a área necessária para a construção do ponto e o investimento financeiro a ser disponibilizado. Baniás *et al.* (2010) afirma que deve ser feita uma avaliação de multicritérios para um melhor direcionamento de locação de pontos de entrega de resíduos de construção,

combinando critérios ambientais, econômicos e sociais, em um esforço para o envolvimento, aceitação local e viabilidade. É fundamental considerar, ainda, o desenvolvimento e os custos de operação, a existência necessária de todas as infraestruturas básicas (rede viária, mão de obra disponível, etc.), a distância do outro ponto existente, a distância dos aterros sanitários e a aceitação social.

Os pontos de recolhimento de pequenos volumes devem ao mesmo tempo servir a outros tipos de resíduos, como por exemplo, resíduos recicláveis e até mesmo lâmpadas, pneus, baterias entre outros. Devem estar localizados de acordo com as áreas críticas de deposição irregular, distribuídos de forma homogênea e distando no máximo 2,5km do gerador, como sugerido no manual (Brasil, 2010b). Também se devem incorporar os seguintes aspectos:

- Colocação de uma cerca viva nos limites da área, reforçando seu papel ambiental;
- Possuir espaços para recepção de resíduos segundo tipo, claramente identificados;
- Criação de platôs com rampas para facilitar a colocação dos resíduos nos recipientes;
- Ter espaço para manobra dos veículos coletores e/ou que irão dispor os resíduos;
- Ter placa informativa sobre a sua finalidade: local correto para deposição de pequenos volumes de RCD, resíduos volumosos, coleta seletiva e logística reversa.

Ao tempo em que se instalam os pontos de recebimento, devem-se reordenar os pontos de deposição irregular e informar a população. Segundo Silva & Fernandes (2012), esses locais de recolhimento de pequenos volumes de RCD merecem uma análise exclusiva para avaliar a eficiência destes locais.

5 SITUAÇÃO DOS PRR NA CIDADE DO RECIFE

Segundo a EMLURB o Recife possui nove pontos de recolhimento de resíduos dispostos pela cidade. No entanto, atualmente oito pontos estão em funcionamento. A localização dos pontos foi determinada em função da geração elevada de resíduos no local e também pela dificuldade na coleta pela prefeitura. Todos os pontos possuem um compactador para resíduo orgânico e caçambas estacionárias para deposição de resíduos volumosos. A administração é realizada por uma empresa contratada pela prefeitura da cidade, que é responsável pela coleta, transporte e deposição dos resíduos sólidos dos pontos, bem como pelo treinamento da equipe de coleta e de operação.

5.1 PRR Afogados

O ponto de recolhimento de resíduos de Afogados está localizado na zona oeste do Recife, especificamente no espaço da feira livre de Afogados. O ponto conta com um compactador e uma caçamba estacionária, que recebe principalmente resíduos da feira e do Mercado Público de Afogados, local de difícil acesso para o caminhão de coleta. Os coletores da feira trabalham com carros coletores e um carro engradado para resíduos mais volumosos. O caminhão coletor recolhe o resíduo orgânico todas as noites e os inorgânicos a cada dois dias, ou quando há necessidade.

Durante a visita, percebeu-se que o local não é próprio para o recebimento de resíduos de construção trazidos pela população, uma vez que é de difícil acesso. Além disso, apesar da sinalização na caçamba estacionária, a população deposita resíduos orgânicos (Fig. 1), contaminando o resíduo contido na caçamba. Não foi encontrado RCD no PRR Afogados. O treinamento dos funcionários é precário e há, apenas, preocupação com o funcionamento do compactador uma vez que a deposição de resíduos sólidos não orgânicos pode comprometer seu funcionamento, não havendo cuidado com segregação correta do resíduo.

5.2 PRR Santa Rita

No centro do Recife, no bairro de São José há um PRR em funcionamento que conta com um compactador e duas caçambas estacionárias. O ponto recebe resíduos do Mercado de São José, Cais de Santa Rita e imediações. Os coletores trabalham com carros tipo gaiola recolhendo os resíduos e levando até o ponto, onde os resíduos orgânicos e inorgânicos são coletados todos os dias.

No PRR Santa Rita foram encontrados resíduos de construção, que segundo um coletor, foi levado por um habitante das imediações, contudo, as caçambas estacionárias ainda possuíam bastantes resíduos volumosos, além dos resíduos de construção, tornando impossível a reciclagem pela falta de segregação. Outro problema encontrado, é que o PRR fica localizado em uma via de tráfego intenso, o que dificulta até mesmo a deposição do resíduo nas caçambas por parte dos garis ou por parte de terceiros que desejem levar seu resíduo até o local. Observa-se parte da via com presença do chorume que escorre do compactador, que por sua vez tem uma calha mal posicionada, próximo à cabine de apoio ao PRR (Fig. 2).

5.3 PRR Santa Luzia

No bairro da Torre, zona oeste do Recife, encontra-se a comunidade Santa Luzia que possui um ponto de entrega voluntária. Este ponto conta com um compactador e duas caçambas estacionárias. Apesar das vantagens apresentadas na localização como facilidade de acesso e ampla área de deposição, o PRR Santa Luzia incomoda bastante os moradores da comunidade, que reclamam do mau cheiro. Todo o volume de resíduos sólidos é coletado por duas caçambas estacionárias e um compactador para os resíduos orgânicos. Observa-se que apesar da grande área de fácil acesso, a comunidade ainda coloca seus resíduos nos logradouros, demonstrando pouco envolvimento e sensibilidade da população com relação à responsabilidade compartilhada (Fig. 3). Existe uma associação de catadores formalizada e que trabalha em conjunto com a prefeitura, no entanto, existe ainda uma grande carência de um trabalho de educação ambiental para minimizar os impactos observados *in loco*.



Figura 1. Caçamba estacionária com presença de resíduos orgânicos na PRR Afogados. Figura 2. Chorume proveniente do compactador - PRR Santa Rita. Figura 3. Sacos de lixo colocados em espaço público nas proximidades do PRR Santa Luzia.

5.4 PRR Bomba do Hemetério

O PRR Bomba do Hemetério se localiza na zona norte do Recife, no bairro da Bomba do Hemetério. O espaço é bastante pequeno e conta apenas com um compactador e uma caçamba estacionária. O ponto recebe resíduos dos bairros: Bomba do Hemetério e Alto do Deodato, principalmente dos locais onde não é possível o acesso do caminhão de coleta da prefeitura.

Igualmente aos demais pontos, todo e qualquer material volumoso é colocado na caçamba estacionária, enquanto os resíduos orgânicos são postos no compactador. Não foi observada a presença de RCD na caçamba estacionária. A acessibilidade ao local é extremamente difícil e compromete a eficácia do mesmo, uma vez que não possui via ou calçada de acesso e está localizado na intersecção de três vias, prejudicando seu funcionamento e o envolvimento da comunidade (Fig. 4).

5.5 PRR Boa Viagem

Localizado entre duas comunidades de baixa renda no bairro de Boa Viagem, zona sul da cidade do Recife, o PRR Boa Viagem possui algumas particularidades. Nesse ponto, o terreno destinado ao recebimento dos resíduos sólidos é o mesmo usado como local de deposição irregular de RCD, uma vez que foi observado que além de duas caçambas estacionárias e um compactador, uma segunda caçamba estacionária foi colocada pela prefeitura, devido ao grande volume de resíduos da construção civil, que são dispostos em grande parte da área de forma irregular (Fig. 5). Foi possível verificar que não há nenhum cuidado com separação no ponto, havendo a mistura de resíduos que são tóxicos com os demais que poderiam ser aproveitados caso houvesse a correta segregação de acordo com a classificação estabelecida pela Resolução nº 307 do CONAMA.

Apesar da presença das duas comunidades, não há nenhum trabalho formalizado com a prefeitura para melhorar a gestão. Por se tratar de uma grande área crítica de deposição irregular, alguns moradores da comunidade, por iniciativa própria, realizam trabalho de segregação para vender e tirar uma renda para sua sobrevivência.

5.6 PRR Imbiribeira

O PRR localizado no bairro da Imbiribeira, zona sul da cidade, apresenta problemas quanto a acessibilidade, estrutura física, implementação, isolamento e sinalização. Está inserido na entrada de um aglomerado subnormal denominado *Dancing Days*, um dos locais mais perigosos do Recife. A via não apresenta qualquer tipo de pavimentação e a pequena área destinada ao recolhimento dos resíduos é composta por uma caçamba estacionária e um compactador, ambos dispostos de forma aleatória, sem *layout* ou projeto (Fig. 6). Foi observado que a demanda de RCD é quase nula o que torna a área destinada para o ponto de recolhimento em uma área de baixo potencial para sua instalação. Além desses fatores a falta de segregação adequada e a presença de animais no local que deveria estar isolado contribuem para o aumento da degradação do espaço urbano.



Figura 4. Vista do PRR Bomba do Hemetério. Figura 5. Deposição irregular de resíduos no terreno ao lado - PRR Boa Viagem. Figura 6. Vista do PRR Imbiribeira.

5.7 PRR Campo Grande

O PRR no bairro de Campo Grande, zona norte do Recife, possui uma área bastante ampla e tem uma excelente acessibilidade (Fig. 7). É um dos poucos PRR que tem uma rampa de acesso para facilitar a descarga no interior da caçamba estacionária. Diferentemente dos demais PRR, possui três caçambas estacionárias e um compactador de 12 toneladas.

Este PRR atende as comunidades circunvizinhas e, como nos demais PRR, os catadores contratados percorrem as comunidades com um carro engradado, para coletar os resíduos que não são recolhidos pela coleta regular da EMLURB. A segregação também é bastante falha e o cuidado maior é separar resíduos orgânicos dos não orgânicos. Não existe uma atenção especial para o RCD que é disposto nas caçambas estacionárias junto com os demais resíduos não orgânicos, como poda de árvores, metal, madeira, etc.

5.8 PRR Santo Amaro

O PRR Santo Amaro (Fig. 8) está localizado na zona norte do Recife. Tem uma acessibilidade relativamente fácil tanto para pedestres como para veículos. O espaço é limitado e como os demais PRR possui apenas uma caçamba estacionária e um compactador.

Contratados pela empresa responsável percorrem a comunidade com os carros engradados, coletando os resíduos dispostos irregularmente na comunidade. Também não existe uma atenção especial para o RCD, que é segregado juntamente com os demais resíduos não orgânicos nas duas caçambas estacionárias, e na deposição final é misturado com os resíduos orgânicos no Centro de Tratamento de Resíduos (CTR) de Candeias.

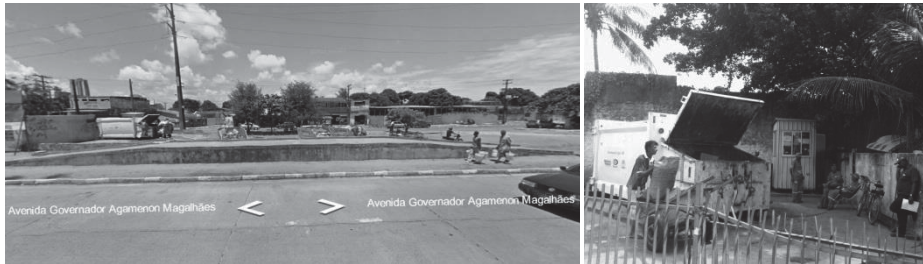


Figura 7. Vista do PRR Campo Grande. Figura 8. Vista do PRR Santo Amaro.

6 ASPECTOS SUSTENTÁVEIS DOS PRR

6.1 Aspectos Ambientais

A questão ambiental é uma das vertentes que compreende os princípios norteadores da sustentabilidade e tem sido palco de grandes discussões em fóruns, conferências, encontros e tratados internacionais, na tentativa de promover novas posturas diante dos impactos ambientais e sociais negativos adquiridos ao longo desse tempo. Dentre os impactos oriundos dos RCD, a preservação do meio ambiente natural tem sido uma das maiores preocupações a nível global, que se reflete também no ambiente construído e conseqüentemente na qualidade de vida das presentes e futuras gerações. As ações de manejo e deposição final desses resíduos tem uma dimensão ambiental, que se destaca interferindo direta ou indiretamente nas demais esferas que compõe a sustentabilidade.

Os aspectos ambientais estão relacionados à poluição do meio ambiente e à propagação de doenças provenientes da má gestão deste resíduo. Apesar do resíduo de construção ser, em sua maior parte inerte, quando deposto de forma inadequada, pode influenciar a população a depositar resíduos orgânicos no local, prejudicando seu entorno com o odor e doenças, criando, assim, vetores e espaços degradados.

Dessa forma, analisando os PRR acerca da temática ambiental, foi observada uma série de lacunas que contribuem para a pouca efetividade do sistema que opera atualmente. Há uma deficiência das ações de manejo dos RCD nos locais. Observa-se resíduos volumosos como peças de madeira, podas, grandes embalagens, equipamentos domésticos e até mesmo resíduos orgânicos e tóxicos misturados com os RCD, confirmando a falta de uma separação e deposição adequada para cada categoria de resíduos urbanos.

Apesar dos PRR serem instrumentos que corroboram com os ideais da sustentabilidade, percebeu-se a falta do cumprimento às diretrizes básicas para atender à função das áreas destinadas ao recolhimento voluntário dos RCD. Somente um ponto de recolhimento está localizado de acordo com a área crítica de deposição irregular e, assim mesmo, não estão instalados de forma adequada, proporcionando dano ao ambiente físico, poluição visual e proliferação de vetores de doenças à população de seu entorno.

Somado a esses fatores, o baixo nível de envolvimento da população, a falta de informação, de fiscalização e monitoramento efetivo nos locais, cooperam e comprometem a funcionalidade de

sua infraestrutura, refletindo assim, um espaço físico absorvido pela ação antrópica visivelmente degradado.

6.2 Aspectos Econômicos

Um aspecto relevante dos PRR é sua capacidade de evitar que o resíduo que seria destinado a aterros volte a ser comercializado, podendo ser reciclado. Através de ações do poder público em parceria com cooperativas de catadores, estes resíduos podem inclusive, gerar renda para a população local, além de evitar que seja destinado de forma incorreta poluindo o meio ambiente.

Neste mesmo âmbito, os resíduos de construção civil também são passíveis de reciclagem e reaproveitamento, como disposição na correção de relevos de terrenos e cavas de mineração, deposição de aterros de RCD e resíduos inertes, pavimentação de vias de acesso e uso na fabricação de concreto sem função estrutural. Assim, existe um grande potencial e alternativas economicamente mais viáveis para o RCD que podem ser colocadas em prática. Uma forma de incentivar esta prática é adotando o seu uso preferencial em obras públicas.

Dessa forma, sob a ótica econômica quanto a sustentabilidade dos PRR, percebe-se que não há estratégias sustentáveis efetivas quanto à sua função como equipamento urbano e instrumento socioambiental.

Através do diagnóstico observa-se que nos PRR os resíduos são recebidos e há apenas a segregação do que é resíduo sólido em relação ao resíduo orgânico. O orgânico é compactado em uma máquina compactadora e recolhido para o CTR Candeias, localizado na Região Metropolitana do Recife. Quando há a presença do RCD este é colocado com os demais resíduos sólidos, não havendo a sua segregação correta para um possível aproveitamento. Logo, todos os resíduos têm a mesma destinação sem nenhum aproveitamento do ponto de vista econômico. A deposição de resíduos sólidos em aterros, sobretudo RCD, além de reduzir a vida útil desses aterros, oneram bastante os cofres públicos.

Uma correta segregação mais refinada, onde houvesse a separação dos resíduos recicláveis, resíduos de entulhos, RCD e orgânicos, poderia fazer uma grande diferença e gerar renda para a população. Possibilitaria parcerias com associações, reduziria substancialmente os custos operacionais com transporte desses resíduos para o aterro sanitário, combustíveis e manutenção da frota, transformando os resíduos reciclados em novos materiais.

O desconhecimento dos PRR pela população e em particular do RCD, a falta de conexão entre a realidade local e as áreas críticas de deposição irregular e a falta de incentivo à triagem e beneficiamento do RCD criam obstáculos para a interação das ações e eficácia do sistema. Faz-se necessário a conscientização da população, integração de diversas outras áreas para otimização de todo processo de recebimento e adequada destinação final. Os resíduos quando são reciclados se transformam em renda, mas quando levados para o aterro significa custo.

Faz-se necessário mudar a estratégia atual implantada de forma a obter o melhor aproveitamento destes materiais.

6.3 Aspectos Sociais

Sob a ótica da dimensão social, para assegurar a sustentabilidade é necessária a participação da comunidade, através de reuniões prévias à instalação do PRR. O envolvimento dos agentes sociais bem como a sensibilização da comunidade são elementos fundamentais para a implementação dos PRR, de forma que cada indivíduo compreenda seu papel e função social, a fim de minimizar os impactos relacionados à deposição inadequada dos resíduos urbanos e em particular os RCD.

Em função da não viabilidade por parte do pequeno gerador de levar seu RCD a um aterro ou a uma usina de reciclagem, os PRR surgem como uma alternativa positiva de destinação sustentável na cidade. No entanto, foi observado que na maioria dos pontos a população está alheia ao seu funcionamento e, de modo geral, não há colaboração na coleta dos resíduos.

Durante o trajeto nas proximidades dos PRR foram encontrados resíduos jogados ao longo das vias, o que mostra que a comunidade prefere aguardar que a coleta seja realizada pelos garis a levar o resíduo até o compactador. Esta atitude pode estar relacionada à falta de informação, à necessidade de colaboração com o poder público, com respeito à entrega dos resíduos de pequenos volumes nos PRR. Segundo informações do poder público, a comunidade é orientada a facilitar o trabalho dos coletores (levando o lixo até o compactador, dispondo o lixo nos horários estabelecidos para a coleta e etc.). No entanto, recebe as orientações com bastante hostilidade, o que indica que além da informação e programas educativos para a comunidade, a prefeitura necessita de um sistema de fiscalização e punição efetiva para os infratores.

Outro fator importante está relacionado à questão de segurança e saúde da população e também do trabalhador e usuário do PRR. O compactador exala mau cheiro e libera chorume para as vias, o que pode causar doenças e mal estar à população. No PRR Santa Luzia, por exemplo, o compactador fica a poucos metros das casas. Este fator pode estar associado a não aceitação da população local, uma vez que a presença do PRR prejudica a área em seu entorno. Ademais, muitos usuários não utilizam os equipamentos de proteção apropriados para a atividade e não estão devidamente capacitados, aumentando assim, os riscos à saúde pela atividade laboral. Dessa forma, pode-se concluir que além do envolvimento da população, existe também a falta de responsabilidade compartilhada, um dos aspectos relevantes para a sustentabilidade.

Durante a visita ao PRR em Afogados, foi dito que os resíduos recicláveis, classificados segundo a resolução CONAMA 307 (Brasil, 2002) classe B (papel, plástico, metal e vidro) não são recolhidos pelos garis, a fim de não causar conflitos entre o agente público e as associações de catadores

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a avaliação dos PRR, foi constatado que o sistema de recebimento voluntário de resíduos na Cidade do Recife é ineficiente. O grande número de locais de deposição irregular aponta falhas no sistema de coleta, ou falhas na fiscalização dos infratores. Com relação à coleta de RCD, percebe-se que os PRR não dão ênfase a sua coleta e/ou segregação. É importante, então, reconhecer as áreas críticas de deposição de RCD, levando sistemas próprios ao recebimento desse resíduo, que sejam supervisionados e de conhecimento da população.

Outro aspecto relevante é a falta de sinalização dos pontos. Não há qualquer tipo de informação visual, que diga a que servem os equipamentos. Além disso, em alguns dos locais, há dificuldade de mobilidade para efeito de manobra dos caminhões e até mesmo de encaminhamento do resíduo pelo cidadão ou usuário. Percebeu-se também, alguns pontos de recebimento com dimensões fora do estabelecido, sem cobertura no piso com pedra ou material reciclado e sem cercamento com portão ou cercas vivas como previsto em lei.

Para que o funcionamento dos PRR tenha efetividade é necessário que sejam tomadas algumas medidas. Primeiramente, a remodelagem do sistema para que atue como previsto na legislação, como ponto de coleta de resíduos de construção. A partir deste momento é necessária implementação de programas educativos para a população, que pode iniciar nas próprias escolas públicas, é uma forma de atingir a vida do cidadão, fazendo-o conhecer o sistema e repensar suas atitudes.

Assim, conclui-se que embora a prefeitura reúna esforços para minimizar os impactos provenientes da geração e má deposição dos resíduos, as lacunas observadas no sistema através

da análise e diagnóstico dos pontos de recebimentos impedem a convergência das três dimensões: social, ambiental e econômica, para tornar o instrumento dos PRR em estratégias eficazes no alcance da sustentabilidade da cidade do Recife.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15112. 2004. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos: Áreas de transbordo e triage: Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro.

Agopyan, V. & John, V. M. 2011. O desafio da sustentabilidade na construção civil. 1ed. São Paulo: Blucher.

Banias, G., Achillas, C., Vlachokostas, C., Moussipoulos, N & Tarsenis, S. 2010. Assessing multiple criteria for the optimal location of a construction and demolition waste management facility. *Building and Environment* 45 (10): 2317-2326.

Brasil. 2002. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília.

Brasil. 2010a. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União. Brasília.

Brasil. 2010b. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano: Manual para implantação de sistema de gestão de resíduos de construção civil em consórcios públicos. Brasília.

Gusmão, A. D. 2008. Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil. Camaragibe: CCS Gráfica.

Leite, C. & Awad, J. 2012. Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano (1). Porto Alegre: Bookman

Recife. 1998. Decreto nº 18.082, 13 de novembro de 1998: Regulamenta a Lei nº 16.377/98 no que tange ao transporte e disposição de resíduos de construção civil e outros resíduos não abrangidos pela coleta regular e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.recife.pe.gov.br>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

Recife. 2005. Lei nº 17.072, de 04 de janeiro de 2005: Estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Disponível em: <http://www.recife.pe.gov.br/diariooficial>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

Silva, V. A. & Fernandes, A. L. T. 2012. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. *Sociedade e Natureza* 24(2). Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-45132012000200012&script=sci_arttext>, Acesso em: 22 jun de 2012.

Simões, A. C. 2009. Estudo da Rede de Gerenciamento de Pequenos Volumes de Resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte: Uma análise espacial com o apoio do geoprocessamento. Belo Horizonte, 2009. 122p. Dissertação (Mestrado de Geografia) - Instituto Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

Plastificantes: efectos en morteros de albañilería con árido fino reciclado

Gloria M^a Cuenca Moyano

Universidad de Granada, Escuela Técnica Superior de Edificación, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Granada, España

gcuenca@correo.ugr.es

María Martín Morales

Universidad de Granada, Escuela Técnica Superior de Edificación, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Granada, España

mariam@ugr.es

Ignacio Valverde Palacios

Universidad de Granada, Escuela Técnica Superior de Edificación, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Granada, España

nachoval@ugr.es

Ignacio Valverde Espinosa

Universidad de Granada, Escuela Técnica Superior de Edificación, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Granada, España

valverde@ugr.es

Montserrat Zamorano Toro

Universidad de Granada, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Departamento de Ingeniería Civil, Granada, España

zamorano@ugr.es

ABSTRACT: The high water absorption capacity of recycled fine aggregate versus natural fine aggregate affects the properties of masonry mortars, mainly consistency. The main objective of this research is to determine the influence of an air-entraining/plasticizer admixture on the properties of masonry mortar. Four mortar series with various percentages of admixture to cement weight (1%, 3%, 6% and 9%) carried in each five replacements of natural fine aggregate for recycled fine aggregate (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) were prepared with the same total w/c ratio. The results showed that the air-entraining/plasticizer admixture increased consistency, air content and compressive strength, and reduced density in the fresh state. The reduction in the effective w/c ratio caused the loss of efficacy of the admixture.

Keywords: construction and demolition waste, fine recycled aggregate, masonry mortars, air entraining additive/plasticizer.

RESUMEN: La alta capacidad de absorción de agua del árido fino reciclado frente al árido fino natural afecta a las propiedades de los morteros de albañilería, principalmente a la consistencia. El objetivo principal de esta investigación ha sido determinar la influencia de un aditivo inclusor de aire/plastificante en las propiedades del mortero de albañilería fabricado con árido fino reciclado. Se han elaborado cuatro series de mortero con diferentes porcentajes de aditivo sobre el peso de cemento (1%, 3%, 6% y 9%) y cinco reemplazos de AFN por AFR en cada una de ellas (0%, 25%, 50%, 75% y 100%), manteniendo la relación a/c total. Los resultados obtenidos han mostrado el aumento de la consistencia, contenido en aire y resistencia a compresión con el uso del aditivo, así como una disminución de la densidad en estado fresco. La reducción en la relación a/c efectiva causó la pérdida de eficacia del aditivo.

Palabras clave: Residuos de construcción y demolición, árido fino reciclado, morteros de albañilería, aditivo inclusor de aire/plastificante.

1 INTRODUCCIÓN

La construcción y uso de edificios en la Unión Europea representan aproximadamente la mitad de la extracción de materias primas (COM 571 2011) y genera alrededor de un tercio de todos los residuos (Eurostat 2010). El reciclaje o la reutilización de los materiales es cada vez más importante como medio para mejorar el uso eficiente de los materiales y evitar impactos negativos asociados con las materias primas (COM 445 2014). Por ello, la utilización de áridos reciclados (AR) procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) puede contribuir al desarrollo sostenible de la industria de la construcción minimizando el impacto medioambiental originado por la extracción de materias primas no renovables.

En las últimas 4 décadas, el reciclaje de RCD para producir áridos adecuados en la fabricación de hormigón ha sido ampliamente desarrollado en numerosas investigaciones (Frondistou-Yannas 1977, Hansen & Narud 1983). Estos estudios han mostrado que es posible reemplazar la fracción gruesa de AN por AR procedente de residuos de hormigón sin que afecte significativamente a las propiedades del hormigón fabricado. Las investigaciones de los últimos años se han centrado en el uso de la fracción fina del AR, cuya capacidad de absorción de agua se ve incrementada debido a su composición (mortero adherido, material cerámico, etc.) (Sánchez de Juan 2005). Esta particularidad tiene una importante influencia sobre las propiedades en estado fresco de hormigones y morteros, principalmente causando la reducción de la trabajabilidad (Bektas et al. 2009, Pereira et al. 2012). Por ello, el objetivo de numerosos estudios ha sido la búsqueda de soluciones destinadas a compensar el efecto de la absorción de agua y la consecuente pérdida de consistencia, entre ellas el aumento de la relación agua/cemento (a/c) (Corinaldesi & Moriconi 2009) o el uso de AR saturados en la fabricación de hormigón manteniendo constante el agua de amasado (Barra de Oliveira & Vázquez 1996), lo que proporcionó, en ambos casos, menores resistencias; por otro lado, la incorporación de aditivos plastificantes en hormigones, sin aumentar el agua de amasado, muestra un adecuado rendimiento mecánico y durabilidad cumpliendo los requisitos establecidos por diferentes normativas para hormigón estructural (Zega & Di Maio 2011, Pereira et al. 2012).

La mejora de la consistencia debido a la adición de un plastificante se debe a que proporciona una mejor dispersión de las partículas de cemento; el efecto químico de lubricación y dispersión del aditivo aumenta la efectividad del agua, por lo que las partículas necesitan menos agua para su hidratación. Esta mejora se tiene en cuenta cuando se utilizan AR, ya que compensa la necesidad de añadir agua que sería absorbida por ellos, para obtener la misma trabajabilidad. La utilización de AR en la fabricación de hormigón está sujeta a las restricciones normativas impuestas a su uso (Martín-Morales et al. 2013). Sin embargo, la norma EN 13.139 "Aridos para morteros" permite el uso de AR en la elaboración de morteros de albañilería, lo que puede posibilitar el reciclaje de la fracción fina de los áridos procedentes de RCD. Las definiciones y requisitos de los aditivos utilizados en la fabricación de morteros para albañilería a base de cemento se establecen en la norma EN 934-3, que define el aditivo inclusor de aire/plastificante (AIAP) como un aditivo que incrementa la trabajabilidad, o que permite una reducción del contenido de agua al incorporar, durante el amasado, una cantidad controlada de pequeñas burbujas de aire, uniformemente distribuidas, que permanecen después del endurecimiento.

El objetivo principal de esta investigación ha sido el análisis de la influencia de la cantidad de AIAP en las propiedades de los morteros de albañilería elaborados con AFR. En este estudio se propone el uso de AIAP sin aumentar la cantidad de agua para alcanzar la consistencia plástica de los morteros elaborados.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Para elaborar los morteros de albañilería se han empleado los siguientes productos:

- Cemento. El cemento utilizado en este estudio fue CEM II/A-L 42.5 R, proporcionado por la empresa Comercial Cosmos Sur, S.L.;
- Aditivo. El aditivo inclusor de aire/plastificante (AIAP) (RHEOMIX 932) se utilizó para mejorar la consistencia del mortero;
- Filler. Se ha utilizado filler calizo (BETOCARB P1-DA) para ajustar el módulo de finura del árido;
- Árido. Se utilizaron dos tipos de árido: un AFN dolomítico producido en una cantera local de Padul (Granada, España) y un AFR producido en una planta de tratamiento de RCD localizada en Alhendín (Granada, España). El AFN fue obtenido de residuo de hormigón procedente de obra civil; sus componentes, determinados de acuerdo a la norma EN 933-11, fueron: 87% hormigón (Rc), 7.5% árido no tratado (Ru), 2.5% ladrillo (Rb), 1.6% material bituminoso (Ra) y 0.2% otras impurezas (X). La Tabla 1 resume las propiedades físicas, mecánicas y químicas, así como las normas utilizadas para determinar las propiedades de los áridos, según especificaciones de la norma EN 13.139 de Áridos para morteros.

Tabla 1. Propiedades físicas, mecánicas y químicas de los áridos

Propiedad	Norma de ensayo	Límite	AFN	AFR
Tamaño del árido	EN 933-1	No limitado	0/2	0/2
Contenido en finos (%)	EN 933-1	≤ 30	8.71	3.36
Módulo de finura	EN 13.139		2.43	2.49
Calidad de los finos (%)	EN 933-8	No limitado	71	99
Densidad de las partículas (g/cm ³)	EN 1097-6	No limitado	2.82	2.63
Absorción de agua (WA_{24h})(%)	EN 1097-6	No limitado	1.3	6.3
Cloruros solubles en agua (%)	EN 1744-1	≤ 0.06	0.003	0.014
Cloruros solubles en ácido (%)	EN 1744-5	No limitado		0.009
Sulfatos solubles en ácido (%)	EN 1744-1	≤ 0.8	0.3	0.58
Azufre total (%)	EN 1744-1	≤ 1	≤ 1	0.66
Contenido en humus (%)	EN 1744-1	No limitado	Exento	Exento
Impurezas orgánicas ligeras (%)	EN 1744-1	No limitado	Exento	Exento

2.2 Métodos

2.2.1 Muestras de mortero

Para realizar este estudio se han elaborado cuatro series de mortero con diferentes porcentajes de AIAP sobre el peso de cemento (1%, 3%, 6 % y 9%) y cinco reemplazos de AFN por AFR en cada una de ellas (0%, 25%, 50%, 75% y 100%). Los componentes de los morteros se dosificaron para un mortero de albañilería tipo G de clase resistente M 5, siguiendo las instrucciones del fabricante y la norma EN 998-2. La dosificación se hizo en peso para obtener una masa seca de 3 kg, utilizando la misma cantidad de agua total (14% sobre el peso de los componentes secos), es decir, la misma relación agua/cemento (a/c) total, mientras que la relación a/c efectiva disminuyó con la incorporación de AFR; la dosificación del aditivo, expresada en % de la masa de cemento, se encontraba en el intervalo de dosificación recomendado por el fabricante (1%-9%), tomando como referencia la establecida para el mortero de clase resistente M 5, correspondiente al 1%. La dosificación de las muestras resultantes se recoge en la Tabla 2; en ella, las muestras de mortero se designan con la letra G, correspondiente al tipo de mortero, seguida de dos números, correspondientes a los porcentajes de AFR y de AIAP incorporado.

El procedimiento de amasado fue el mismo para la fabricación de todos los morteros, siguiendo

lo establecido en la norma EN 1015-2. Este procedimiento consistió en mezclar manualmente todos los componentes sólidos hasta obtener una mezcla homogénea seca, introducir el agua en el recipiente de la amasadora, posteriormente incorporar la mezcla de mortero seco y mezclar durante 90 segundos. El equipo de amasado utilizado fue una amasadora automática de mortero MATEST E093, con un recipiente de 4.7 litros de capacidad y una pala de acero accionada por un motor eléctrico a velocidad lenta, con movimiento de rotación de $140 \pm 5 \text{ min}^{-1}$ y un movimiento planetario de $62 \pm \text{min}^{-1}$.

Tabla 2. Dosificaciones y componentes de las series de mortero.

Morteros estudiados	Componentes (gr)							
	AFN	AFR	Filler	Cemento	AIAP	Agua total	a/C total	a/C efectiva
G-0-1	2430	0	270	300	3	420	1.400	1.295
G-25-1	1836	594	270	300	3	420	1.400	1.196
G-50-1	1215	1215	270	300	3	420	1.400	1.092
G-75-1	594	1809	297	300	3	420	1.400	0.994
G-100-1	0	2403	297	300	3	420	1.400	0.895
G-0-3	2430	0	270	300	9	420	1.400	1.295
G-25-3	1836	594	270	300	9	420	1.400	1.196
G-50-3	1215	1215	270	300	9	420	1.400	1.092
G-75-3	594	1809	297	300	9	420	1.400	0.994
G-100-3	0	2403	297	300	9	420	1.400	0.895
G-0-6	2430	0	270	300	18	420	1.400	1.295
G-25-6	1836	594	270	300	18	420	1.400	1.196
G-50-6	1215	1215	270	300	18	420	1.400	1.092
G-75-6	594	1809	297	300	18	420	1.400	0.994
G-100-6	0	2403	297	300	18	420	1.400	0.895
G-0-9	2430	0	270	300	27	420	1.400	1.295
G-25-9	1836	594	270	300	27	420	1.400	1.196
G-50-9	1215	1215	270	300	27	420	1.400	1.092
G-75-9	594	1809	297	300	27	420	1.400	0.994
G-100-9	0	2403	297	300	27	420	1.400	0.895

2.2.2 Métodos de ensayo

De acuerdo a lo establecido en la norma EN 998-2 para un mortero de albañilería tipo G de clase resistente M5 y siguiendo las instrucciones del fabricante, las propiedades del mortero estudiadas, los métodos de ensayos aplicados y los límites establecidos se relacionan en la Tabla 3.

Tabla 3. Propiedades del mortero estudiadas, normas aplicadas y límites establecidos.

Propiedad		Norma de Ensayo	Límites	Referencia
Estado fresco	Consistencia	EN 1015-3	Seca (<140 mm)	EN 1015-6
			Plástica (140-200 mm)	-
			Fluida (>200 mm)	-
	Densidad aparente	EN 1015-6	-	-
	Contenido en aire	EN 1015-7	-	-
Estado endurecido	Resistencia a flexión y a compresión	EN 1015-11	$\geq 5 \text{ MPa}$ (Mortero M 5)	EN 998-2

La norma EN 998-2 tan sólo limita los valores de resistencia del mortero que se establecen en función de la clase resistente. No obstante, en este estudio se han tenido en cuenta valores recomendables para el resto de propiedades: el mortero en estado fresco debe ser plástico y trabajable para facilitar su puesta en obra, por lo que son preferibles consistencias plásticas; los valores del contenido en aire del mortero fresco recomendados por Bustillo (2008) oscilan entre

el 5% y 20%; y la densidad del mortero en estado fresco recomendada por el fabricante varía entre 1960-2000 kg/m³.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los ensayos se recogen en la Tabla 4 y las Figuras 1 a 4. Se puede observar que no fue posible la determinación de los valores de resistencia a flexión y a compresión con la incorporación del 75% y 100% de AFR; esto fue debido a la falta de plasticidad del mortero que hizo imposible la realización de probetas de ensayo.

Los resultados obtenidos se analizan y discuten en los apartados siguientes.

Tabla 4. Resultados de los ensayos realizados a los morteros.

Morteros estudiados	Estado fresco			Estado endurecido			
	Consistencia (mm)	Densidad aparente (kg/m ³)	Contenido en aire (%)	Resistencia a flexión y a compresión (MPa)			
				f _f 7-d	f _c 7-d	f _f 28-d	f _c 28-d
G-0-1	153	1960	14.0	1.865	4.049	2.611	6.998
G-25-1	143	1920	14.5	2.210	4.915	3.499	8.680
G-50-1	120	1970	13.5	2.733	6.164	3.839	11.330
G-75-1	100	1850	16.0	-	-	-	-
G-100-1	100	1785	18.0	-	-	-	-
G-0-3	157	1883	17.3	1.764	4.534	2.391	5.660
G-25-3	142	1987	12.5	2.148	6.041	2.887	8.223
G-50-3	121	2028	9.0	2.697	6.827	3.511	10.225
G-75-3	105	1849	16.0	-	-	-	-
G-100-3	100	1750	19.5	-	-	-	-
G-0-6	172	1717	21.5	1.393	2.603	1.845	3.873
G-25-6	155	1688	20.5	2.235	5.108	3.300	9.090
G-50-6	136	1864	16.0	2.528	6.022	3.793	10.160
G-75-6	100	1855	16.0	-	-	-	-
G-100-6	100	1773	12.0	-	-	-	-
G-0-9	173	1763	20.8	1.828	3.969	2.270	5.529
G-25-9	155	1739	16.0	2.391	5.961	3.584	9.728
G-50-9	144	1883	15.0	2.295	5.428	3.659	9.857
G-75-9	110	1940	13.0	-	-	-	-
G-100-9	100	1727	22.0	-	-	-	-

3.1 Mortero fresco

3.1.1 Consistencia

La Figura 1 muestra los valores de consistencia de los morteros ensayados y las líneas de tendencia de las series. Se puede observar que todos los morteros alcanzaron consistencias plásticas para incorporaciones de AFR de hasta el 25%, independientemente de la cantidad de AIAP incorporado; para reemplazos superiores de AFN, tan sólo fue posible obtener una consistencia plástica para el 50% de AFR y la máxima cantidad de aditivo (G-50-9). El aumento de la cantidad de AIAP incrementó los valores de consistencia en morteros con la misma incorporación de AFR, hasta un 20% más en el mortero G-50-9, respecto al mortero G-50-1. Los AIAP incorporan burbujas de aire microscópicas con forma esférica y flexible que actúan como un lubricante de las partículas aumentando la fluidez del mortero e incrementando la trabajabilidad (Venuat 1972).

No obstante, la incorporación de AFR disminuyó la relación a/c efectiva reduciendo los valores de consistencia en morteros con la misma cantidad de AIAP, siendo mayor la reducción a medida que aumentó el reemplazo de AFN por AFR y dando lugar a morteros de consistencia seca

(escurrimiento < 140 mm) poco trabajables (Bektas et al. 2009). Los porcentajes de reducción de la consistencia llegaron hasta un 47.7% en el mortero elaborado con un reemplazo total de AFN y la dosis máxima de AIAP (G-100-9) respecto al mortero G-0-9. Estos resultados se explican por la alta capacidad de absorción de agua del AFR, ya que al igual que en otros estudios (Pereira et al. 2012, Zega & Di Maio 2011), provocó la pérdida de efectividad del AIAP que incluso fue nula cuando se realizó un reemplazo total de AFN. Estas conclusiones se confirman con los valores de correlación de las series en la Figura 1, que muestran una fuerte relación lineal inversa entre la consistencia y el reemplazo de AFN por AFR, independientemente de la cantidad de aditivo.

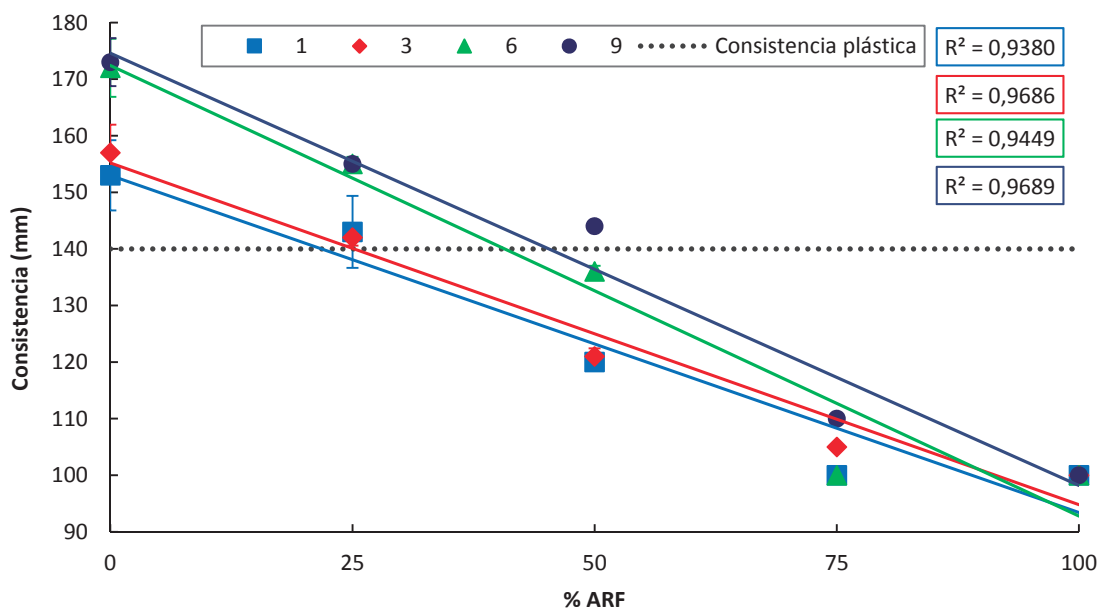


Figura 1. Consistencia del mortero en estado fresco.

3.1.2 Densidad aparente

Los valores de densidad aparente de los morteros ensayados en estado fresco y las líneas de tendencia de las series se muestran en la Figura 2. Los valores recomendados por el fabricante (1960-2000 kg/m³) se alcanzaron para incorporaciones de hasta el 3% de AIAP y el 50% de AFR, excepto para el mortero G-0-3. Los resultados obtenidos muestran que el aumento de la cantidad de AIAP disminuyó los valores de densidad en morteros con la misma cantidad de AFR. Como se ha indicado anteriormente el aditivo actúa físicamente mediante la incorporación de micro-burbujas de aire uniformemente distribuidas, que conducen al aumento de la trabajabilidad pero disminuyen la densidad del mortero fresco (Lea 2001). El valor más bajo se registró en el mortero G-25-6, hasta un 15% menor que el valor del mortero G-25-3. Sin embargo, para incorporaciones de AFR superiores al 50% se observó un cambio de tendencia, ya que los valores se igualaron sin que afectara la cantidad de AIAP, lo que podría explicarse por la pérdida de eficacia del aditivo con la disminución de la relación a/c efectiva (Pereira et al. 2012).

Por otro lado, la incorporación de AFR en morteros con la misma cantidad de AIAP incrementó los valores de densidad para reemplazos de hasta el 50% de AFN, siendo el valor más alto el alcanzado por el mortero G-50-3, hasta un 7.7% mayor que el mortero G-0-3. Estos resultados podrían ser debido a la disminución de la relación a/c efectiva con el aumento de AFR, que hizo que el mortero fuese más compacto, resultados conforme a los obtenidos por Kou & Poon (2009). Sin embargo, para incorporaciones de AFR superiores al 50% los valores de densidad disminuyeron, debido a la menor densidad del AFR respecto al AFN que junto a la excesiva

reducción de la relación a/c efectiva impidió la cohesión del mortero fresco. Tan sólo es posible establecer una relación lineal inversa entre la densidad en estado fresco y la incorporación de AFR en morteros elaborados con 1% de AIAP ($R^2= 0.7177$).

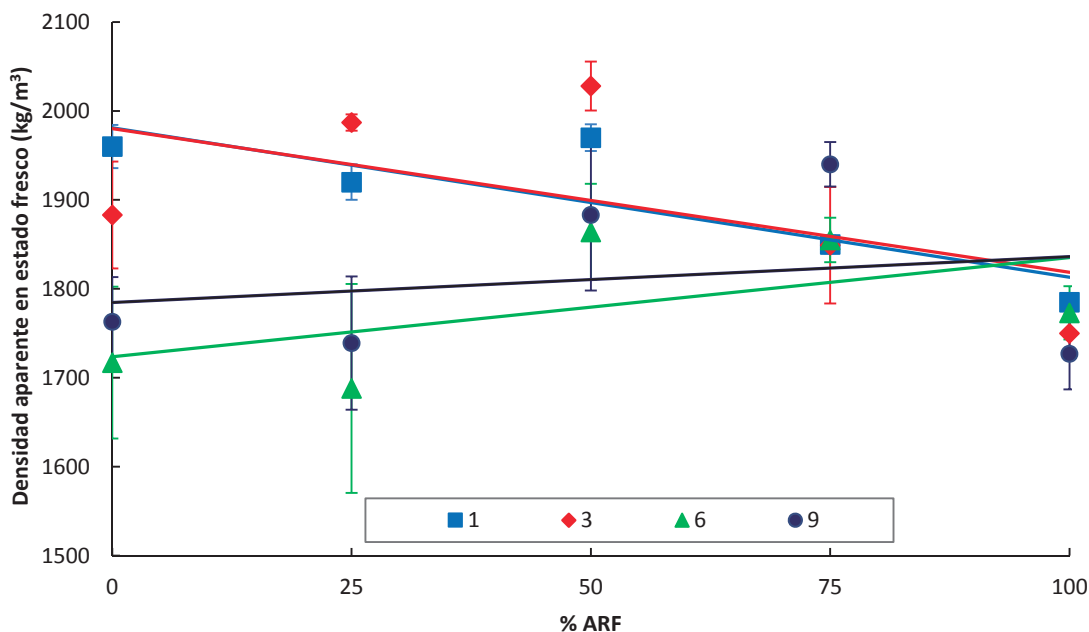


Figura 2. Densidad aparente del mortero en estado fresco.

3.1.3 Contenido en aire

La Figura 3 muestra los valores de contenido en aire de los morteros ensayados en estado fresco y las líneas de tendencia de las series. Se puede observar que todos los morteros cumplieron los valores de contenido en aire recomendados por Bustillo (2008), salvo los morteros elaborados con AFN y las dosis más altas de AIAP (6% y 9%), así como para un reemplazo total de AFN con la máxima dosis de AIAP (G-100-9). El aumento de la cantidad de aditivo incrementó el contenido en aire en morteros con la misma cantidad de AFR debido a la acción de inclusión de aire del AIAP. Siguiendo la tendencia mostrada por la densidad en estado fresco, los valores más desfavorables se alcanzaron cuando se empleó 6% de aditivo en incorporaciones de AFR de hasta el 75%; el mayor aumento de contenido en aire se produjo en el mortero elaborado con AFN (G-0-6), hasta un 53.5% más alto que el valor del mortero G-0-1. Para el reemplazo total de AFN, el valor más desfavorable fue para la dosis más alta de aditivo (9%).

En cuanto al efecto generado por la incorporación de AFR, los valores de contenido en aire disminuyeron con incorporaciones de AFR de hasta el 50%, debido a la reducción en la relación a/c efectiva, ya que el contenido en aire aumenta cuanto más elevada es la relación a/c (Sánchez de Juan 2005). El valor más bajo y favorable fue el alcanzado por el mortero G-50-3, cuyo valor de contenido en aire se redujo hasta el 92% respecto al mortero G-0-3. Sin embargo, para reemplazos superiores de AFN, el contenido en aire aumentó excepto para el mortero G-100-6, cuyo valor fue incluso menor que los obtenidos por morteros elaborados con AFN. Se puede observar una fuerte relación lineal inversa entre el contenido en aire y la cantidad de AFR cuando se empleó el 6% de AIAP ($R^2= 0.9313$), siendo la relación lineal directa para el 1% de AIAP ($R^2= 0.6786$). Para incorporaciones de aditivo del 3% y 9% no se puede establecer una relación lineal.

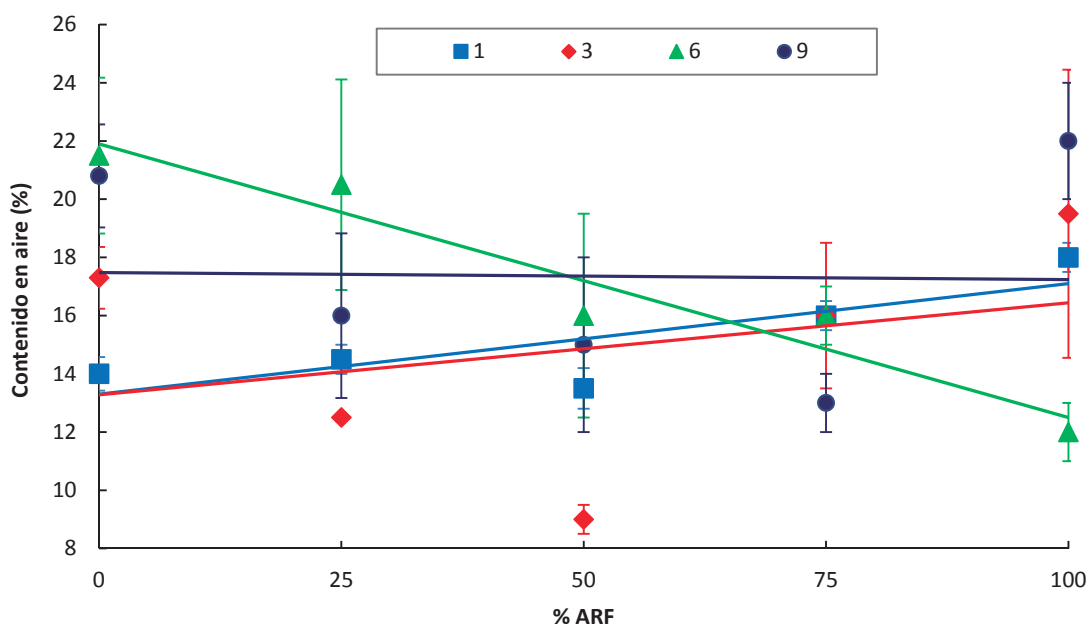


Figure 3. Contenido en aire del mortero en estado fresco.

3.2 Mortero endurecido

3.2.1 Resistencia a flexión y a compresión

La resistencia a compresión es la propiedad más importante del mortero en estado endurecido, ya que en gran medida determina su durabilidad; de hecho, los morteros de albañilería se clasifican de acuerdo a su resistencia a compresión (EN 998-2).

En la Tabla 4 se relacionan los valores obtenidos de la resistencia a flexión y a compresión de los morteros a 7 y 28 días de edad. La Figura 4 muestra los valores de la resistencia a compresión a 28 días de edad de los morteros elaborados, la resistencia a compresión de referencia de un mortero clase resistente M5 y las líneas de tendencia de las series. Todos los morteros superaron el valor de resistencia de referencia establecido a excepción del mortero G-0-6. Se pudo apreciar que el aumento de la cantidad de AIAP disminuyó los valores de la resistencia a compresión de los morteros elaborados con AFN y de los que contenían el 50% de AFR. Para estos morteros, los valores más altos de resistencia se alcanzaron con la menor dosis de AIAP (1%). Estos resultados estarían conforme a los obtenidos para densidad y contenido en aire del mortero en estado fresco, correspondientes a baja densidad y alto contenido en aire que disminuyeron la compacidad del mortero y como consecuencia la resistencia a compresión (Venuat 1972). Además, el aumento de la consistencia en el mortero elaborado con AFN como consecuencia de las altas dosis de aditivo hizo que el mortero aumentara su fluidez y perdiera cohesión. Sin embargo, cuando se reemplazó el 25% de AFN por AFR, el valor más alto de resistencia se alcanzó para la máxima dosis de aditivo (9%), hasta 12% mayor que el valor de resistencia del mortero G-25-3; este aumento de la resistencia podría explicarse por un efecto combinado de la reducción de la relación a/c efectiva y de la acción del AIAP que mejoró la cohesión y compacidad del mortero.

Los resultados para la incorporación de AFR muestran el aumento de la resistencia a compresión de los morteros debido a la disminución de la relación a/c efectiva. De acuerdo con Zega & Di Maio (2011) el AFR absorbió una cierta cantidad de agua libre durante el amasado, reduciendo la relación a/c inicial en la zona de transición interfacial (ITZ) y mejorando la adherencia entre el AFR y la nueva pasta de cemento (Etxeberria et al. 2007). El mayor incremento se produjo para una incorporación del 50% de AFR y 6% de aditivo (G-50-6), hasta un 89.8% más resistencia a

compresión que para el mortero con AFN (G-0-6). Según los valores de correlación de las series (Figura 4) se puede observar una fuerte relación lineal directa entre la resistencia a compresión y la cantidad de AFR con dosis bajas de aditivo (1% y 3%).

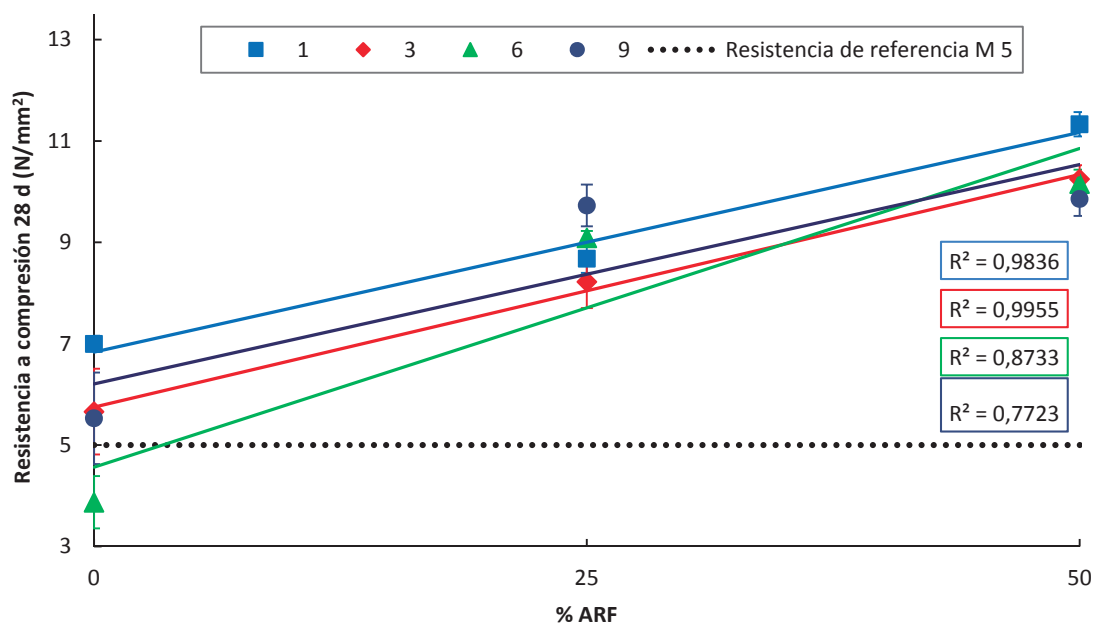


Figura 4. Resistencia a compresión a 28 días del mortero endurecido.

4 CONCLUSIONES

El uso de AFR afecta a las propiedades del mortero en estado fresco y endurecido, debido a la alta capacidad de absorción del AFR. En esta investigación se ha evaluado la influencia del aumento de la cantidad de un AIAP, sin aumentar la relación a/c total del mortero con diferentes reemplazos de AFN por AFR. De los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La consistencia del mortero se incrementó con el aumento de la dosis de AIAP. No obstante, se ha observado que la incorporación de AFR redujo la relación a/c efectiva provocando la pérdida de efectividad del AIAP y, en consecuencia, reduciendo la consistencia del mortero;
- La densidad del mortero en estado fresco disminuyó con el aumento de AIAP debido a la alta incorporación de micro-burbujas de aire por la acción del aditivo, mientras que la incorporación de AFR aumentó los valores de densidad como consecuencia de la reducción de la relación a/c efectiva que hizo al mortero más compacto; los valores de densidad obtenidos fueron similares cuando se realizó un reemplazo total de AFN;
- El contenido en aire del mortero aumentó con la incorporación de aditivo AIAP, aunque el aumento del reemplazo de AFN por AFR disminuyó los valores, siguiendo la tendencia mostrada por la densidad en estado fresco;
- La resistencia a compresión del mortero aumentó con el incremento de la cantidad de AIAP en los morteros elaborados con el 25% de AFR, ya que la reducción de la relación a/c efectiva creó una eficiente ITZ entre el RFA y la pasta de cemento, que junto al efecto del aditivo mejoró el comportamiento mecánico del mortero.

Por tanto, se puede concluir, que se pueden elaborar morteros de albañilería con incorporaciones del 25% de AFR sin aumentar la relación a/c total con cualquiera de las dosificaciones de aditivo estudiadas y del 50% de AFR dosificando el aditivo al 9%; de esta forma se pueden obtener morteros de albañilería de clase resistente superior a M5 y consistencia plástica que permita su manipulación y puesta en obra.

5 AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al personal de las empresas ARGOS D.C. (Padul) e INERTES GUHILAR (Alhendín) por su ayuda en este estudio así como a los Departamentos de Construcciones Arquitectónicas y de Ingeniería Civil de la Universidad de Granada.

REFERENCES

Barra de Oliveira, M. & Vázquez, E. 1996. The influence of retained moisture in aggregates from recycling on the properties of new hardened concrete. *Waste Management* 16(1-3): 113-7.

Bektas, F., Wang, K. & Ceylan, H. 2009. Effects of crushed clay brick aggregate on mortar durability. *Construction and Building Materials* 23: 1909-14.

Bustillo, M. 2008. *Hormigones y morteros*. Madrid: Fuego Editores. isbn:978-84-935279-1-4. p.p. 721

COM 445. 2014. On resource efficiency opportunities in the building sector.

COM 571. 2011. Roadmap to a resource efficient Europe.

Corinaldesi, V. & Moriconi, G. 2009. Behaviour of cementitious mortars containing different kinds of recycled aggregate. *Construction and Building Materials* 23: 289-94.

Etxeberría, M., Vázquez, E., Marí, A. & Barra, M. 2007. Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete. *Cement and Concrete Research* 37: 735-42.

Eurostat. 2010. Waste statistics in Europe. <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>>

Frondistou-Yannas, S. 1977. Waste concrete as aggregate for new concrete. *Journal of the American Concrete Institute* 74 (8): 373-376.

Hansen T.C. & Narud H. 1983. Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate. *Concrete International* 5 (1): 79-83.

Kou, S. & Poon, C. 2009. Properties of self-compacting concrete prepared with coarse and fine recycled concrete aggregates. *Cement & Concrete Composites* 31: 622-7.

Lea, F.M. 2001. *The chemistry of cement and concrete*. 4th ed. New York: Chemical Publishing Co.

Martín-Morales, M., Zamorano, M., Valverde-Palacios, I., Cuenca-Moyano, G.M. & Sánchez-Roldán, Z. 2013. Chapter 11: Quality control on recycled aggregates (RAs) from construction and demolition waste (CDW). In: *Handbook of recycled concrete and demolition waste*, Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing Limited. p. 270-303. Chapter DOI: 10.1533/9780857096906.2.270; Book DOI: 10.1533/9780857096906.

Pereira, P., Evangelista L. & de Brito, J. 2012. The effect of superplasticisers on the workability and compressive strength of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials* 28: 722-729.

Sánchez de Juan, M. 2005. Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural (Study on the use of recycled aggregate in structural concrete). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. ETSI de Caminos, Canales y Puertos.

Venuat, M. 1972. *Aditivos y tratamientos de morteros y hormigones*. Barcelona: Editores técnicos asociados, s.a. B-9765-1972. p.p. 416

Zega, C.J. & Di Maio, A.A. 2011. Use of recycled fine aggregate in concretes with durable requirements. *Waste Management* 31: 2336-2340.

Um método multiobjetivo para posicionamento otimizado de novos reservatórios hídricos com volume preestabelecido

José Rui Castro de Sousa

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Departamento de Ciência da Computação, Rio Pomba, Minas Gerais, Brasil

jose.castro@ifsudestemg.edu.br

Bruna Bastos Lima

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Departamento de Construção Civil, Januária, Minas Gerais, Brasil

bruna.lima@ifnmg.edu.br

ABSTRACT: The population growth, economic development and urbanization, have generated an increase in water demand over the past decades. As a way to meet this demand are built new dams for water storage. In this paper a computational system was developed. This system identifies the best positioning for a new water reservoir, which causes the least possible impact on the city or region that will receive, from a pre-established demand from the regional need volume. The process is done through Multiobjective Linear Programming, where more than one demand can occur simultaneously, according to the scenario in which the reservoir will be built. The main contributions are the automatic determination of the direction and extent of the dam; definition of ideal height of the dam to achieve the desired volume; location of the flooded the region and volume generated through a simple and accurate method described in the literature.

Keywords: Sustainable building, positioning water reservoir, optimization

RESUMO: O crescimento populacional, desenvolvimento econômico e urbanização, têm gerado um aumento na demanda hídrica ao longo das últimas décadas. Como forma de suprir esta demanda são construídas novas barragens para armazenamento de água. Neste trabalho foi desenvolvido um sistema computacional que identifica o melhor posicionamento para um novo reservatório hídrico, que acometa o menor impacto possível na cidade ou região que o receberá, partindo de uma demanda de volume pré-estabelecido a partir da necessidade regional. O processo é feito através de Programação Linear Multiobjetivo, onde mais de uma demanda pode ocorrer simultaneamente, de acordo com o cenário no qual o reservatório será construído. As principais contribuições do trabalho são a determinação automática da direção e extensão da barragem; definição da altura ideal da barragem para obtenção do volume desejado; localização da região alagada e o volume gerado, através de um método mais simples e preciso que o descrito na literatura.

Palavras-chave: Construção sustentável, posicionamento de reservatório hídrico, otimização

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida humana, sendo necessária em muitas atividades, como abastecimento urbano, geração de energia elétrica, irrigação, navegação, pesca. Na natureza, a quantidade de água disponível para o consumo é finita (menos de 0,02%). O crescimento populacional e a rápida urbanização criarão uma demanda ainda maior para água, reduzindo a capacidade dos ecossistemas para fornecer suprimentos mais regulares e limpos. (Rego Filho et al. 2014).

Neste início de século, a Organização das Nações Unidas (ONU) já realizou quatro Fóruns Mundiais da Água, nos quais foram debatidos temas como direito humano universal versus a água como mercadoria e de uma crise eminente para o abastecimento de água doce, ainda neste

século (Rego Filho et al. 2014). Segundo o relatório anual das Nações Unidas, em 2050 mais de 45% da população mundial não poderá contar com a quantidade mínima per capita de água para necessidades básicas. A *World Commission on Water*, suportada pela ONU e Banco Mundial, estima que o crescimento da população até o ano 2030 requererá 17% de aumento da disponibilidade de água para irrigação e 70% para abastecimento urbano. Estes aumentos associados aos demais usos da água deverá representar um acréscimo de 40% na demanda total.

Segundo a UNRIC (2014), 41,2% da superfície terrestre é constituída por desertos e terras áridas. Devido a processos de desertificação, variação climática e destruição das grandes florestas esta proporção vem aumentando. Aproximadamente 44% dos sistemas cultivados do mundo situam-se em terras áridas. Nessas zonas habita atualmente uma em cada três pessoas do mundo. Considerando-se que 8% da água potável disponível no mundo se encontra em território brasileiro, se faz necessário um olhar mais cuidadoso em relação à esse recurso.

O Brasil, por suas dimensões continentais e diversidade geográfica, apresenta situações bastante distintas quanto à disponibilidade hídrica, sendo afetado tanto pela escassez hídrica, quanto pela degradação dos recursos causada pela poluição. As relações mais desfavoráveis entre oferta e demanda de água concentram-se no semiárido, no sul do país e na área de abrangência dos principais centros urbanos (Brasil, 2013).

A gestão de recursos hídricos no Brasil vem evoluindo desde os anos 70, tendo a gestão da água tomado um novo rumo com a promulgação da constituição de 1988, que delegou competência à União instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. Em 1997, foi sancionada a Lei de Recursos Hídricos (Lei 9433, de 8/01/1997), que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh). No ano 2000, foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA), por meio da Lei 9.984.

Neste contexto, os rios intermitentes são fundamentais para a sobrevivência da população e economia da região. Portanto a construção de reservatórios de água surge como opção para a regularização da vazão destes rios ao longo do ano, mantendo a disponibilidade de água mesmo em períodos de estiagem e queda da vazão em cursos d'água. Geralmente, esse processo é realizado pelo represamento das águas através da construção de barragens em trechos bem determinados dos cursos d'água naturais. O processo de escolha, construção e implantação de um reservatório numa determinada região envolve diversas questões sociais, ambientais e econômicas, que devem ser observadas sem parcialidade regional ou interesse político.

1.1 Objetivos

O objetivo geral do trabalho foi o desenvolvimento de um sistema computacional de apoio, para a identificação de melhor posicionamento de reservatório hídrico, a partir de um volume de água k e de uma rede de drenagem preestabelecidos. Para alcançar o objetivo geral, têm-se alguns objetivos específicos a serem atingidos, tais como:

- Elaboração de uma heurística para definição da altura máxima possível de uma barragem;
- Definição e análise de área alagada gerada pelo posicionamento de uma barragem, considerando-se área inundada, comprimento da barragem e impactos socioambientais;
- Apresentação de um método para determinação do volume de reservatório correspondente a região alagada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Formas de representação de terrenos

As formas mais comuns de representação digital de um terreno são: rede triangular irregular (*Triangulated Irregular Network* - TIN) e modelo digital de elevação (MDE). Um MDE (fig. 1),

normalmente armazenado em uma matriz, contém as elevações de um conjunto de pontos regularmente distribuídos sobre uma determinada região (Felgueiras 2001). Desta forma cada célula da matriz contém um valor inteiro referente à elevação de um ponto.

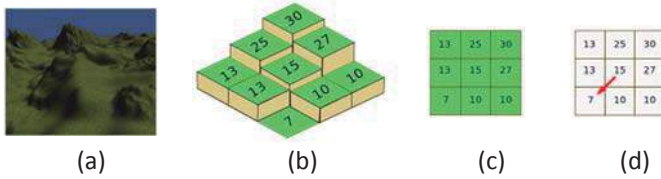


Figura 1. (a) Terreno digitalizado. (b) Modelo tridimensional, cada célula da estrutura representa a elevação do terreno original. (c) Modelo digital de elevação, matriz. Visão bidimensional. (d) Direção de fluxo, cada célula escoo para o vizinho de menor elevação.

O MDE deve representar o relevo de forma fiel e assegurar a convergência do escoamento superficial para a rede de drenagem mapeada, garantindo, assim, a sua consistência hidrológica. Vale observar que a opção por um modelo de representação não significa uma restrição, pois há diversos métodos que realizam a conversão entre as várias três formas de representação (Felgueiras 2001, Kreveld 1997).

2.2 Rede de drenagem

O elemento básico da hidrografia de um terreno é a sua rede de drenagem (Jenson & Domingue 1988, O'callaghan & Mark 1984, Tarboton 1997), sendo ela o ponto de partida para muitos estudos nesta área. A rede é composta basicamente pela direção do escoamento e pelo fluxo acumulado.

A direção do escoamento é definida para cada ponto (célula da matriz) do terreno. O fluxo de água será direcionado para a célula vizinha que possua o menor valor de elevação e que seja menor que a elevação da célula em questão. Esta abordagem é chamada *Single-Flow-Direction* (SFD). O fluxo acumulado também é uma propriedade de cada pixel do terreno e corresponde à quantidade de água que escoo para aquele pixel (Moore et al. 1991).

2.3 Reservatórios de água

Segundo o Relatório de Segurança de Barragens (ANA 2011), no Brasil estão cadastradas 13.529 barragens, considerando-se espelhos d'água com área superior a 20 hectares. Destas, 87% são barragens de usos múltiplos (abastecimento humano, animal, industrial; irrigação). Os estados do Nordeste dispõem da maior quantidade de barragens para acumulação de água, em reservatórios de médio e grande porte.

Os reservatórios, barragens, açudes ou represas tem como finalidade principal a regularização de vazões. O processo de determinação do local de construção da barragem envolve uma série de questões sociais, ambientais e econômicas, que devem ser ponderadas:

- Consumo humano: Água é fonte de vida, portanto seu consumo é indispensável à vida humana. Desta forma, a água deve ser um bem acessível a qualquer região habitada;
- Desenvolvimento agrícola: A agricultura irrigada é a atividade humana que demanda maior quantidade de água. Em termos mundiais, estima-se que esse uso responda por cerca de 80% das derivações de água;
- Rios intermitentes: Regiões em que se localizam rios intermitentes demandam maior atenção no processo de construção de reservatórios de água. O represamento interferirá no regime fluvial e no meio ambiente;
- Controle das cheias: Regiões onde sazonalmente há aumento do volume de água no leito do rio também devem ser tratadas com cautela. Nestes casos, a regularização de vazão evita transtornos como inundação de cidades e povoados, rodovias, áreas com potencial agrícola ou mineral;

- Prejuízos sociais e ambientais: Os custos ambientais e sociais decorrentes da implantação inadequada de uma grande barragem são altos. Embora não sejam tradicionalmente contabilizados pelos construtores, os prejuízos são claramente observados e pagos por toda a sociedade. Entre os principais custos socioambientais envolvidos, destacam-se: deslocamento forçado de famílias em decorrência da inundação de suas terras; inutilização de áreas de cultivo agrícola; destruição de florestas, lagoas marginais e outros ecossistemas; invasão de áreas destinadas à reserva indígena e ambientais; transposição de vias rodoviárias, ferroviárias devido ao alagamento da região.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste experimento foi requerido um reservatório de capacidade 90 milhões de metros cúbicos de água. Também se levou em conta 2(dois) mapas temáticos referentes à áreas de reserva e conjuntos habitacionais. Estes foram criados pelo autor, apenas para efeito de teste. O sistema computacional foi desenvolvido na linguagem Java. Todos os testes foram executados em um computador com sistema operacional Windows 7, processador i7 3.4 GHz com 16 GB de memória, disco rígido de 1 TB e 5400RPM.

A região considerada no estudo abrange a cidade de Viçosa-MG, Brasil, cujas coordenadas de latitude e longitude são 20°45'14" S, 42°52'55" O, respectivamente. A região utilizada inclui parte da bacia do ribeirão São Bartolomeu. O terreno escolhido para o estudo de viabilidade da construção do reservatório foi representado por uma matriz digital de elevação (MDE). O terreno MDE de dimensão 1201x1201 e resolução 90 (noventa) metros foi obtido no portal oficial da NASA (*The Shuttle Radar Topography Mission – SRTM, 2007*).

A rede de drenagem foi produzida no software livre *Geographic Resources Analysis Support System Team (2004)*. Os mapas temáticos correspondentes ao(s) local(is) onde há núcleo(s) populacional(is), indígena(s) e/ou de proteção ambiental, ferrovias e rodovias foram representados por matrizes binárias, 1(ocorrência do tema) ou 0(não ocorrência).

Como parâmetros de entrada do sistema tem-se o volume de água desejado para o reservatório, e os arquivos: MDE, direção de escoamento, acumulação de fluxo e mapas temáticos, todos no formato texto (ASCII). O sistema produziu 3 arquivos como saída, todos no formato texto (ASCII). O primeiro é o arquivo "*solucao.txt*", que contém todas as informações referentes às melhores soluções encontradas, dispostas em ordem crescente segundo o valor da função de custo. O próximo resultado é o "*P_i_j_MDE.txt*", que apresenta o MDE juntamente com a represa posicionada no melhor ponto $P(i,j)$. O terceiro arquivo produzido é denominado "*P_i_j_Binario.txt*", cujos valores são 0, 1 ou 2. Os valores iguais a 2 representam os pontos da barragem; os inteiros 0 indicam as células pertencentes à represa; e os valores iguais a 1 as demais regiões, regiões secas.

3.1 Definição do curso do rio

Dada a rede de drenagem, em especial a matriz de acumulação, é possível definir quais coordenadas do MDE pertencem ao rio. Esta definição é feita a partir da inserção de uma cota c , juntamente com os requisitos iniciais do sistema. Certamente farão parte do rio as células do terreno de cota maior ou igual a c . Desta forma o sistema percorre virtualmente todo o trecho do rio onde se deseja construir a barragem procurando por soluções viáveis. Um objeto da rede de drenagem de suma importância é a direção do fluxo, que define a orientação do fluxo de escoamento. A orientação da barragem é definida sempre como perpendicular à direção do fluxo de escoamento.

3.2 Altura da barragem

O processo de posicionamento do reservatório tem como aspecto inicial a determinação da altura h da barragem a ser construída, para cada seção do rio, de modo que o reservatório gerado possa armazenar o volume desejado. Para isso foi utilizada uma adaptação do processo de busca binária em que o objetivo é encontrar o valor da altura no intervalo $[1...hMax]$ (Deitel & Deitel 2001).

A partir de um ponto $p_i = (x_i, y_i)$, correspondente ao leito do rio e sua direção de escoamento, é possível analisar a região ao longo do eixo de construção da barreira e determinar a maior altura que a barragem pode atingir. Esse valor é o $hMax$. A menor cota entre os máximos locais à "direita" (M_d) e à "esquerda" (M_e) de p_i é denominada $pMax$ (fig 2). Para evitar que o máximo local esteja muito afastado de p_i , ou ainda, que este ponto pertença à outra bacia de acumulação, o processo segue até encontrar um novo curso d'água.



Figura 2. Para este caso o máximo à esquerda é também o $pMax$. Ele é menor que o máximo à direita. A maior altura possível para o posicionamento de uma barragem neste ponto do leito do rio é o $hMax$.

A partir da obtenção de $pMax$, a determinação de $hMax$ se torna simples. Basta efetuar a diferença entre a elevação da célula $pMax$ e a elevação do ponto p_i analisado. Uma vez definido o $hMax$ para $p_i = (x_i, y_i)$ do rio, o processo de obtenção da altura ideal da barragem para atingir o volume desejado, é feito da seguinte forma:

Etapa (1): Atribui-se o valor de $hMax$ a h_i e calcula-se o volume v_i gerado por h_i . Dessa forma evitam-se testes desnecessários, pois, se uma barragem de altura $hMax$ não for capaz de armazenar o volume desejado, nenhum outro valor da faixa $[1...hMax]$ será.

Etapa (2): Se v_i é menor do que o volume desejado, descarta-se aquele *pixel* e o processo é realizado no próximo ponto do rio. Caso contrário, pode existir uma altura entre 1 e $hMax$ que atenda o volume requerido e passa-se à etapa (3).

Etapa (3): O próximo h_i testado, é informado pela adaptação do algoritmo de busca binária. Mais precisamente, a nova altura h_i proposta será definida pela metade do espectro de busca, conforme a fórmula:

$$h_i = \left(\frac{\min + \max}{2} \right) \quad (1)$$

Etapa (4): Para o h_i em questão, calcula-se a extensão da barragem, a região alagada e o volume v_i produzido.

Etapa (5): Caso o volume do reservatório gerado pela barragem de altura h_i seja maior que v_i em 20%, retorna-se à etapa (3) onde o espectro de busca será $[1...h_i]$. Caso contrário, retorna-se à etapa (3) utilizando-se o espectro de busca $[h_i...hMax]$. Caso o volume gerado pela altura h_1 atenda ao volume k , este h_i é o adequado para construção do reservatório no ponto p_i .

3.3 Comprimento da barragem

Determinada a direção e altura da barragem, o passo seguinte foi definir seu comprimento. Supõe-se, no ponto p , a construção de uma barreira de altura h . Para definir os *pixels* do terreno que fazem parte da barragem é realizado um percurso virtual a partir da célula p escolhida, em

ambos os sentidos. O percurso se inicia no ponto p e finaliza quando encontra uma posição do terreno (ombreira) cuja elevação seja maior que h . O processo se repete no outro sentido. Logo os pontos visitados, exceto as ombreiras, farão parte da barragem.

3.4 Área de secção da barragem

Para obter a solução mais adequada procura-se minimizar os custos, a partir da otimização da área de seção da barragem. Considerou-se a barragem como a seção transversal necessária para represar o fluxo do rio, uma espécie de parede. Assim, a área de seção da barragem (Fig. 3) é definida como sendo a área dos "retângulos" produzidos pelas células pertencentes ao comprimento da barragem.

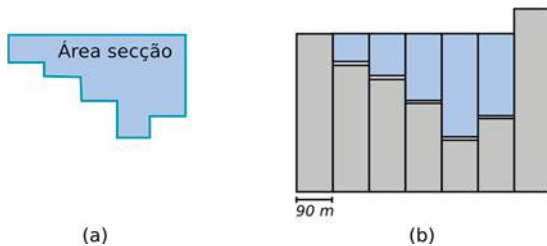


Figura 3 (a) Representa a seção da barragem. (b) Ilustra a área de seção célula a célula pertencente a barragem.

Sejam s_1, s_2, \dots, s_n o conjuntos dos *pixels* pertencentes a barragem. A área de seção produzida por um ponto s_i , onde $i = 1, 2, \dots, n$, é obtida pela diferença entre a altura h da barragem e sua elevação e_p , multiplicado pelo comprimento (resolução) de cada célula do MDE.

$$A(p) = (h - e_p) \quad (2)$$

Onde r é a resolução do MDE. Consequentemente, o resultado A_{total} , referente à seção da barragem é dada pelo somatório da área dos "retângulos" gerado por cada *pixel* s_i .

$$A_{total} = \sum A(p) \quad (3)$$

3.5 Região alagada

A partir da determinação da posição, da altura e da extensão da barragem, o passo seguinte é a identificação da região do terreno que será alagada devido ao represamento do rio. Uma célula pertence a região alagada se ela atende todos os seguintes critérios: é conexa a pelo menos um ponto do rio; é conexa a pelo menos uma célula do comprimento da barragem; está situada à montante da barreira construída; apresenta elevação inferior a altura h da barragem.

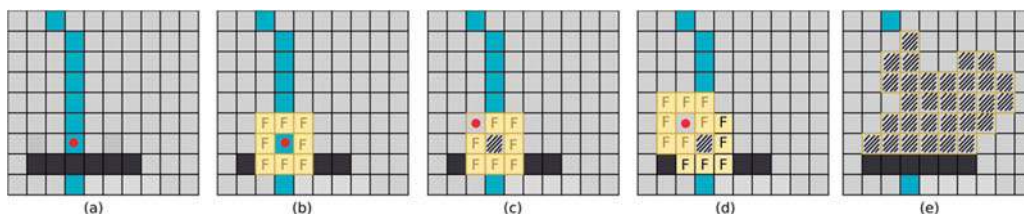


Figura 4. (a) O processo se inicia com a fila vazia e marcação do círculo vermelho. (b) Adiciona-se à fila os oito vizinhos da célula marcada com círculo vermelho. (c) Caso célula do círculo vermelho seja alagada, hachura-se a célula. (d) Reinicia o processo no primeiro da fila, empilhando seus oito vizinhos e verificando seu alagamento. (e) Ao final tem-se a componente conexa que indica a região alagada (hachurada)

Para encontrar a componente conexa no MDE foi adaptado o algoritmo de busca em largura (*BFS – Breadth First Search*) (Knuth 1994). O algoritmo inicia o processo de visita por uma célula p , e explora de forma recursiva todos os seus vizinhos, até que se encontre o alvo da busca ou finalize as células. Essa estratégia de busca marca as células já visitadas para não entrar em *loop* e não processar uma posição mais de uma vez. Para cada célula visitada, é verificado se a sua elevação é menor que h (altura que está sendo testada). Caso afirmativo, ela é incluída na

componente conexa (isto é, na região alagada). Caso contrário, a célula é descartada. A figura 4 apresenta o resultado da execução desse processo numa região de um terreno.

Ao final deste processo é conhecido a coleção de células que pertencem à região alagada. Como a área de cada *pixel* é o quadrado da resolução do terreno, o valor total da área alagada é dado pelo produto do número de pontos da componente conexa pela área de um *pixel*.

3.6 Volume gerado pela região alagada

Uma vez obtida a região alagada, o passo seguinte é o cálculo do volume de água acumulado pelo alagamento. Neste propósito, aqui é apresentado um método mais simples e mais preciso nos métodos utilizados na literatura para determinação do volume do reservatório. Esta abordagem produz melhores resultados quando o terreno é representado em boa resolução. O princípio deste cálculo é a soma sucessiva dos volumes acumulados em cada célula da região alagada. Para uma barragem de altura h e *pixel* de resolução r , o volume armazenado por uma célula p cuja elevação vale e_p é dado por:

$$V(p) = r^2(h - e_p) \quad (4)$$

A altura do paralelepípedo é a diferença entre a altura h e a elevação de p . Consequentemente, a capacidade total do reservatório é dada pelo somatório do volume de todas as células que pertencem à região alagada

$$V_{total} = \sum V(p) \quad (5)$$

3.7 Avaliação da área alagada

Ao iniciar esta etapa, o modelo tem a seu dispor uma coleção de pontos p pertencentes ao rio, que atenderam ao requisito preestabelecido de volume. Para cada ponto candidato, estão definidos: a altura h da barragem, os pixels da barragem, a região alagada e o volume v gerado pela área alagada. O próximo passo é simular os impactos socioambientais e os custos de sua real construção.

A Programação Linear Multiobjetivo (PLMO) tem sido amplamente aplicada nas mais diversas áreas, por exemplo, na busca pela melhor solução possível a um problema de otimização, onde mais de um objetivo pode ocorrer simultaneamente. Na otimização de um problema linear multiobjetivo é possível obter um conjunto de soluções eficientes, também chamadas de não dominadas (Fig. 5), cuja característica é que elas não são comparáveis entre si em termos dos valores das funções objetivo. Assim, a decisão é tomada a partir da ordenação das soluções, considerando-se os aspectos operacionais e gerenciais (Takahashi 2007).

Assim, a partir de um conjunto $B = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ de soluções viáveis, o processo de comparação dessas seções pode ser realizado utilizando o conceito de dominância e fronteira de Pareto ou fronteira eficiente (Cheng & Li 1997). Esta comparação pode ser realizada com base nas seções situadas na fronteira de Pareto, seguindo as seguintes definições:

- Definição1: (Dominância) Seja $L = F_1, F_2, \dots, F_n$, o conjunto de funções objetivo a serem otimizadas em processo de minimização. Tendo $p_1 \in B$ e $p_2 \in B$, diz-se que p_1 domina o ponto p_2 se para todo $i = 1, 2, \dots, n$, $F_i(p_1) \leq F_i(p_2)$ e se existe i , tal que, $F_i(p_1) < F_i(p_2)$.
- Definição2: (Pareto-ótimo) Diz-se que $p_1 \in B$ é uma solução Pareto-ótima se p_1 não é dominado por nenhum outro ponto em B , isto é, o conjunto Pareto-ótimo é definido por $P = \{p_i \in B \mid \text{não existe } p_j \in B : p_i \text{ é dominado por } p_j\}$

As seções do rio pertencentes a Fronteira de Pareto são avaliadas utilizando uma função multiobjetivo, seguindo as seguintes definições:

- Área inundada: Quanto maior a área alagada maiores serão os impactos ambientais e sociais, além da perda de água por evaporação (Molle 1989);

- Extensão da barragem (área de seção): Quanto maior a extensão da barragem, maior será o custo de construção baseado no volume de terra requerido para a sua construção;
- Conflito com sítios arqueológicos, áreas urbanas, indígenas, de proteção ambiental, ferrovias e rodovias: se a área alagada cobrir algumas dessas áreas isso trará dificuldades. Assim o objetivo é evitar ao máximo estas sobreposições.

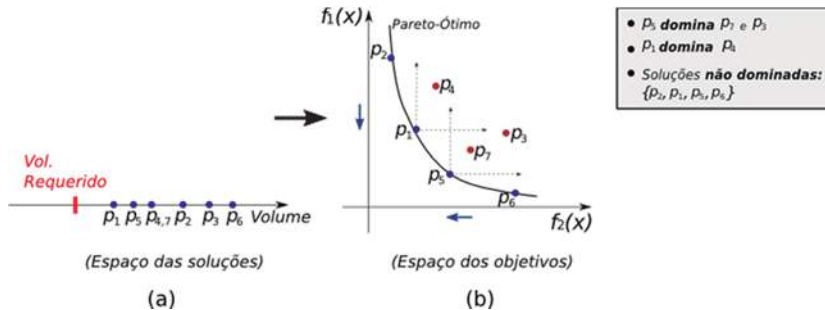


Figura 5. (a) Os pontos de p1 à p7 atendem o requisito inicial do volume e estão no espaço solução. (b) O espaço dos objetivos leva em conta os objetivos f1 e f2 nos quais deseja-se minimizá-los. É apresentada a relação de dominância entre algumas soluções.

Cada um desses fatores se transformou em variáveis de decisão para a função de custo do modelo: área inundada (Lamina d’água – L), área da seção da barragem (Extensão da barragem – S), área de interseção da área inundada com Área de Preservação Ambiental ou Indígena ou Área Urbana ou Ferrovias ou Rodovias (Reserva – A ou Indígena – I ou Urbana – U ou Ferrovias – F ou Rodovia – R).

Para cada variável (objetivo) existe um peso w_j fornecido como parâmetro pelo usuário. O escalar w_j está compreendido na faixa de números inteiros de 1 a 10, sendo o valor 1 atribuído aos objetivos menos relevantes e o valor 10 aos objetivos de maior importância. Desta forma, $Z(p)$ é uma combinação linear das funções associadas aos objetivos, e está definida da seguinte forma:

$$z(p_i) = w_1L + w_2S + w_3A + w_4I + w_5U + w_6F + w_7R \quad (6)$$

Para efeito de teste, neste trabalho foram atribuídos pesos iguais a 1 à todas as variáveis. Cada seção p_j analisada terá um valor $Z(p_j)$ para a sua função objetivo. O sistema busca minimizar $Z(p_j)$, classificando de forma crescente as seções de acordo com o valor da função objetivo.

4 RESULTADOS

Foram investigados 10,679 pontos do terreno, referentes ao rio. O processo encontrou 6597 pontos do rio aptos à construção da barragem. A execução finalizou em 15 segundos. O conjunto Pareto-Ótimo terminou com 42(quarenta e duas) soluções (Fig. 6).

A melhor coordenada obtida foi 20,1129166667S e 42,4120833333W. Isto é, pautada no conjunto de pesos especificado (1 para todas) essa coordenada é a melhor dentre todas as outras. O posicionamento da represa para a latitude e longitude resultou num reservatório de água com as seguintes características:

Tabela 4.3. Resumo dos resultados da represa 90 milhões m^3 com mapas temáticos

Barragem	Represa		Conflitos		
hMax	257m	Pixels alagados	260	Ambiental	0m ²
Altura	96m	Área alagada	2,106000m ²	Habitacional	0m ²
Num. pixels	11	Volume	90,582300m ³		
Área seção	41,040m ²				
Tentativas h	4			Função objetivo	2,147040

Dados os pontos do rio, avaliou-se um total de 63,524 alturas. A quantidade média de alturas analisadas para cada célula foi 5.94. A Figura 6 apresenta o terreno com todas as soluções viáveis, o quadrado branco evidencia o reservatório posicionado no ponto "mais adequado" do terreno. O quadrado pontilhado representa a região que está a reserva ambiental, e o quadrado escuro a área urbana.

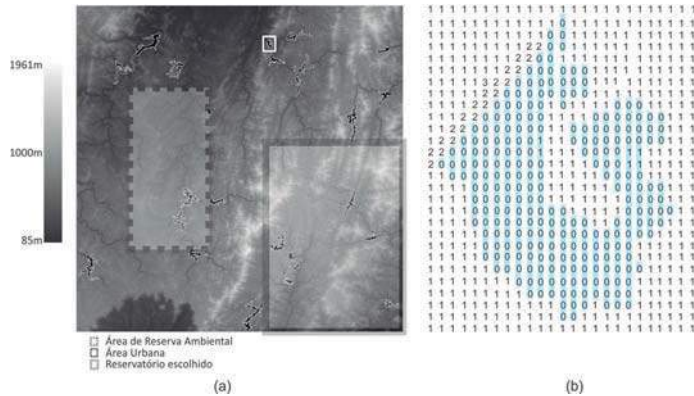


Figura 6. (a) O quadrado branco apresenta a melhor solução encontrada. (b) Arquivo binário gerador da imagem. Valores 2(dois) apresentam a barragem, valores 0(zero) a região alagada, 1(um) demais regiões.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado um método para a determinação do ponto mais adequado para construção de uma barragem que produza um reservatório com capacidade mínima igual a um valor pré-determinado. As principais contribuições do trabalho são: a determinação automática da direção e a extensão da barragem, a definição da altura ideal da barragem para se obter o volume desejado; a região alagada formada pela barragem; o volume gerado por ela e os conflitos socioambientais produzidos pela construção da represa. Para essa abordagem quanto maior a resolução da matriz MDE mais preciso será o método.

O método para a determinação do volume de um reservatório desenvolvido neste trabalho é mais simples mais preciso que o método descrito na literatura. Considera-se que esse trabalho alcançou seus objetivos dado a ausência de sistemas computacionais que realizem tarefa semelhante. Além disso, foram respondidas perguntas importantes como "Qual área de um conjunto habitacional ficará submersa?", "Qual área de reserva será degradada pela inundação?" entre outras. Esse trabalho alcançou seus objetivos dado a ausência de sistemas computacionais que realizem tarefa semelhante.

6 AGRADECIMENTOS:

À FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Ana 2012. Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente (Org.). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012*. Brasília: 215 p.
- Berg,M.; Kreveld, M. V.; Overmars, M. & Schwarzkopf, O. 2000. *Computational Geometry: Algorithms and Applications*. Santa Clara: Springer-Verlag.
- Beyer, W. H. (5 ed.) 1978. *CRC Handbook of Mathematical Sciences*. Boca Raton: CRC Press.
- Brasil, 2006. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução n 58, de 30 de janeiro de 2006. Aprova o Plano Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. *Conselho Nacional [de] Recursos Hídricos*, Brasília.
- Cheng, F. & Li, D. 1997. Multiobjective optimization desing with pareto genetic algorithm. *Journal of Structural Engineering*, 123:1252-1261.

- Deitel, H. M. & Deitel, P. J. 2001. *C++ Como programar*. Porto Alegre: Bookman.
- Felgueiras, C. A. 2001. Modelagem numérica de terreno. In G. Câmara, C. Davis, A. M. V. M. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE.
- Jenson, S. K. & Domingue, J. O. 1988. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric engineering and remote. Sensing*, 54:1593-1600.
- Knuth, D. E. 1994. *The Stanford GraphBase: A Platform for Combinatorial Computing*. Addison-Wesley Publishing Company, New York: ACM Press.
- Krevel, M. V. 1997. Algorithms on triangulated terrains. In: *In Proceedings of the 24th SOFSEM*, Netherlands: Springer-Verlag, 1338:19-23.
- Matos, A. T., Silva, D. D., Pruski, F. F. (2 ed.) 2003. *Barragens de terra de pequeno porte*. Viçosa: UFV. 124 p.
- NASA 2007. *The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>, acesso em: 18/08/2014.
- The United Nations World Water (4ed.) 2012. *Managing Water under Uncertainty and Risk*. Representação no Brasil. Brasília: UNESCO. 407 p.
- Persistence of Vision (TM) Raytracer 2009 (3.7.0). [software]. Disponível em: <<http://www.povray.org/download/>>, acesso em: 18/08/2014.
- Molle, F. 1989. *Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes*. Recife: SUDENE, 175p.
- Moore, I.; Grayson, R. & Ladson, A. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes*, 5:3-30.
- O'callaghan, J. F. & Mark, D. M. 1984. The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 28:323-344.
- Ramos, M. 2007. *Gestão de recursos hídricos e cobrança pelo uso da água*. Escola Brasileira de Administração Pública. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas. 61p.
- Rego Filho, M. T. N.; Braga, A. C. R.; Curi, C. R. 2014. A dimensão da disponibilidade hídrica: uma análise entre a conjuntura brasileira e o relatório de desenvolvimento mundial da água. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. 10(1): 111-124.
- Takahashi, R. H. C. 2007. *Otimização escalar e vetorial: Notas de aula, volume 3*. Belo Horizonte: UFMG. 315 p.
- Tarboton, D. G. 1997. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research*, 33:309-319.
- Team, G. D. 2004. *Grass (5.3.0)*. [software]. Disponível em: <<http://grass.osgeo.org/download/>>, acesso em: 18/08/2014.
- UNRIC 2014. Centro Nacional de Informação das Nações Unidas. *Década das Nações Unidas para os Desertos e o Combate à Desertificação*. Disponível em: <<http://www.unric.org/pt/desenvolvimento-sustentavel/28897>>, acesso em: 18/08/14.
- World Water Forum 2012. *6th World Water Forum*. Disponível em: <<http://www.worldwaterforum6.org/en/>>. Acesso em: 14/05/2014.

Planejamento energético em ambientes extremos: uma experiência Antártica

Tiago Malavazi de Christo

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Elétrica, Vitória, Espírito Santo, Brazil

tmalavazi@ifes.edu.br

Jussara Farias Fardin

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Elétrica, Vitória, Espírito Santo, Brazil

jussara.fardin@ufes.br

Domingos Sávio Lyrio Simonetti

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Elétrica, Vitória, Espírito Santo, Brazil

d.simonetti@ele.ufes.br

Cristina Engel Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brazil

cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: The article presents criteria for planning and projects of renewable energies in extreme environments. The research was based on scientific expeditions to Antarctica, on a bibliographical review on energy production in extreme environments and in particular on reviewing studies related to Comandante Ferraz Antarctic Station (EACF, portuguese acronym). Authors investigated which are the essential studies involved on energy planning in extreme environments, considering aspects related to security, reliability, logistical constraints, complexity of installation and maintenance, efficiency and effectiveness, with the objective of minimizing environmental impacts. As a result, a selection of studies and fundamental criteria was obtained, organized with the intention to enable safe and efficient design of renewable energy systems in extreme conditions.

Keywords: Renewable energy, extreme environment, planning

RESUMO: O artigo apresenta critérios para planejamento e projetos de integração de fontes renováveis de energia em ambientes extremos. A pesquisa foi realizada com base em expedições científicas a Antártica, em revisões bibliográficas sobre produção de energia em ambientes extremos e em trabalhos relacionados à Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) realizados pelos autores. Foram identificados e organizados os estudos fundamentais para o planejamento energético em ambientes extremos contemplando aspectos relacionados à segurança, confiabilidade, logística, complexidade de instalação e manutenção, eficiência e eficácia. Como resultado obteve-se uma seleção dos estudos e dos critérios fundamentais para execução de projetos de energias renováveis em ambientes extremos.

Palavras-chave: energia renovável, ambientes externos, planejamento

1 INTRODUÇÃO

Um dos elementos mais preocupantes quando se busca a redução do impacto ambiental ocasionado pela presença humana em ambientes extremos consiste no uso de combustíveis fósseis para produção de energia. A dificuldade de logística, os riscos de vazamentos e em especial a emissão de poluentes tornam o uso de combustíveis fósseis uma opção indesejável.

Em ambientes extremos, como a Antártica, a dependência exclusiva de uma única fonte energética e o uso desregrado dos recursos pode levar a uma perigosa condição para a sobrevivência. A escassez de energia para obtenção de água, para proteção contra os rigores climáticos e para a telecomunicação, são exemplos de situações que podem ser fatais em ambientes hostis.

Nesse panorama, a integração de fontes renováveis às matrizes energéticas de edificações isoladas e a implementação de sistemas de gerenciamento inteligente têm se mostrado como uma solução de sucesso tanto do ponto de vista ambiental quanto de segurança (Tin et al. 2010, Bekle et al. 2012, Smith et al. 2013).

Estações Antárticas de países como Bélgica, Austrália, Estados Unidos e Nova Zelândia são casos exemplares de edificações em ambientes extremos, funcionando com fontes renováveis integradas a uma matriz energética baseada em óleo diesel (Christo 2012). Dentre estas, a estação belga Princess Elisabeth se destaca por utilizar os geradores a Diesel apenas para emergência, por adotar um elaborado sistema de tratamento de resíduos com biorreatores que permitem a reciclagem da água, uso de técnicas de aquecimento passivo e ativo, além da adoção de um avançado sistema hierárquico de gerenciamento de energia, capaz de processar mais de 35.000 variáveis (Rattinghe 2008).

Contudo, a influência do clima e as particularidades logísticas encontradas nesses ambientes exige que o projeto do sistema de geração de energia pondere critérios de segurança e exequibilidade em conjunto aos tradicionais indicadores financeiros de economia ou de custo da solução. Em ambientes extremos as restrições logísticas são maiores, o tempo disponível para manutenções e a condição climática são sempre críticas, a composição do solo é diferenciada, as temperaturas são extremas, além da ocorrência de rajadas de ventos e tempestades. Nessas situações a dimensão dos equipamentos, a quantidade de peças, a complexidade de montagem e manutenção, ou a adoção de técnicas e tecnologias, são questões que devem ser criteriosamente analisadas. A inobservância dessas questões pode levar a soluções não exequíveis por restrições climáticas, logísticas, de legislação ambiental, de tempo e de recursos disponíveis para instalação e manutenção, por falta de confiabilidade e ou de segurança (Tin et al. 2010, Christo 2012).

Nesse sentido, o referencial teórico para o planejamento energético das novas edificações da Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz - EACF se embasou em estudos de diagnóstico, conservação de energia, uso de energias renováveis, reaproveitamento de calor e de gestão de energia, aliados a peculiaridades dos ambientes extremos.

Este artigo apresenta os resultados da pesquisa que objetivou propor um método de desenvolvimento de projeto baseado nos estudos que subsidiaram os critérios para novas edificações da EACF, as quais têm início de construção previsto para ocorrer em 2015 (CIRM 2014).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada por meio de expedições científicas a Antártica, revisões bibliográficas em periódicos e portais dos Programas Antárticos e na execução de estudos para integração de fontes renováveis na Estação Antártica Brasileira. O método proposto para o planejamento de sistemas de geração de energia renováveis em ambientes extremos, foi obtido pela investigação de estudos de viabilidade realizados em ambientes extremos.

Foram pesquisadas literaturas sobre produção de energia em ambientes extremos (Tin et al. 2010), produção de energia em climas frios (Smith et al. 2013), e portais de fundações e programas Antárticos como International Polar Foundation (PolarFoudation 2009), Science Poles (SciencePoles 2010), Australian Antarctic Division (AAD 2011) e Princess Elisabeth Station (PEA 2009).

Foram investigados os estudos de viabilidade técnica e econômica de sistemas eólico e solar para a Estação Antártica da África do Sul (Teetz et al. 2003) (Oliviera et al. 2008), o projeto de um sistema híbrido para uma edificação remota na Etiópia (Bekele & Boneya 2012), um estudo de integração fontes renováveis na Estação Franco Italiana (Boccaletti et al. 2014), e a documentação de desenho, simulação e otimização dos sistemas da Estação Princess Elisabeth (Rattinghe 2008).

Por fim os estudos de diagnóstico energético, levantamento de potencial e projeto de uma matriz híbrida para a EACF (Christo 2012) e o termo de referência para a reconstrução da EACF (IAB 2013), ambos executados com a participação dos autores, foram revisados de forma a se obter um método generalizado que possa ser aplicado ao projeto de sistemas de geração de energia nos mais diversos ambientes.

3 RESULTADOS

O planejamento e projeto de matrizes energéticas em ambientes extremos deve se apoiar em três estudos fundamentais. O levantamento das restrições logísticas e ambientais, o diagnóstico energético da edificação, e a estimação dos potenciais energéticos locais. Esses primeiros estudos permitem a construção da base de dados que apoiará todo o planejamento e projeto da matriz. Na fase de planejamento e projeto são analisados juntamente as demandas e os potenciais energéticos, e consideradas as restrições identificadas. São definidas possíveis topologias de matrizes, realizada a análise de viabilidade técnica e por fim a escolha da solução ótima. A solução ótima é eleita considerando a ponderação de fatores de segurança, confiabilidade, impacto sobre o ambiente, desempenho, complexidade e custo.

A Figura 1 ilustra a organização dos estudos de planejamento e projeto da solução energética conforme descrito. Na primeira fase o estudo trata das limitações logísticas, do diagnóstico energético e a caracterização dos recursos energéticos disponíveis no local. A segunda fase trata da definição do planejamento e projeto da matriz.

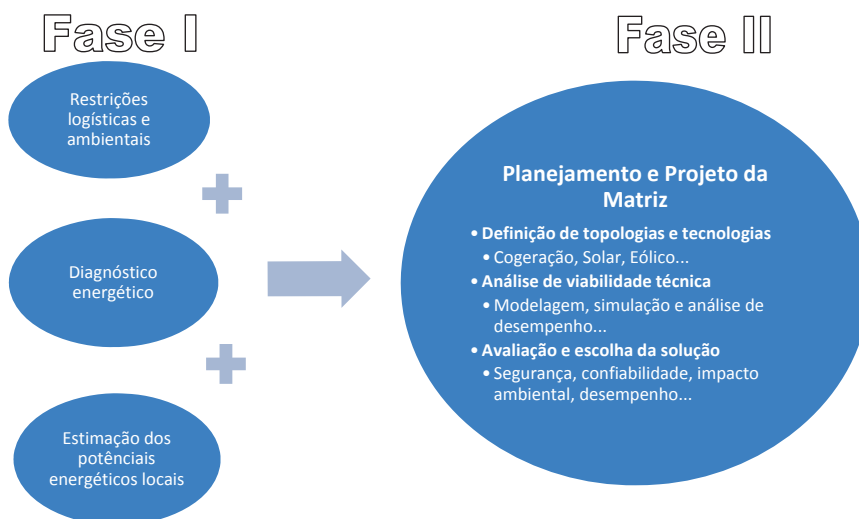


Figura 1. Organização dos estudos para planejamento e projeto do sistema de geração de energia com fontes renováveis.

3.1 Fase I: Construção da base de dados

Na fase de construção da base de dados são levantados todos os dados fundamentais para o correto projeto da matriz. Os estudos de restrições logísticas e ambientais, diagnóstico energético e estimação de potenciais podem ser realizados em ordens diferentes da apresentada aqui.

3.1.1 Restrições logísticas e ambientais

Esta etapa visa identificar condições específicas que poderiam inviabilizar o projeto, dessa forma devem ser observadas as características climáticas da região, o tipo de solo, a fauna e flora local, o período de acessibilidade, o maquinário e o recurso humano necessário, as capacidades dos meios de transportes disponíveis, e as áreas disponíveis para movimentação, armazenamento e acampamento. Os trabalhos devem ser planejados de forma a garantir que as atividades de logística e de instalação evitem impactos ambientais, devendo ser estabelecidos mecanismos eficientes que garantam o controle e a mitigação de possíveis impactos gerados (IAB 2013).

O respeito à documentação ambiental da região estudada é imprescindível. No caso da Antártica, faz-se necessário que sejam atendidos os acordos relacionados ao Sistema do Tratado da Antártica, assim como as recomendações, medidas, decisões e resoluções resultantes das Reuniões Consultivas do Tratado da Antártica. Dentre os acordos relacionados deve-se ter atenção especial ao Protocolo de Proteção Ambiental para o Tratado da Antártica, denominado Protocolo de Madri (ATS 2014).

3.1.2 Diagnóstico energético da edificação

O diagnóstico energético da edificação e a previsão das necessidades de energia elétrica e térmica podem ser considerados, na maioria dos casos, como o ponto de partida para o planejamento de um sistema de geração de energia. A identificação do que se deseja da edificação em termos de infraestrutura, facilidades, eficiência energética e autonomia, juntamente com o conhecimento das possibilidades e restrições técnicas, permitem o entendimento da dimensão e complexidade que o projeto terá.

Na etapa de diagnóstico energético é analisado o sistema elétrico e térmico partindo-se dos pontos de geração aos circuitos terminais de forma a levantar-se o perfil de cargas, o consumo por tipos de cargas, estado de carregamento dos circuitos e qualidade de energia (Christo 2012). Para isso, são analisadas as fontes térmicas (ex.: caldeiras, sistema de cogeração e coletores solares), fontes as elétricas (ex.: geradores e planta renovável), tubulações, cabeamentos, cargas térmicas (ex.: aquecedores, torneiras e duchas) e cargas elétricas (ex.: compressores, iluminação, computadores).

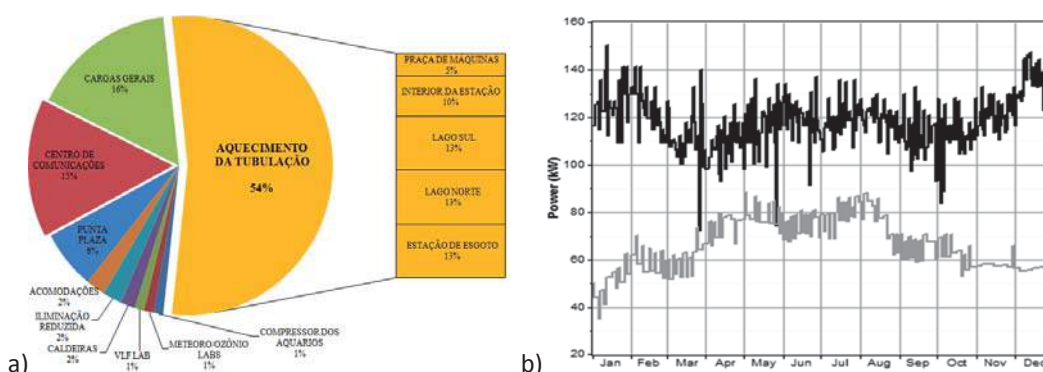


Figura 2. a) Perfil de consumo elétrico por uso final. b) Demanda elétrica (linha preta) e térmica (linha cinza) ao longo do ano de 2011 na EACF (Christo 2012).

A Figura 2 apresenta um exemplo do perfil de consumo elétrico por uso final e curva de demanda energética anual obtida através do diagnóstico energético nas edificações da EACF (Christo 2012).

O diagnóstico energético permitirá o conhecimento de como e onde a energia elétrica e térmica são ou serão consumidas, obtendo-se assim o perfil de consumo de energia da edificação, o qual será necessário para o dimensionamento otimizado do sistema de energia renovável. O

planejamento de possíveis ações de efficientização e de gestão ótima da energia também se apoia nos dados obtidos (Rattinghe 2008).

3.1.3 Estimação dos potenciais energéticos locais

Esta etapa consiste em um estudo quantitativo e qualitativo com o objetivo de se obter a caracterização dos recursos energéticos locais como eólico, solar, recuperação de calor e de aproveitamento de resíduos orgânicos. Considerando outras situações remotas como, por exemplo, as ilhas oceânicas, deve ser observada a eventual possibilidade de uso de energias do mar, assim como em áreas de florestas densas, a possível utilização da biomassa.

3.1.3.1 Estimação do recurso eólico

Para a caracterização confiável do recurso eólico devem ser avaliados os dados com registros contínuos superior a três anos, devido à variabilidade que ocorre de ano a ano. Recomenda-se que registros sejam com resolução de 1 Hz e tempo de integração de 10 minutos, em acordo com resoluções internacionais (IEA 1999, MEASNET 2009). Em ambientes extremos, é comum o aproveitamento de base de dados já existentes, as quais podem não apresentar exatamente a resolução recomendada. O registro dos dados de velocidade, direção, temperatura, pressão, umidade, rugosidade do terreno e ocorrência de rajadas, permitirá a completa caracterização do recurso. Caso não existam dados de temperatura, pressão e umidade, a densidade do ar poderá ser calculada considerando valores médios da região.

Para a caracterização e do recurso eólico da região e estimação do potencial aproveitável recomendam-se os seguintes estudos (Christo 2012, IAB 2013):

- análise da variabilidade ano a ano e a sazonalidade das médias dos ventos;
- estimação e classificação do potencial eólico bruto;
- análise da distribuição de frequência das velocidades dos ventos (distribuição de Weibull);
- estimação do potencial eólico aproveitável para modelos comerciais de aerogeradores; e
- elaboração da rosa dos ventos de densidade de potência;

Os parâmetros da distribuição de Weibull representam a distribuição de velocidades dos ventos e permitem que o recurso eólico de uma região seja facilmente avaliado ou comparado com o de outras regiões através de softwares de simulação computacional (Patel 1999, Smith et al. 2013). Já a rosa dos ventos auxilia no posicionamento ótimo das turbinas.

3.1.3.2 Estimação do recurso solar

A energia solar deve ser avaliada para produção de eletricidade, aquecimento e iluminação da edificação. O aquecimento pode ser obtido tanto de forma passiva, pela utilização de janelas criteriosamente dimensionadas e posicionadas de forma a possibilitarem a entrada da radiação no interior dos ambientes, quanto de forma ativa pelo uso de coletores solares para aquecimento (Rattinghe 2008, IAB 2013).

Além do posicionamento solar, faz-se necessário considerar as influências da temperatura, da refletividade do solo (albedo) e de possíveis intempéries. Em climas frios, as temperaturas mais baixas elevam a potência que pode ser entregue pelas células fotovoltaicas, enquanto a neve pode elevar a refletividade do solo (albedo) a valores acima de 70% (T. Muneer 2004, Laine 2007).

Em ambientes extremos, condições climáticas desfavoráveis como fortes ventos, deposição de neve ou impurezas, elevam os riscos de inoperância dos painéis fotovoltaicos e devem ser investigadas. Em situações de elevado albedo, a instalação dos painéis em inclinação de 90°, apresenta-se como uma alternativa interessante. Nesses casos a fixação dos painéis pode ser feita em superfícies externas das construções, direcionadas para o polo geográfico oposto.

Para a estimação do potencial solar recomendam-se os seguintes estudos (Christo 2012, IAB 2013):

- identificação de possíveis sombreamentos por edificações, vegetação e geografia do local;
- estimação do potencial solar para modelos comerciais de painéis, considerando a temperatura as diferentes técnicas de posicionamento; e
- análise da influência do albedo no posicionamento ótimo e na produção anual de energia;

3.1.3.3 Estimação do potencial de uso da cogeração

A cogeração ocorre pela produção combinada de duas formas de energia simultaneamente através de diversas tecnologias de conversão. Um exemplo é a produção de eletricidade e calor em motogeradores. O uso da cogeração permite o aumento da eficiência global do sistema e, dessa forma, colabora para a redução do nível emissão de poluentes por unidade de energia produzida (Lora & Nascimento 2004).

Em motogeradores, tecnologia que é largamente utilizada como fonte de geração primária e de segurança em edificações isoladas, o calor dos gases de exaustão pode ser aproveitado através de uma caldeira de recuperação, sendo permitido o resfriamento até temperaturas mínimas de aproximadamente 120°C, a depender da tecnologia e do combustível utilizado. O calor proveniente do circuito de refrigeração do bloco do motor pode ser recuperado em uma temperatura de 80°C a 90°C; já o calor do circuito do óleo lubrificante poderá ser recuperado a um nível de temperatura de 60°C a 70°C (Lora & Nascimento 2004).

A estimação do potencial de calor útil pode se basear tanto nas medidas de consumo de combustível quanto na de geração de eletricidade, considerando-se para conversão suas relações com calor útil produzido. Essas relações podem ser obtidas pela curva de eficiência e diagrama de *Sankey* do motogerador (Christo 2012).

3.1.3.4 Resíduos orgânicos

Os resíduos orgânicos, dependendo de suas características, podem ser incinerados ou processados em um sistema de digestão anaeróbia a qual consiste em um processo de conversão de matéria orgânica em condições de ausência de oxigênio, em produtos finais gasosos: o metano e o gás carbônico. Nos biodigestores os resíduos sólidos orgânicos e os efluentes do sistema de esgoto podem ser utilizados juntos para se obter o conteúdo de sólidos desejável, sendo possível ainda a reciclagem de água (Reichert 2006, Rattinhe 2008).

Recomenda-se que a estimação do potencial de utilização dos resíduos sólidos siga as etapas de (Woelffel 2007, Reichert 2006, Christo 2012):

- pesagem e classificação da produção de resíduos sólidos;
- estimação de potencial energético considerando a tecnologia a ser adotada; e
- análise da exequibilidade em função da temperatura e possível escassez de água.

Embora a quantidade de resíduos gerados em estações isoladas, em média 640 kg/mês na EACF segundo Woelffel et al. (2007), induzam ao descarte desse processo para a produção de energia elétrica, principalmente pela relação custo x benefício, é importante considerar a possível contribuição ambiental agregada a tal iniciativa (Christo 2012).

3.2 Fase II: Planejamento e projeto da matriz energética

O planejamento e projeto da matriz energética consiste na definição de topologias viáveis, avaliação e escolha da solução ótima. Para isso, toda a base de dados construída é utilizada nas análises. É recomendável que esses procedimentos sejam realizados em softwares específicos para análise de sistemas de energia renováveis. Uma ampla lista de softwares para esse fim é disponibilizada pelo setor de Eficiência Energética e Energias Renováveis do Departamento de Energias dos Estados Unidos (EERE 2014).

Uma vez escolhida a solução ótima, é essencial seja estudado um sistema que faça o gerenciamento otimizado da geração e consumo de energia visando alcançar uma maior eficiência, confiabilidade e segurança (Rattinghe 2008, Christo 2012). Esse sistema de gestão inteligente da rede, conhecido como *smart grid*, permite que a geração e consumo de energia seja programado para obter a máxima eficiência e autonomia em função das diferentes necessidades e restrições detectadas, mesmo sobre condições adversas de clima e de funcionamento da planta.

3.2.1 Definição das topologias e tecnologia dos equipamentos

Nessa etapa são analisados juntamente os potenciais energéticos estimados, as demandas elétrica e térmica conhecidas, e a área total disponível e/ou necessária para instalação. É também realizada a seleção de equipamentos adequados às condições de temperatura, umidade, pressão, composição do solo e rajadas de vento.

Para isso, deve ser analisado o funcionamento individual e em conjunto de tecnologias de produção combinada de eletricidade e calor, aerogeradores, painéis fotovoltaicos, coletores solares, sistemas de aproveitamento de resíduos, e tecnologias emergentes. Em todos os casos, é essencial que a tecnologia adotada seja segura e confiável mesmo em condições climáticas adversas ou que levem a inoperância de partes do sistema de geração. Os sistemas, em especial os externos, devem exigir manutenções simples e rápidas de forma que possam ser executadas em curtos intervalos (Rattinghe 2008, Tin et al. 2010, Christo 2012, IAB 2013).

Em ambientes extremos, pode ser necessário o uso de equipamentos de maior grau de robustez, com possíveis modificações em formas e materiais. Pode ocorrer a eventual necessidade de modificações de aços em torres ou componentes estruturais, uso de lubrificantes especiais, isolamento extra, modificação para suportar ventos fortes e ainda pontos extras de estaqueamentos devido às características do terreno (Rattinghe 2008, Tin et al. 2010, Christo 2012, IAB 2013).

A escolha dos painéis solares e turbinas eólicas deve considerar os fatores de capacidade alcançados para o perfil do recurso renovável da região de estudo. Um mesmo sistema de geração apresentará um desempenho melhor ou pior em função do perfil do recurso renovável e das particularidades de cada região.

Para a especificação e posicionamento dos painéis solares e aerogeradores deverão ser considerados também os aspectos referentes às limitações impostas pela composição do terreno e sua topografia, relação entre área necessária para instalação por energia gerada, adequação ao perfil do recurso renovável, espaçamento necessário entre aerogeradores e entre os painéis solares, análise de sombreamentos pelo relevo e estruturas do entorno, e o respeito às áreas de trânsito e de preservação (IAB 2013).

Segundo Manwell et al. (2002, pp. 384-389), o espaçamento dos aerogeradores situa-se entre 5 a 9 vezes o diâmetro de rotor na direção de ventos dominantes, e de 3 a 5 vezes na direção perpendicular aos mesmos, dessa forma, deve-se avaliar a disponibilidade de área livre necessária para a instalação dos aerogeradores.

Por segurança, recomenda-se que o sistema de geração de energia contemple motogeradores que atendam toda a carga considerada fundamental para a manutenção das atividades da edificação, com uma redundância de pelo menos 100%. Para uso em situação de emergência, recomenda-se ainda outro grupo motogerador localizado em compartimento segregado. Esta solução é importante para que o sistema não fique vulnerável a possíveis falhas, além de permitir atender às necessidades básicas da edificação no caso de manutenção nos sistemas de geração renovável (IAB 2013).

O dimensionamento dos motogeradores deverá considerar a curva de carga estimada (elétrica e térmica) da edificação, a curva de eficiência do motogerador e o ponto ótimo de operação considerando as necessidades de geração combinada de eletricidade e de calor. Isso é importante para que o sistema seja eficaz e eficiente. Em alternativa aos combustíveis fósseis, o uso de biocombustíveis deverá ser preferido sempre que possível.

3.2.2 Avaliação das matrizes e escolha da solução energética ótima

Conhecidos o perfil de consumo, as topologias de matrizes e os equipamentos viáveis para compor o sistema de geração, parte-se para a avaliação e escolha da solução energética. Para isso, seguem-se as seguintes etapas (Christo 2012):

- Inserção dos dados no software de simulação e validação do modelo da edificação;
- simulação das matrizes híbridas de diferentes topologias e avaliação de desempenho;
- avaliação e classificação das matrizes híbridas ; e
- escolha da solução de matriz energética para a edificação segundo critérios de segurança, impacto ambiental, complexidade, desempenho e custo.

A quantidade máxima de aerogeradores, painéis solares, geradores e demais equipamentos pode ser definida pelas restrições de área existente para instalação e recurso financeiro disponível.

Em virtude das inúmeras possibilidades, recomenda-se que as matrizes sejam organizadas em grupos em função da potência renovável e da demanda média da edificação. Assim, quanto a potência renovável instalada, são possíveis três tipos de soluções (Christo 2012):

- (Potência Renovável Instalada) \ll (Demanda Média);
- (Potência Renovável Instalada) \cong (Demanda Média); e
- (Potência Renovável Instalada) \gg (Demanda Média).

Considera-se Potência Renovável Instalada (PRI) a máxima potência que a planta renovável será capaz de gerar sob condições nominais. Já a Demanda Média (DM) é definida como a relação entre a energia elétrica (kWh) consumida em um certo tempo e o número de horas desse período (Martins & Haddad 2001). De forma geral, quanto maior for a PRI em relação a DM, maior será a penetração das fontes renováveis na matriz e mais custosa será a estabilização da rede.

Para avaliar o desempenho das diferentes opções de matrizes, calculam-se indicadores como: economia anual de combustível por potência renovável instalada. Quanto maior for o volume economizado por quilowatt instalado, melhor é considerado o desempenho da solução.

Recomenda-se que a avaliação do desempenho tome como referência o combustível economizado ou o equivalente gerado. Assim, os indicadores financeiros podem ser obtidos a partir dos indicadores de desempenho, considerando como unidade monetária o litro de combustível.

Assim, para a comparação de desempenho e impacto das matrizes, sugere-se a avaliação dos seguintes indicadores (Christo 2012):

- economia anual de combustível obtida pela matriz renovável;
- razão da economia anual por PRI;
- área necessária para instalação da matriz renovável;
- razão da área necessária por PRI; e
- razão de economia por área necessária para instalação;

O uso de baterias deverá ser cuidadosamente avaliado, devido a presença de elementos tóxicos, a sensibilidade das células a temperaturas extremas e ao elevado peso e volume. Para o amortecimento dos fluxos de potência e armazenamento de excedentes energéticos da planta

renovável, recomenda-se o uso de resistências elétricas integradas ao sistema de aquecimento de água, o uso de volantes de inércia e outras tecnologias, como supercapacitores (IAB 2013).

Considerando as complexidades de instalação e manutenção em clima extremo e o impacto ambiental decorrente, sugere-se buscar a solução que melhor se adeque às capacidades logísticas e que provoque menor impacto ambiental do ponto de vista de área necessária para implantação; maior economia de combustível e que possibilite o estudo detalhado de custos e desempenho real para futura otimização e ampliação da matriz (Christo 2012).

Por fim deve-se prever um estudo particular para aplicação de um sistema de gestão técnica da rede. Esse sistema permitirá o controle da energia solicitada pelos diversos segmentos consumidores da maneira mais eficiente possível, respondendo em tempo real às mudanças climáticas, às necessidades da edificação e às situações de emergência (Rattinghe 2008).

4 CONCLUSÕES

Os critérios para planejamento e projeto reunidos e organizados neste trabalho retratam as particularidades encontradas para se estabelecer projetos de energias renováveis em ambientes extremos e permitem conduzir, de forma eficiente, o planejamento e o projeto de matrizes energéticas híbridas. As etapas de diagnóstico energético, estimativa de recursos e limitações constituem a base de dados que sustentará todo o projeto e que permitirá o entendimento da dimensão e complexidade que o mesmo terá. Em ambientes extremos, devido às particularidades do clima, pode ocorrer a necessidade de modificações em componentes estruturais, isolamentos, lubrificantes e materiais. Devido às restrições logísticas e a variabilidade do clima, as manutenções previstas devem ser simples e rápidas de forma que possam ser programadas e executadas em curtos intervalos. A aplicação de sistemas de recuperação de calor em geradores é considerada indispensável, uma vez que permite elevar a eficiência do sistema para valores acima de 70%. Quanto à definição da matriz ótima, as avaliações de área necessária ou impactada, adequação às capacidades logísticas e segurança humana, se sobrepõe ao custo e são eliminatórias.

5 AGRADECIMENTOS

Este trabalho integra o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártico de Pesquisas Ambientais (INCT-APA) que recebe apoio científico e financeiro do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq processo n ° 574018 / 2008-5), da Fundação Carlos Chagas de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ n ° E-16 / 170,023 / 2008) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os autores também reconhecem o apoio dos Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), do Meio Ambiente (MMA) e Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM).

REFERÊNCIAS

AAD. 2011. *Australian Antarctic Division*. Research Stations. Disponível em: <<http://www.antarctica.gov.au/living-and-working/stations>>. Acesso em: 29 de junho de 2011.

ATS. 2014. *Secretariat of The Antarctic Treaty*. The Antarctic Treaty. Disponível em: <<http://www.ats.aq/e/ats.htm>>. Acesso em julho 2014.

Bekele, G., & Boneya, G. 2012. Design of a Photovoltaic-Wind Hybrid Power Generation System for Ethiopian Remote Area. *Energy Procedia* 14 , pp. 1760-1765.

Boccaletti, C., Felice, P. D., & Santini, E. 2014. Integration of renewable power systems in an Antarctic Research. *Renewable Energy* , doi: [dx.doi.org/10.1016/j.renene.2013.08.021](https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.08.021) (62), 582-591.

Christo, T. M. 2012. Uma proposta de matriz energética para a estação antártica comandante ferraz: uma experiência aplicável a novas edificações. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória-ES, Brasil.

- CIRM. 2014. *Comissão Interministerial para Recursos do Mar. Programa Antártico Brasileiro - PROANTAR. Reconstrução da Estação Antártica Comandante Ferraz.* Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/secirm/proantar.html#reconstrucao>>. Acesso em: 01 de outubro de 2014.
- EERE. 2014. *Energy Efficiency Renewable Energy. Building Energy Software Tools Directory.* Disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects_sub.cfm>. Acesso em: 01 de outubro de 2014.
- IEA. 1999. *International Energy Agency Programme. 11. Wind Speed Measurement and use of Cup Anemometry.* Disponível em: <http://www.ieawind.org/Task_11/recommended_pract/Recommended%20Practice%2011_Anemometry.pdf>. Acesso em: 01 de outubro de 2014.
- IAB. 2013. *Istituto de Arquitetos do Brasil. Termo de Referência - Concurso Estação Antártica Comandante Ferraz.* Disponível em: <<http://www.iab.org.br>>. Acesso em 26 de junho de 2013.
- Laine, V. 2007. Antarctic ice albedo, temperature and sea ice concentration trends, 1981-2000. *EUMETSAT Meteorological Satellite Conference*, p. 50.
- Lora E. E., Nascimento M. A. 2004. *Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação.* Editora Interciência. Rio de Janeiro, Brasil.
- Manwell, J., McGowan, J., & Rogers, A. 2002. *Wind Energy Explained - Theory Design And Application.* Editora John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chichester, England.
- Martins, A. R., & Haddad, J. 2001. *Conservação de Energia: Eficiência energética de instalações e equipamentos.* Editora da EFEI. Itajubá, Brasil.
- MEASNET. 2009. Measuring Network of Wind Energy Intitutes. Evaluation of Site-specific Wind Conditions - Version 1. Disponível em: <http://www.measnet.com/wp-content/uploads/2012/04/Measnet_SiteAssessment_V1-0.pdf>. Acesso em: 01 de outubro de 2014.
- Oliviera, J. R., Harmsa, T. M., & Esterhuyse, D. J. 2008. Technical and economic evaluation of the utilization of solar energy at South Africa's SANAE IV base in Antarctica. *Renewable Energy 33*, pp. 1073-1084.
- Patel, M. R. 1999. *Wind and Solar Power Systems.* Editora CRC Press. New York, United States.
- PEA, P. 2009. Princess Elisabeth Antarctica Station. A "ZERO EMISSION" STATION?. Disponível em: <<http://www.antarcticstation.org/station>>. Acesso em agosto de 2009.
- PolarFoundation. 2009. International Polar Foundation. Disponível em: <<http://www.polarfoundation.org/>>. Acesso em Agosto de 2009.
- Rattinghe, K. V. 2008. Princess Elisabeth Research Station at Antarctica - Renewable Energy Systems design, simulation and optimization. *Dissertação de Mestrado. Delft University of Technology.* Delft, Denmark.
- Reichert, G. A. 2006. Aplicação Da Digestão Anaeróbia De Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Revisão. *23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, pp. III-242.
- SciencePoles. 2010. Polar science magazine. *Princess Elisabeth Antarctica: Changing the Way We Think about Using Energy.* Disponível em: <<http://www.sciencepoles.org>>. Acesso em janeiro de 2010.
- Smith, Z., Negnevitsky, M., Wang, X., & Michael, K. 2013. Cold Climate Energy Production. *Australasian Universities Power Engineering Conference-AUPEC.* Hobart, TAS: IEEE.
- T. Muneer, C. G. 2004. *Solar Radiation and Daylight Models (Second Edition).* Editora Butterworth Heinemann. Edinburgh, UK.
- Teetz, H., Harms, T., & Backstrom, T. v. 2003) Assessment of the wind power potential at SANAE IV base, Antarctica: a technical and economic feasibility study. *Renewable Energy 28*, pp. 2037-2061.
- Tin, T., Sovacool, B. K., Blake, D., Magill, P., Naggar, S. E., Lidstrom, S., et al. 2010. Energy efficiency and renewable energy under extreme conditions: Case studies from Antarctica. *Renewable Energy 35*, pp. 1715-1723.
- Woelffel, A. B., Alvarez, C. E., Soares, G. R., & Cruz, D. O. 2007. Resíduos sólidos gerados pelas atividades de produção e consumo de alimentos na Estação Antártica Comandante Ferraz. *VII Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente.* Vitória-ES, Brasil.

Áreas potenciais para produção de alimento no espaço urbano público: estudo de caso no município de São Carlos, SP/Brasil

Gustavo D'Almeida Scarpinella

Federal University of São Carlos, Civil Engineering Department, São Carlos, São Paulo, Brazil
gscarpinella@gmail.com

Ricardo Siloto da Silva

Federal University of São Carlos, Civil Engineering Department, São Carlos, São Paulo, Brazil
rss@ufscar.br

Sabrina Mieko Viana

Federal University of São Carlos, Civil Engineering Department, São Carlos, São Paulo, Brazil
sabrinamieko@gmail.com

Daniel Tonelli Caiche

Federal University of São Carlos, Civil Engineering Department, São Carlos, São Paulo, Brazil
dtcaiche@hotmail.com

ABSTRACT: Food production in urban areas is becoming increasingly common in many countries, and in Brazil it has gained strength underpinned on the idea of making use of abandoned or underutilized public areas. The main objective of this research was surveying favorable areas to implement community gardens in open public spaces, recreational and institutional areas, and also the existing initiatives in a popular neighborhood south of the urban area of São Carlos (São Paulo, Brazil). The results show the region's potential for implementing community vegetable-gardens and orchards, in addition to an organic community vegetable-garden, which is currently undergoing some management difficulties. It is concluded that although such spaces are available, further investment and awareness and support from the population are still needed in relation to food production in these areas in a cooperative and self-organized manner.

Keywords: public urban space, urban agriculture, São Carlos

RESUMO: A produção de alimentos em áreas urbanas vem se tornando cada vez mais comum em diversos países, e no Brasil ganhou força tendo como mote o aproveitamento de áreas públicas abandonadas, ou subutilizadas. Esta pesquisa teve como principal objetivo o levantamento de áreas propícias à implantação de hortas comunitárias, em espaços públicos livres, de recreio e institucionais, assim como de iniciativas já existentes em um bairro popular ao sul da área urbana do município de São Carlos (São Paulo, Brasil). Os resultados indicam que a região possui potencial para a implantação de hortas e pomares comunitários, além da presença de uma horta comunitária orgânica, cuja manutenção atualmente passa por várias dificuldades. Conclui-se que embora os espaços estejam disponíveis, ainda são necessários mais investimentos e um trabalho de sensibilização e incentivo da população em relação à produção de alimentos nestas áreas de forma comunitária e auto organizada.

Palavras-chave: espaço urbano público, agricultura urbana, São Carlos

1 INTRODUÇÃO

A agricultura urbana e periurbana, especialmente no Brasil, tem ganhado espaço nas últimas três décadas graças a incentivos governamentais, relacionados a políticas públicas municipais, estaduais e federais de segurança alimentar e de redução de pobreza (Branco & Alcântara 2011). Ela traz vantagens, ambientais e sociais, relacionadas à melhoria da qualidade de vida; o uso de áreas ociosas e os potenciais papéis destas no estímulo ao lazer, recreação, convivência e à

governança dos espaços públicos; o acesso da população a alimentos mais frescos e nutritivos; contribuição ao abastecimento local e a sensibilização dos cidadãos, mesmo daqueles não diretamente envolvidos na produção, sobre as questões ambientais nas áreas urbanas (Ferris et al. 2001, Ottmann et al. 2010, Rivetti et al. 2011).

Uma das formas dessa ocupação, as hortas comunitárias são cultivadas em espaços geralmente ociosos (públicos ou particulares), que podem ser geridos por grupos de famílias ou pessoas que vivem próximas aos mesmos (Arruda & Arraes 2007).

Em tempos de um mercado capitalista expressivo e de forças neoliberais visíveis nas cidades (influenciadas também pelo mercado imobiliário), embora às vezes permeadas por situações de conflito, as hortas comunitárias podem representar uma quebra de paradigma (Eizenberg 2012), ao estimular atividades que têm potencial para fortalecer a comunhão entre as pessoas (Ghose & Pettygrove 2014).

Este artigo relata pesquisa que teve como objetivo o levantamento de áreas potenciais para a implantação de hortas comunitárias, em espaços públicos livres, de recreio e institucionais, além do levantamento de iniciativas já existentes em um bairro popular, ao sul da área urbana do município de São Carlos, estado de São Paulo, Brasil.

2 BASE CONCEITUAL

A natureza pode ser experimentada através de práticas diárias dos cidadãos em espaços como hortas urbanas. Tais práticas contribuiriam para uma cidade alcançar características mais sustentáveis. Além disso, os cidadãos desenvolveriam sua capacidade criativa nestes espaços, fortalecendo algo além da simples visualização da paisagem natural que o ambiente urbano oferece (Bendta et al. 2013).

Corrigan (2011) pôde constatar em sua pesquisa o potencial possibilitado por uma horta comunitária e a melhoria na rotina alimentar das pessoas diretamente envolvidas a ela. No entanto, conforme relato da autora, para estes espaços serem mais visíveis e seus propósitos atingirem um maior número de pessoas, seria necessário estarem vinculados a um conjunto de ações complementares, dentre as quais destacam-se a de educação ambiental e a de divulgação sistemática de seus benefícios.

Está se referindo, aqui, além dos benefícios ambientais decorrentes, às melhorias no convívio social possibilitadas pela organização e produção de hortas comunitárias. Armstrong (2000), após entrevistas com diversos coordenadores de hortas comunitárias de áreas urbanas e periurbanas do estado de Nova Iorque, listou como avanços itens como: elevação de consciência política e maior participação dos jardineiros em suas comunidades; sensação de pertencimento da terra por parte de crianças (através de um projeto educativo); adesão de residentes de baixa renda ao programa, tornando-se ativos participantes; vigilância maior dos arredores, inibindo parcialmente ações criminosas em locais caracterizados pela prática da violência; fundação de associação de moradores.

Economicamente, a implementação de uma horta comunitária pode oferecer oportunidade de renda e economia na aquisição de alguns alimentos. Há diversos casos brasileiros de hortas que auxiliam dezenas de famílias, contribuindo para uma maior inserção social e econômica de pessoas e famílias (Branco & Alcântara 2011). Estas autoras, entretanto, relatam que embora no Brasil tais iniciativas tenham se multiplicado, frequentemente com apoio governamental, dificuldades como falta de assistência técnica, organização social, e outros recursos como água, terra e capital e a curta duração dos programas, ainda são indicados como alguns dos principais obstáculos ao desenvolvimento da agricultura urbana no Brasil.

Internacionalmente, podem ser citadas hortas comunitárias em diversos países, com propósitos, dimensões e andamentos diferentes: Austrália (Guitart et al. 2014), Inglaterra (Federation of

City Farms & Community Gardens 2014), Alemanha (Bendta et al. 2013), Estados Unidos (Armstrong 2000, Corrigan 2011, Eizenberg 2012, Ghose & Pettygrove 2014), Índia (Worldwatch Institute 2014), Hong Kong (Community Garden Programme, Leisure and Cultural Services 2014), Canadá (Montreal's Community Gardening Program 2006), Suíça (observação pessoal), Espanha (Inter Press Service New Agency 2012) e Argentina (International Development Research Centre 2014), dentre outros.

A forte expressão da agricultura urbana merece destaque na cidade de Nova Iorque, por exemplo. Surgidas durante a crise de 1970, onde prédios abandonados foram desmanchados, as hortas comunitárias foram originadas nestes terrenos, que foram limpos e depois cultivados. O auge de hortas comunitárias nesta cidade ocorreu no começo da década de 90, quando cerca de 1.000 espaços tinham essa finalidade. Atualmente, pouco mais da metade mantém suas atividades (Eizenberg 2012). Também merece destaque o que vem ocorrendo em uma cidade do interior da Inglaterra, Todmorden. É certo que sua dimensão (17 mil habitantes) e fator cultural são pontos favoráveis. O projeto *"The Incredible Edible Todmorden Unlimited"* conta com dezenas de espaços, públicos ou privados (mas dispostos a tal fim), onde são cultivadas várias espécies vegetais comestíveis. Estas espécies podem ser coletadas, sem custo, por quem quiser. Espaços como terrenos de serviços públicos, áreas de servidão próxima às linhas de trem e jardins de escolas também vêm sendo envolvidos neste projeto de agricultura urbana (The Incredible Edible Todmorden Unlimited 2014).

No Brasil, esta modalidade já apresenta reconhecimento por parte do poder público e diversos estados e municípios podem ser apontados por seus exemplos. O governo federal, por meio do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (2014), desenvolveu o "Projeto Hortas Comunitárias". Segundo a fonte, até 2008 foram beneficiadas 363.219 famílias, em 338 convênios, em todos os estados brasileiros, com exceção de Amazonas e Rondônia. Este projeto visa beneficiar, através de convênio (ou contrato de repasse), iniciativas em áreas urbanas e periurbanas de hortas comunitárias, desde que conduzidas pelo poder público (municipal ou estadual).

Além das iniciativas incentivadas pelo poder público há, também, em menor escala, aquelas advindas de uma demanda espontânea, levadas adiante em espaços públicos ou particulares, principalmente por grupos e organizações não governamentais (ONGs) e outras iniciativas particulares. Podem ser citados, por exemplo, os trabalhos desenvolvidos desde 2004, pela ONG Cidade sem Fome na zona leste de São Paulo (SP), com o desenvolvimento de hortas comunitárias e escolares (Cidades sem Fome 2014) e, em São Carlos (SP), os recentes trabalhos da ONG Veracidade, em terrenos ociosos (Veracidade 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O município de São Carlos está localizado na região central do estado de São Paulo, a, aproximadamente, 250 quilômetros da capital (Fig. 1). A área destaca-se como pólo de alta tecnologia e pela presença de duas importantes universidades públicas (Seade 2010, Dozena 2008). Segundo dados do IBGE (2010), entre os anos de 1940 e 2010, a população total evoluiu de 22.093 para 221.950 habitantes, dos quais aproximadamente 96% vivem na área urbana.

Foi realizado, nesta pesquisa, um estudo de caso em um bairro popular da região sul da área urbana do município de São Carlos (SP), denominado Loteamento de Interesse Social Cidade Aracy. O histórico de ocupação da região onde o loteamento está inserido remonta à década de 1980, onde, segundo Dozena (2008) e Lima (2008), houve a concentração da população de baixa renda, caracterizando uma situação de segregação sócio-espacial urbana.

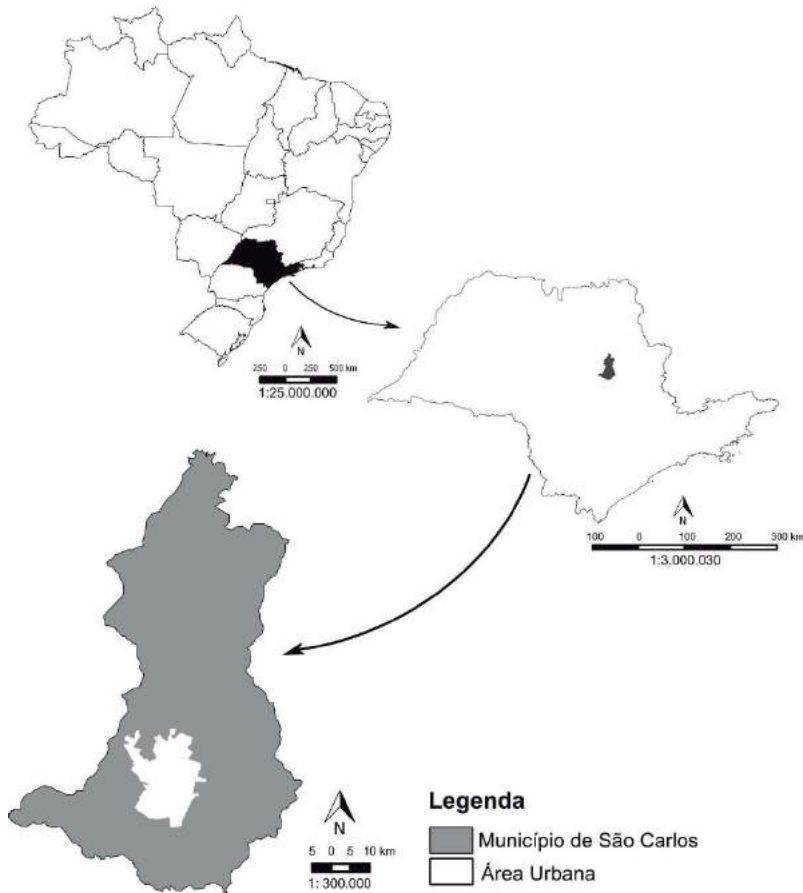


Figura 1. Localização da área urbana do município de São Carlos dentro do estado de São Paulo e do Brasil. Fonte: Elaboração própria.

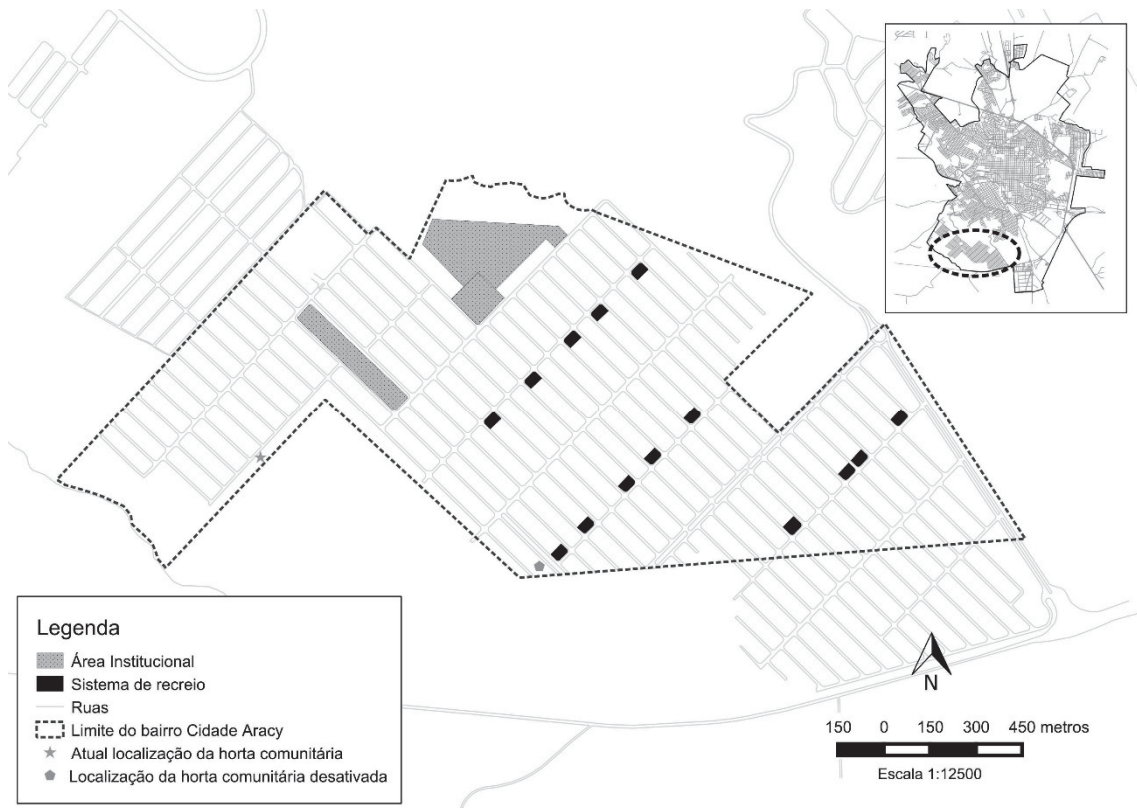


Figura 2. Áreas livres institucionais, do sistema de recreio e faixas de proteção ambiental no bairro Cidade Aracy, ao sul da área urbana do município de São Carlos, SP. Fonte: Elaboração própria, com base em PMSC (2011).

Trata-se de uma região com altas declividades e solos caracteristicamente frágeis, de alta erodibilidade, onde atualmente também podem ser encontradas as últimas manchas da vegetação de cerrado e numerosas nascentes, que alimentam os córregos da Água Quente e Água Fria (Oliveira 1996).

O levantamento dos espaços públicos, de recreio e institucionais, foi realizado a partir de dados em mapas fornecidos pela prefeitura municipal de São Carlos (PMSC, 2011) e, posteriormente, com visitas realizadas em maio de 2012 e em junho de 2014. Durante as visitas foram aplicadas entrevistas não estruturadas com moradores das áreas próximas, de forma a obter dados qualitativos que auxiliassem na compreensão do uso das áreas estudadas. Também foram feitos levantamentos sobre outras iniciativas de agricultura urbana presentes na área. Nesta fase, foram observados o uso das áreas analisadas, a implantação de equipamentos, oferta de água, assim como o potencial das áreas para implantação de hortas ou pomares comunitários.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram analisados 14 espaços públicos, pertencentes ao sistema de recreio, e uma área institucional. Destes, 5 foram ocupados como praças, com equipamentos (brinquedos infantis, caixas de areia, bebedouros e bancos, dentre outros). Três áreas foram ocupadas com campos de futebol e outras três estavam ociosas, com cobertura vegetal característica de abandono e deposição de vários tipos de resíduos sólidos, em parte delas. Uma das áreas analisadas foi transformada em um bosque, por conta da iniciativa de uma moradora da vizinhança, que realizou o plantio de várias árvores e arbustos. Segundo relato da mesma, a área foi cercada e recebeu calçamento no entorno, realizado pela Prefeitura Municipal, após diversas solicitações feitas por ela. Duas áreas estavam completamente cercadas e apresentavam plantios diversos, com ervas, milho e hortaliças. Em uma delas, o morador que cuida da mesma relatou ter tomado esta medida como forma de evitar que outras pessoas jogassem resíduos no local, já que a única ação do poder público foi a colocação de uma placa sinalizando a proibição de deposição de entulhos na área e informando um número de telefone para a comunicação de denúncias de irregularidades. O mesmo cita tentativas frustradas de envolvimento de outros vizinhos no cuidado da área. Por fim, a área institucional analisada está parcialmente ocupada com uma pista de skate e outros equipamentos, porém, em sua maior parte, a mesma encontra-se ainda sem nenhuma ocupação.

Foi identificada apenas uma horta comunitária, cuja implantação foi iniciativa do poder público, como forma de incentivar a geração de renda e o trabalho cooperativo, baseado nos princípios da economia solidária. Localizada no bairro Cidade Aracy, até o ano de 2012, ocupava uma área no limite do bairro, a sudeste, sendo posteriormente abandonada. A nova horta, agora, localiza-se a sudoeste do mesmo bairro. Conforme relato de uma das responsáveis pelo cuidado da horta, a mudança de área teria ocorrido devido aos constantes roubos dos produtos cultivados, ferramentas, e até mesmo da própria infraestrutura da área (canos, torneiras e telhas, dentre outros). Da área antiga, conforme levantamento de junho de 2014, restam somente os pilares de concreto que serviam para o cercamento, e a estrutura do antigo depósito e vestiário.

O atual espaço da horta tem uma área aproximada de 2.000 metros quadrados e sua implantação ainda não está totalmente finalizada. A Figura 3 apresenta a atual horta.

São responsáveis pelo plantio, manutenção e colheita, três mulheres, moradoras do bairro Cidade Aracy, que se revezam de forma voluntária, realizando as atividades necessárias para cuidados da horta.

Quando questionada sobre a estrutura local, a restrição colocada pela entrevistada foi da deficiente oferta de água e adubo (substrato, composto, adubos orgânicos ou qualquer composto que auxilie na nutrição das plantas). Na nova horta há uma caixa de 10.000 litros de água, ainda desativada, que deverá ser usada para irrigação das espécies lá cultivadas. Segundo

o relato da entrevistada, não há previsão de instalação da caixa. Por enquanto, faz-se uso da água proveniente do abastecimento público, mas que a entrevistada alega ser insuficiente, dada a oferta intermitente, a baixa vazão e o racionamento que ocorre no bairro.



Figura 3a. Nova horta comunitária “Renie Passos Caldas de Almeida”, em sua montagem. Fonte: Google Earth.



Figura 3b. Nova horta comunitária “Renie Passos Caldas de Almeida”, em atividade. Fonte: fotos tiradas pelos autores.



Figura 3c. Nova horta comunitária “Renie Passos Caldas de Almeida”, em atividade. Fonte: fotos tiradas pelos autores.

As sementes e mudas que formam a horta são obtidas através de doação, ou compradas pelas trabalhadoras da horta, sem auxílio da atual gestão do governo municipal. A única ajuda que esta trabalhadora cita receber da prefeitura é de transporte público até o local.

Segundo o levantamento realizado, a dinâmica de distribuição do alimento produzido não segue nenhuma regularidade ou padrão específico. A horta recebe poucos visitantes interessados na aquisição de hortaliças e algumas pessoas auxiliam, de forma voluntária, na venda da maior parte da produção, fazendo o rateio do valor obtido entre as três cuidadoras do espaço. Segundo a entrevistada, o mês de junho de 2014 garantiu uma renda total de aproximadamente 60 dólares, valor este que deveria ser dividido entre as três voluntárias. Indagada sobre a possibilidade de um aumento de mão-de-obra, ou até a participação de homens naquele espaço, a agricultora relatou não haver interesse por parte de terceiros, nem da vizinhança, principalmente devido à baixa remuneração. Por outro lado, a mesma cita a necessidade de uma oferta maior de água e de composto, que seria o diferencial para que a horta atingisse seu potencial produtivo. Este relato vai ao encontro das conclusões da pesquisa realizada por Branco e Alcântara (2011), onde as autoras concluem que as dificuldades mais citadas em publicações sobre o tema relacionam-se à falta de organização social e de assistência técnica, capital, terra e água.

Além disso, também foi citada a baixa participação da atual gestão do poder público municipal, que não fornece sementes, treinamento ou divulgação desta modalidade de agricultura orgânica. De acordo com São Carlos Oficial (2014), a prefeitura municipal pretende investir nesta horta, dobrando sua área para 4.000m², instalando um sistema de irrigação (projetado pela Secretaria de Agricultura), uma estufa de 250 m², para produção de mudas e sementes, e o oferecimento de cursos de qualificação (plantio de orgânicos) aos participantes da horta.

A falta de políticas públicas adequadas que estimulem estas atividades, bem como de programas de educação ambiental, que sensibilizem a população sobre a importância deste espaço e o seu papel social, ambiental e econômico, são fatores relevantes que colaboram para o atual quadro. Tanto a horta citada, como os espaços públicos ociosos, possuem um grande potencial para uso como espaços educadores, que, além de trabalhar com várias questões relativas à qualidade do espaço urbano, também podem ser utilizados como espaços colaborativos e de estímulo ao sentimento de pertencimento dos moradores do entorno e a iniciativas de governança local destas áreas (Brandão 2005).

Trata-se de uma questão altamente complexa, que envolve fatores culturais, de segurança, a falta de sentimento de pertencimento e a forma como os moradores se relacionam com os espaços públicos e particulares dentro de seu bairro. O episódio relatado sobre a desativação da horta e do vandalismo no seu antigo local conduz a uma reflexão sobre estas relações, e o desafio de se trabalhar em uma área tão carente. Embora o espaço da horta fosse direcionado à garantia de alguma segurança alimentar aos seus colaboradores e vizinhos, mesmo com seu cercamento, não foi possível evitar saques e roubos. No caso da instalação de uma horta ou pomar em uma área pública ociosa, abre-se, também, um espaço rico para discussão sobre seu cercamento ou não. Ao cercar uma área pública, como uma praça, a curto prazo se poderia evitar o vandalismo da área; porém, com a segregação da mesma. A longo prazo, quão vantajoso seria o investimento na educação sobre o bem público, a população beneficiada e a governança destes espaços?

5 CONCLUSÕES

A horta comunitária é uma modalidade de agricultura que vem ganhando importância nos espaços urbanos brasileiros por diversos motivos, dentro das esferas ambiental, social e econômica. Seu sucesso, no entanto, tem sido viabilizado apenas quando ocorrente através de

uma conjunção de fatores, como disponibilidade de área viável ao cultivo, mão-de-obra, recursos financeiros, bom gerenciamento e possibilidade de escoamento da produção realizada.

Embora diversos bairros, como é o caso do Cidade Aracy, possuam uma quantidade significativa de áreas livres (de sistema de recreio e institucionais) com potencial para implementação de hortas comunitárias, seu desenvolvimento esbarra na parca divulgação e auxílio por parte do poder público local. A vulnerabilidade destas áreas, se não cercadas, é grande para a ocorrência de furtos e vandalismos por parte de moradores desinformados do nobre papel prestado por estes espaços.

Seria necessário um trabalho de sensibilização da população e uma divulgação mais sistemática que atingisse e mobilizasse toda a comunidade. O desenvolvimento de políticas públicas mais efetivas, que garantam apoio a essas iniciativas e formas de trabalho que estimulem a associação dos grupos e a governança dos espaços públicos, podem ser formas de potencializar a visão destes espaços como elemento de grande agregação social, vantagem econômica e benefícios ambientais.

Há uma barreira cultural a ser vencida, antes que espaços livres, mesmo que desprovidos de cercamento e ainda assim sejam vigiados, cuidados, mantidos e melhorados pelos seus frequentadores. Finalmente, poderia se contar com hortas e pomares comunitários de diversas modalidades, com cultivo de hortaliças e outras espécies vegetais comestíveis, espalhados por vários pontos do bairro.

REFERÊNCIAS

Armstrong, D. 2000. A survey of community gardens in upstate New York: Implications for health promotion and community development. *Health & Place* 6:319-327.

Arruda, J.; Arraes, N. A. M. 2007. Análise do programa de hortas comunitárias em Campinas – SP. *Organizações Rurais & Agroindustriais* 9(1): 38-52.

Bendta, P.; Barthelb, S.; Coldinga, J.; 2013. Civic greening and environmental learning in public-access community gardens in Berlin. *Landscape and Urban Planning* 109: 18– 30.

Branco, M. C.; Alcantâra, F. A. 2011. Hortas urbanas e periurbanas: o que nos diz a literatura brasileira? *Horticultura Brasileira* 29: 421-428.

Brandão, C. R. 2005. *Municípios Educadores Sustentáveis - Aqui é onde eu moro, aqui nós vivemos: escritos para conhecer, pensar e praticar o município educador sustentável*. Brasília: MMA, Programa Nacional de Educação Ambiental, 181 p.

Cidades sem fome. 2014. Disponível em <<http://cidadessemfome.org>>. Acesso em 31 de julho de 2014.

Community Garden Programme, Leisure and Cultural Services. 2014. Locations of community garden Disponível em: <<http://www.lcsd.gov.hk/green/garden/en/loc.html>>. Acesso em 17 de julho de 2014.

Corrigan, M. P. 2011. Growing what you eat: Developing community gardens in Baltimore, Maryland, *Applied Geography* 31: 1232-1241.

Dozena, A. 2008. *São Carlos e seu desenvolvimento: contradições urbanas de um pólo tecnológico*. São Paulo: Annablume. 114p.

Eizenberg, E. 2012. Actually Existing Commons: Three Moments of Space of Community Gardens in New York City. *Antipode* 44 (3): 764–782.

Federation of City Farms & Community Gardens. 2014. Disponível em: <<https://www.farmgarden.org.uk/home>>. Acesso em 17 de julho de 2014.

Ferris, J.; Norman, C.; Sempik, J. 2001. People, land and sustainability: community gardens and the Social dimension of Sustainable Development, *Social Policy & Administration* 35: 559-568.

Ghose, R.; Pettygrove, M. 2014. Actors and networks in urban community garden development, *Geoforum* 53: 93–103.

Guitart, D. A.; Pickering, C. M.; Byrne, J. A. 2014. Color mehealthy: Food diversity in school community gardens in two rapidly urbanizing Australian cities. *Health & Place* 26: 110–117.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. *IBGE Cidades@*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em 06 de junho de 2011.

Inter Press Service New Agency 2012. *Crisis Sows Community Gardens in Spain*. Disponível em: <<http://www.ipsnews.net/2012/06/crisis-sows-community-gardens-in-spain/>>. Acesso em 17 de julho de 2014.

International Development Research Centre 2014. *Urban agriculture: Rosario, Argentina reaps the benefits*. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/EN/Resources/Publications/Pages/ArticleDetails.aspx?PublicationID=7>>. Acesso em 17 de julho de 2014.

Lima, R. P. 2008. *Limites da Legislação e o (des)controle da expansão urbana: São Carlos (1857-1977)* São Carlos: EDUFSCar. 243p.

Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. 2014. *Hortas Comunitárias*. Disponível em: <<http://www.mds.gov.br/falemds/perguntas-frequentes/seguranca-alimentar-e-nutricional/regiao-metropolitana/gestor/hortas-comunitarias>>. Acesso em 3 de julho de 2014.

Montreal's Community Gardening Program 2006. World Urban Fórum, 2006, Vancouver, Canadá. *Jardins Communautaires – Velle de Montreal*. Disponível em: <http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/librairie_en/documents/Montreal_Community_Gardening_Program.pdf>. Acesso em 17 de julho de 2014.

Oliveira, C. H. 1996. *Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas*. 181p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Ottmann, M. M. A.; Borcioni, E. M.; Cruz, M. R.; Fonte, N. N. 2010. Impactos ambientais e sócio-econômicos das hortas comunitárias sob linhas de transmissão no bairro Tatuquara, Curitiba, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia* 5(1): 86-94.

PMSC - PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. 2011. *Mapa base da área urbana de São Carlos* (atualizado em janeiro de 2011). MAPA-BASE.dwg. São Carlos: PMSC.

Rivetti, L. V.; Cassiano, F.L.; Cunha, C. P.; Vieira, C.A.; Costa M.B.B. 2011. Implantação de horta orgânica comunitária como mecanismo de promoção agroecológica no Bairro José Ometto, município de Araras, SP. *Resumos do VII Congresso de Agroecologia*.

The Incredible Edible Todmorden Unlimited. 2014. Disponível em: < <http://www.incredible-edible-todmorden.co.uk/home>>. Acesso em 28 de julho de 2014.

São Carlos Oficial 2014. Secretário do trabalho visitou Horta Comunitária do Cidade Aracy. 2 julho de 2014, Disponível em: <
http://www.saocarlosocial.com.br/noticias/?n=Secretario+do+Trabalho+visitou+Horta+Comunitaria+do+Cidade+Aracy_YZA7CF0IEM>. Acesso em 23 de julho de 2014

SEADE - FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. 2010 *O estado dos municípios 2006-2008: Índice paulista de responsabilidade social*. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/projetos/iprs/ajuda/2008/sintese.pdf>>. Acesso em 26 de setembro de 2011.

Veracidade. 2014. Disponível em: <<http://www.veracidade.eco.br/projetos/urbanicas.html#conteudo>>. Acesso em 31 de julho de 2014.

WorldWatch Institute. 2014. *Urban Agriculture Helps Combat Hunger in India's Slums*. Disponível em: <<http://www.worldwatch.org/urban-agriculture-helps-combat-hunger-india%E2%80%99s-slums-1>>. Acesso em 17 de julho de 2014.

A web-based tool for the Construction and Demolition Waste (CDW) Management on sites

Diogo Henrique Fernandes da Paz

University of Pernambuco, Polytechnic School of Pernambuco, Department of Civil Engineering, Recife, Brasil
dhfp_pec@poli.br

Kalinny Patrícia Vaz Lafayette

University of Pernambuco, Polytechnic School of Pernambuco, Department of Civil Engineering, Recife, Brasil
klafayette@poli.br

Yêda Vieira Póvoas Tavares

University of Pernambuco, Polytechnic School of Pernambuco, Department of Civil Engineering, Recife, Brasil
yeda.povoas@gmail.com

ABSTRACT: The objective of this article is to develop a computerized tool (*software*) that facilitates the analysis of strategies for waste management on construction sites through the use of indicators of CDW generation. The development involved the following steps: knowledge acquisition, structuring the system, coding and system evaluation. The step of knowledge acquisition aims to provide subsidies for the representation of them through models. In the step of structuring the system, it was presented the structuring and formalization of knowledge for the development of the system, and has two stages: the construction of the conceptual model and the subsequent instantiation of the model. The coding system aims to implement (code) the conceptual model developed in a model played by computer (digital). The results showed that the system is very useful and applicable in construction sites, helping to improve the quality of waste management, and creating a database that will support new research.

Keywords: construction waste, management, decision support system.

1 INTRODUCTION

In Brazil, the construction industry is responsible for about 14% of Gross National Product (GNP), one of the pillars of the Brazilian economy and the largest generator of direct and indirect jobs in the country. Since the end of December 2012 there were 3270 million registered workers, number that grew 3% in that year 2012 (CBID, 2013). The sector is also a major natural materials consumer, representing about 20% to 50% of the total resources consumed by society (MES-QUITA, 2012).

Associated with large consumption of natural resources is the generation of construction and demolition waste (CDW). The CDW represent a major problem in urban areas due to the large waste generation by construction companies. According to Gusmão (2008), although 90% of the CDW are reusable, they are improperly disposed causing a series of economic, social and environmental problems. Despite the present declining moment in this activity in some countries, due to changes in the economic cycle, the problems caused by such waste, or rather, their management must be constantly considered (SÁEZ *et al.*, 2011).

In recent years, It has witnessed the generation of a significant amount of construction waste as a result of rapid urbanization and large-scale construction activities in Brazil, accompanied by precariousness of data and information on the waste generated in this activity. The study of the CDW is recent in Brazil, causing the lack of data on environmental agencies. However, the emergence of the relevant sector legislation has driven advances and increased mobilization of municipalities and private companies to meet the new applicable laws. The deposition of the CDW

in illegal areas has a number of environmental impacts such as visual pollution, the narrowing of the river banks, causing flooding, water pollution and soil, inducing deposition of other types of waste and draw for disease vectors.

In Brazil, legal mechanisms to help municipalities and private companies in the PCWM were created. Highlights include the Resolution Nº 307 of the National Environmental Council (CONAMA), which established guidelines, criteria and procedures for the CDW management. Other laws as the National Policy on Solid Waste (PNRS) (BRAZIL, 2010b) and Decree Nº 7404, of December 23, 2010 (BRAZIL, 2010a), which regulated PNRS complement what was established in CONAMA Nº 307. This law established the great generators must prepare and implement a Plan of Construction Waste Management (PCWM), aiming to establish the necessary procedures for the handling and disposal environmentally sound waste.

According to Souza *et al.* (2008), for adaptation to this new environment and integration of construction along new legislation, there is a need to develop an efficient model of waste management for construction sites. Considering that for the preparation and implementation of PCWM is necessary a technical body that has certain knowledge concerning the CDW, often these professionals are not available at work or its contraction is expensive is needed. A viable and efficient alternative in minimizing this loss is the creation of a Decision Support System (DSS), as aid management CDW tool on construction sites.

For planning the CDW management within the construction site, you must have a prior knowledge of what is being generated (qualitative data), how much is being generated (quantitative data), and what is the appropriate destination to be given to such material. Although there are some researches focused on the characterization of the waste, was still not a reliable database that gives subsidies to enterprises in decision making regarding the PCWM prepared.

The objective of this article is to develop a computerized tool (*software*) that facilitates the analysis of strategies for waste management on construction sites through the use of indicators of CDW generation.

2 METHODOLOGY

The development of the Construction Waste Management System (SIGERCON) involved the following steps: knowledge acquisition, system structure, system coding and evaluation (Figure 1).

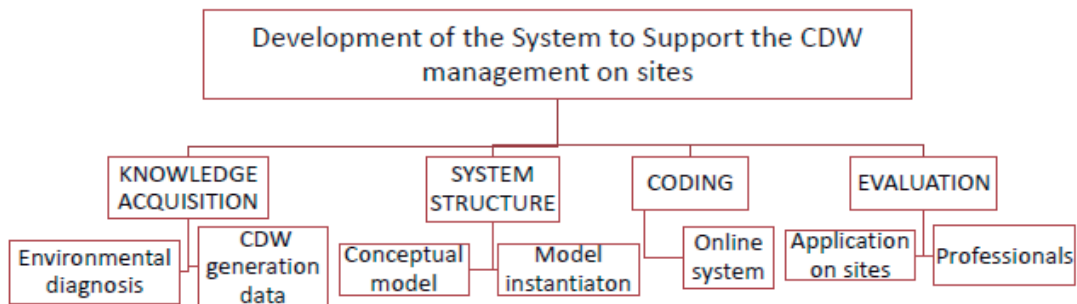


Figure 1. SIGERCON development stages.

The step of knowledge acquisition aims to provide subsidies for the representation of them through models (SCREMIN, 2007). On the waste management, the knowledge required for the system structure are:

- Environmental legislation;
- Methodologies for CDW quantitative and qualitative characterization;

- Methodologies of CDW management, and information on waste generation indicators in total and in each phase of the work;

The knowledge acquisition initially took place through literature review of books, articles, and academic, national and international research related to the topic. Subsequently, it was proceeded to data collection, which involved two phases: environmental assessment of the work and data collection for CDW generation.

The environmental assessment phase of the work consists of a performance assessment of waste management within the construction site observing the qualitative and quantitative characteristics of the CDW and the management way currently used.

In the phase of data collection for CDW generation at construction sites, a letter to the contractors requesting their participation in the research and provision of waste generation data of each work was sent, trying to correlate the levels of waste generation with technical information. Data on number of skips monthly collected, transportation and disposal, CDW management costs and construction process were obtained by contractors' own data.

In the step of structuring the system, it was presented the structuring and formalization of knowledge for the development of the SIGERCON. The structure followed the research of Lupatini (2002), which divides this step in two stages: the construction of the conceptual model and the instantiation of the model, where the knowledge and tools necessary to achieve the objectives proposed in the conceptual model through flowcharts methods are defined.

The conceptual model was developed based on acquired knowledge and the needs of users. The proposed solution, according to Lupatini (2002), is created by the possibility of incorporating the same model of knowledge used by experts in a computer program, allowing users who do not have in-depth knowledge of the subject, come to solve the problem just by properly applying the model.

The instantiation of the model consists of, from the conceptual model, including the necessary knowledge so that the objectives of the reasoning step are attained (SCREMIN, 2007). To Lupatini (2002), the modeling of knowledge is increasingly performed by decomposing the goals they want to reach.

The coding of a decision support system aims to implement (code) the conceptual model developed in a model played by computer (digital). The coding step of the system consisted of the codification of the instantiated model and building a web-based user interface for use as a means to facilitate access to system information and get results determined in the conceptual model.

The system was developed in PHP, one of the most widespread languages in the market, using the MVC (Model-View-Control) model. This model is one of the most suitable for web development because it facilitates the maintenance and possible extensions of the system. The jQuery library was also used to enhance the usability of the system.

3 RESULTS

From the contact made with the sites, were registered in total 65 sites as research participants, being buildings in various stages of construction (foundation, structure, finishing or completed) of medium and large businesses. The following data were obtained: total area (m²); Number of floors; start date and end of work; months of implementation of the foundation, structure and finishing; current phase of the work; monthly waste generation; amount of collected dumpsters.

Figure 2 shows the number of sites whose data for the construction phase and by class of waste were obtained. Some information could not be obtained, due to lack of consistency of the data or by the fact that many sites have not yet been concluded.

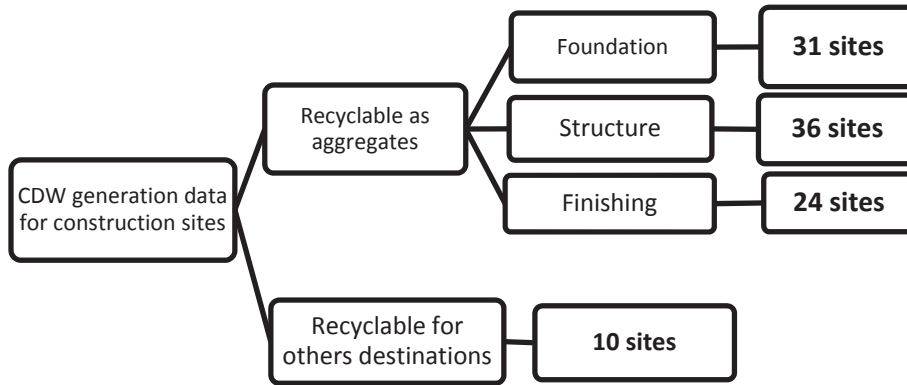


Figure 2. Amount of sites analyzed by phase of construction and class of waste.

3.1 Total CDW generation at construction sites

From 65 analyzed sites, only 19 have a complete database of waste generation throughout the execution of the work. The most analyzed sites are still under construction or in the case of older, have no record of waste generation completely and reliably. Figure 3 shows the total waste generation.

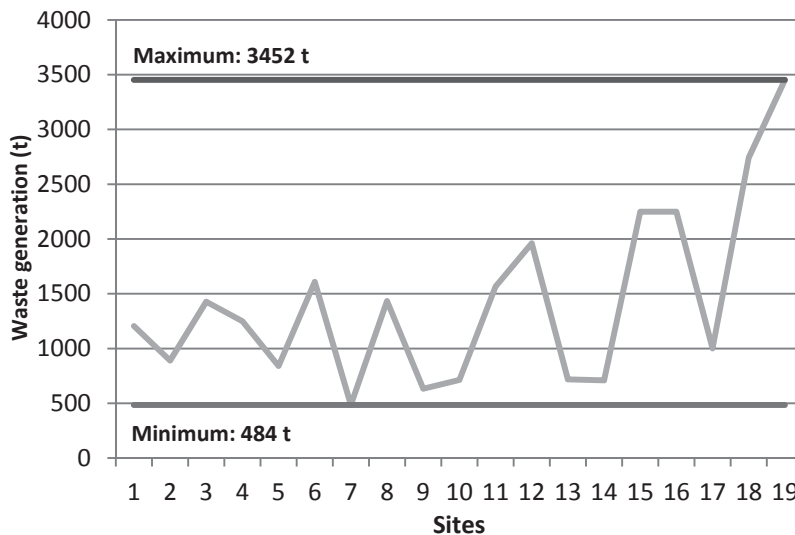


Figure 3 – Total waste generation of sites with full database.

It was found that the total waste generation is in the range between 484 and 3452 t, with an average of 1428 t. Figure 4 shows three series of data, which relate the amount of waste generated with the built area, with the number of floors and the time for completion of sites.

By analyzing this data was obtained a rate of generation by built area of 97 kg/m², for a total average built area of 22,642 m², near the value estimated by Gusmao (2008) of 100 to 150 kg/m² and the calculated by Costa (2012) whose average value obtained was 93.89 kg/m².

In addition to this indicator, which is the most used in the estimation of waste generation, was obtained the rate of generation for completion of sites which was 42.29 t/month for an average period of 35 months for completion of sites.

Also obtained a rate of CDW generation by number of floors of 52.92 t/floor, for an average of 29 floors in sites of Recife. The choice of the best indicator to use will depend on your application and comparison with several other sites.

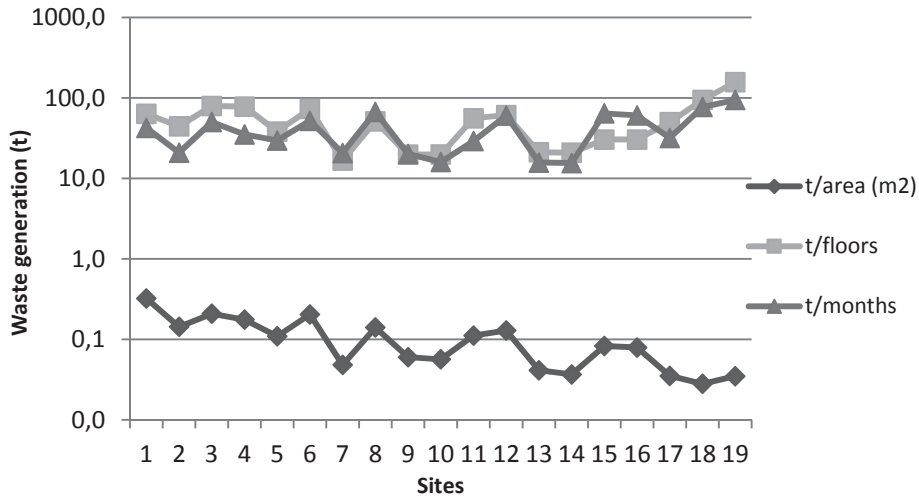


Figure 4 – CDW generation in relation to built area, time of completion and number of floor.

From the total CDW generation was determined the total number of dumpsters needed to collect all waste from the sites. Figure 5 shows the total number of dumpsters in the 19 analyzed sites, considering 6m³ the volume of dumpsters and bulk density of 1.36 t/m³. The collected amount is in the range between 59 and 421 dumpsters, with an average of 174 dumpsters.

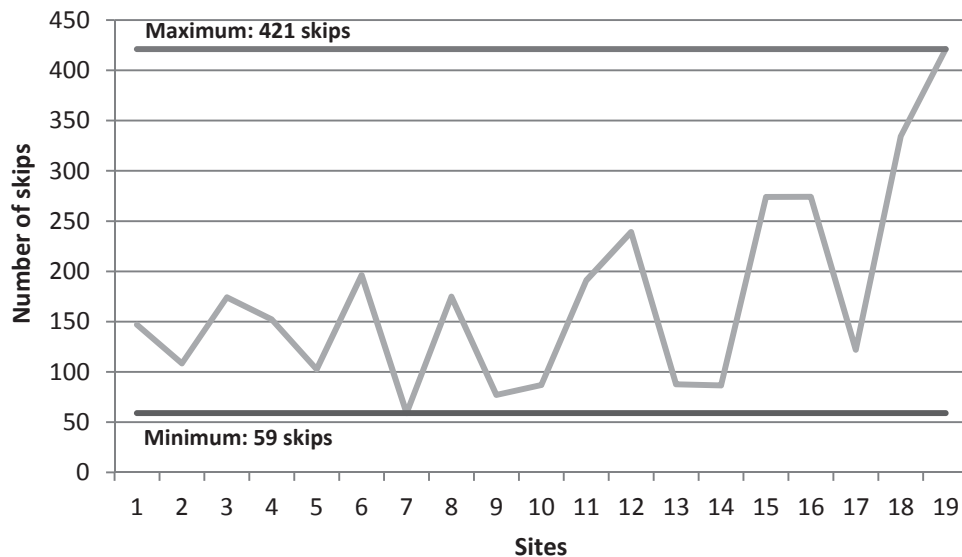


Figure 5 – Total number of dumpsters collected in the analyzed sites.

3.2 CDW generation by class

From the accounting of waste generated, was estimated the percentage of waste per class, according to CONAMA Resolution N^o. 307/2002. Figure 6 shows the results obtained with the estimated by class, where the recyclable wastes as aggregates predominate over the other classes.

The average waste generation was 1062.24 tons for recyclable waste as aggregates, 29,8 t of recyclable waste for others destinations, and 1.99 tons of non-recyclable waste.

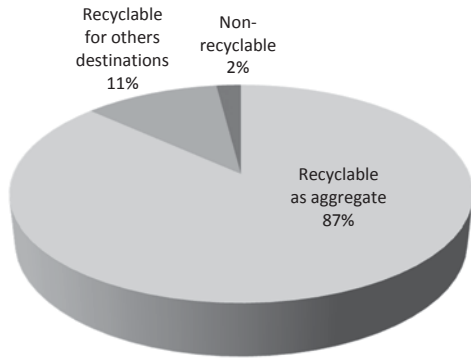


Figure 6. Percentage of waste generation per class, according to CONAMA Resolution Nº. 307/2002.

Figure 7 shows the gravimetric composition of recyclable wastes for others destinations through the data provided by 10 sites.

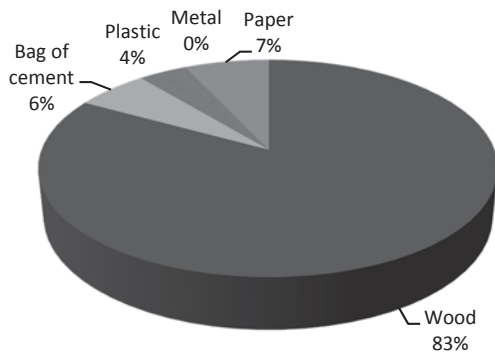


Figure 7 – Gravimetric composition of recyclable wastes from others destinations.

The evaluation of SIGERCON was performed by applying the system indicators obtained on six sites in Recife, Brazil, in order to evaluate the correlation between total generation observed in the work (real), and generation estimated by the three methods used by the system: built area, time of completion and number of floors. Table 1 presents a summary of the works analyzed.

Table 1 – Summary of the analyzed sites in system evaluation stage.

Site	Built area (m ²)	Time of completion	Nº of floors	Purpose
1	6861	28 months	18	Residential
2	14062	43 months	28	Residential
3	7099	36 months	26	Residential
4	97900	36 months	29	Business
5	99092	37 months	22	Residential
6	7886	31 months	22	Residential

From the use of the SAD was calculated the total CDW generation through the three methods as shown in Table 2.

To find what is the best method, it was established that up to a limit of 30% above or below the real value there is a good agreement between the observed and the estimated generation. Table 3 presents the agreement for each analyzed site.

Table 2 – Comparison of estimatives of CDW generation with the observed CDW generation.

Site	Observed generation (t)	Estimated generation by built area (t)	Estimated generation by time of completion	Estimated generation by number of floors
1	1428	1317	1176	1314
2	1567	1167	3139	1540
3	1248	1384	2412	1168
4	2742	3230	2412	1595
5	3452	3270	2479	1210
6	1608	1514	1426	1606

Tabela 3 – Analysis of the degree of agreement between the estimatives of CDW generation with the observed generation of the sites.

Site	Estimative by built area (%)	Estimative by time of completion (%)	Estimative by number of floors (%)
1	92,25	82,35	92,02
2	74,48	200,32	98,28
3	110,92	193,27	93,59
4	117,82	87,96	58,17
5	94,73	71,81	35,05
6	94,16	88,68	99,88

It appears that for the six analyzed sites, the estimation method for the built area was the one closest to the reality observed at construction sites, to maintain a good agreement for all analyzes. On the other hand, the method of estimating the number of floors got a great performance for sites with small built area, and is possible to use this method to sites of this size. However, this method becomes limited to sites with large built area due to the fact that often the enterprise has a large area outside the building, complicating this estimative. The estimation method by time of completion is also limited to works with very long-term, off-schedule most often used in sites of Recife.

4 CONCLUSION

Analyzing the sites that had full database, was obtained an average of 1428 t, and an rate generation for built area of 97 kg/m² for an average of 22642 m² built area. By comparing this information with data from the literature, as Carneiro (2005), Gusmão (2008), Marques Neto & Schalch (2010) and Costa (2012), it is identified that is very similar to that obtained by the cited researchers.

Others rates was evaluated, such as waste generation by time of completion, which was 42.29 t/month, for a duration average of 35 months, or the generation by number of floors, which resulted in 52.92 t/floor, for an average of 29 floors.

In addition to the above rates, other indicators, such as generation by phase of the work have been proposed. For the foundation stage was obtained 17.68 t/month, for the phase structure was obtained 40.08 t/month, and the stage of completion yielded 83.70 t/month. Thus, you can specify the amount of waste throughout the work, thus facilitating proper CW planning and management.

Upon completion of the coding SIGERCON step, an assessment of SAD from the design phase was held on 6 works in order to analyze the correlation between the actual data works with the model estimates, the built up area, completion time and number of floors.

The method of estimative by built area proved to be the most suitable to be used for calculating the CDW generation in the works in general. Moreover, the method for estimating the number of floors is well suited for small sites.

REFERENCES

Brasil. 2010a. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*.

Brasil. 2010 b. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBID). 2013. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/emprego-na-construcao-civil-cresce-3-no-pais-em-2012>>. Acesso em: 09 set. 2013.

Carneiro, F.P. 2005. *Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife*. 2005. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 2002. *Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002*. Brasília.

Costa, R.V.G. 2012. *Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa*. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de João Pessoa, João Pessoa.

Gusmão, A.D. 2008. *Manual de Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil*. Camaragibe: CCS Gráfica Editora, 140 p.

Lupatini, G. 2002. *Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à decisão em Escolha de Áreas para aterros sanitários*. Florianópolis, 2002. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina.

Marques Neto, J.C.; Schalch, V. 2010. Diagnóstico ambiental para a gestão sustentável dos resíduos de construção e demolição. In: Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 13, 2010. *Anais...* Figueira da Foz, Portugal.

Mesquita, A.S.G. 2012. Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí. *Revista Holos* 2: 58-65.

Sáez, P.V.; Merino, M.R.; Porras-Amores, C. 2011. Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain. *Journal of Waste Management & Research* 30: 137-146.

Scremin, L.B. 2007. *Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos da construção e demolição para municípios de pequeno porte*. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Souza, P.C.M.; Melo, A.B.; Gusmão, A.D.; Carneiro, F.P.; Nascimento, C.F. 2008. Gestão de resíduos da construção civil: Uma análise do modelo aplicado em obras de edifícios multipiso na Cidade do Recife. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* 10 (16): 04-08.

Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações Unifamiliares: Funcionamento Hidráulico de um Sistema de Drenagem Sifónica

Ana Silva

Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães Portugal
anaisilva91@gmail.com

M. Manuela C. L. Lima

Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães Portugal
mmlima@civil.uminho.pt

António Curado

Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Departamento de Ciências de Engenharia e Tecnologia, Viana do Castelo, Portugal
acurado@estg.ipv.pt

ABSTRACT: Rainwater harvesting systems allow the usage of properly collected, treated and supplied rainwater for domestic use in situations without good water quality requirement. To be sustainable, a rainwater harvesting system must be truly ecological, economically viable, socially fair and culturally diverse. The key element for this system is the first-flush device, which allows the deviation of the first rains which carry a significant load of pollutants and are not suitable even for non potable use. This article develops a theoretical and experimental study on a rainwater harvesting system for use in a single family dwelling. The main goal is to describe the hydraulic operation of symphonic drainage systems by the incorporation of a first-flush device in a laboratory installed rainwater harvesting system.

Keywords: symphonic drainage systems, rainwater harvesting system, first-flush device

RESUMO: Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais permitem substituir a água de uso doméstico sem exigência de potabilidade, por água pluvial devidamente recolhida, tratada e fornecida. Para que um sistema de aproveitamento de águas pluviais seja considerado sustentável é preciso que seja ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente diverso. O elemento chave do sistema de aproveitamento de águas pluviais é o dispositivo *first-flush*, que permite desviar as primeiras chuvas, que transportam consigo uma carga significativa de elementos poluentes e não são adequadas sequer para usos não potáveis. Este artigo descreve um estudo teórico e experimental da problemática do aproveitamento das águas pluviais em habitações unifamiliares. Tem como objetivo específico descrever o funcionamento hidráulico de um sistema de drenagem sifónica, após a incorporação de um dispositivo *first-flush* num sistema de aproveitamento de águas pluviais instalado em laboratório.

Palavras-chave: aproveitamento de águas pluviais, dispositivo *first-flush*, sistema de drenagem sifónica

1 INTRODUÇÃO

A degradação da qualidade da água para consumo humano constitui um alerta para a necessidade da racionalização do uso da água potável e para a procura de sistemas alternativos para aproveitamento da água pluvial (Grando et al, 2011). Numa necessária perspetiva de sustentabilidade, importa proceder à implementação de novos paradigmas que envolvam a

redução de consumos, a reutilização e reciclagem da água (Rodrigues, 2010). Daí a criação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP).

O principal objetivo do SAAP consiste em substituir água de uso doméstico sem exigência de potabilidade, por água pluvial devidamente recolhida e tratada desde a recolha até ao fornecimento (TCEQ, 2007).

Historicamente o aproveitamento de águas pluviais data de há milhares de anos. Na verdade, em algumas regiões (zonas mais áridas) a água da chuva era e é, seguramente, a única forma de se ter acesso à água. Em Portugal o aproveitamento de água pluvial é uma prática também antiga mas que foi perdendo relativa preponderância. Porém, a nova realidade obriga ao aproveitamento das águas para se poder alcançar uma eficiência hídrica e uma redução de consumo de água potável.

Um SAAP é constituído por uma superfície de recolha, tubos de queda e reservatório de armazenamento. Associado aos tubos de queda tradicionais utilizam-se filtros e sistemas de remoção das primeiras águas (*first-flush*). Este dispositivo *first flush* possibilita a eliminação das primeiras águas da chuva, que provêm da lavagem da superfície de captação e, conseqüentemente, não têm a qualidade mínima para consumo humano (TCEQ, 2007).

A drenagem da superfície de recolha pode ser efetuada através de um sistema sifónico. No entanto, a utilização de dispositivos *first-flush* adequados a tubos de queda tradicionais, onde o escoamento ocorre com superfície livre, não é compatível com escoamentos sob-pressão. Os sistemas sifónicos, comercializados por empresas como a Geberit, a Valsir e a Saint Gobain, podem ser instalados em qualquer tipo de edifício/habituação, mas normalmente têm-no sido em edifícios de maior porte, tal como estádios, hotéis, centros comerciais e pavilhões industriais. O sistema é dimensionado mediante o recurso a *software* especializado, em função dos projetos de estruturas e arquitetura do edifício, designadamente tendo em atenção a localização mais adequada para a colocação dos tubos de queda e a disposição dos ralos (Pereira, 2012). Estes sistemas apresentam uma utilização crescente, e há todo o interesse em desenvolver um dispositivo *first-flush* adequado ao seu comportamento hidráulico. Em especial este sistema deverá permitir rejeitar unicamente o volume de água estritamente necessário para a lavagem inicial da superfície de recolha, possibilitando assim maximizar o volume de água da chuva armazenado.

No presente trabalho optou-se pela via experimental, com o objetivo de conceber um dispositivo *first-flush* adequado a um sistema de drenagem sifónica, bem como compreender o seu funcionamento hidráulico. Para a sua realização recorreu-se à torre hidráulica instalada no laboratório do Instituto Politécnico Viana do Castelo. Pretendeu-se visualizar o escoamento no interior da tubagem com utilização de um corante, verificar a influência da velocidade no funcionamento de um sistema sifónico e quantificar as primeiras águas a serem excluídas, tendo como objetivo último a minimização do volume de águas rejeitadas.

Este artigo está dividido em 5 secções, incluindo esta secção inicial introdutória. Na secção 2 descreve-se sucintamente o conceito, a constituição e o funcionamento do sistema sifónico. O método experimental é apresentado na secção 3 e a análise dos resultados na secção 4. O artigo termina com conclusões na secção 5.

2 SISTEMA SIFÓNICO OU SOB PRESSÃO

Concettualmente, um sistema sifónico é um mecanismo que serve para permitir a escorrência de um líquido a partir de um nível superior e impedir que esse mesmo líquido faça o percurso inverso (Smith, 2008).

O sistema em pressão (ou “sistema pluvia” como é referenciado pela empresa Geberit) é caracterizado por dois aspetos essenciais (Pereira, 2012): a inclusão de ralos anti-vortex

(impedem a formação de vórtices, permitindo que haja o aparecimento do escoamento em pressão); e o recurso de materiais e acessórios adequados às necessidades do funcionamento sob pressão (PEAD e ferro fundido).

Em geral, pode dizer-se que um sistema sifónico se subdivide em três componentes determinantes e que realçam as diferenças para com os sistemas tradicionais: os ralos, as tubagens e os sistemas de fixação (Pereira, 2012).

O sistema sifónico assenta em princípios hidráulicos diversos dos convencionais, sendo maior a exigência ao nível técnico e da preparação (cálculo), dimensionamento e instalação, já que o cometimento de erros repercutir-se-á, inevitavelmente, no desempenho de todo o sistema sifónico (Valsir, 2009). Todo o desempenho do sistema assenta no “Princípio de Bernoulli” (equação que reflete o balanço de energia entre dois pontos de um escoamento) aplicado ao escoamento de fluidos com viscosidade e atrito.

Neste tipo de sistema o ralo impede, para o caudal de projeto, a entrada de ar e a formação do vórtice assegurando portanto a ocupação total da secção do tubo, trabalhando assim o sistema a 100%. Nessas condições, o dimensionamento do sistema pode basear-se em modelos matemáticos de escoamento completamente desenvolvidos trabalhando em pressão/depressão (Valsir, 2009).

Em termos da sua operacionalidade há a considerar quatro tipos de regimes/variáveis em função da pluviosidade (Valsir et al, 2009; Pereira et al, 2012):

- para uma pluviosidade que provoque caudais entre os 10 e os 15% do caudal de projeto, o sistema sifónico funciona como um sistema tradicional de escoamento pluvial por ação da gravidade;
- para uma pluviosidade entre os 15% e os 60% do caudal de projeto o sistema opera alternadamente entre o sistema gravítico e em pressão;
- para caudais entre os 60 e os 95% do caudal de projeto o escoamento dá-se no regime sobre pressão (embora ainda possam aparecer algumas bolhas de ar no seu interior);
- nos caudais superiores a 95% do caudal de projeto, atingem-se as capacidades máximas de vazão, assistindo-se a um escoamento silencioso (face à ausência de ar no interior das tubagens) e a grande velocidade.

Há diversas vantagens do sistema sifónico quando comparado ao sistema tradicional, nomeadamente (Geberit, 2011):

- redução do número e diâmetro dos tubos de queda;
- aumento de espaço interior com a possível colocação do tubo coletor de forma horizontal junto ao telhado ou da caleira;
- menor área de armazenamento, permitindo a redução de custos, e maior rapidez de execução.

Existem, porém, recomendações a observar na sua utilização para se alcançar maior eficiência e funcionalidade do sistema sifónico, desde logo a redução de diâmetros nas tubagens, que deve ser feito nos troços verticais para prevenir disfunções (aprisionamento de ar, impossibilidade de escoar a água). Estas alterações de inclinação e direção devem ocorrer sempre através de curvas suaves.

3 MÉTODO EXPERIMENTAL

Nesta secção descreve-se a instalação experimental (subsecção 3.1), apresentam-se as condições experimentais (subsecção 3.2) e a metodologia experimental adotada (subsecção 3.3).

3.1 Instalação experimental

A instalação experimental encontra-se na Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana de Castelo (IPVC), em Viana de Castelo, sendo certo que se tornou necessário efetuar alterações na sua constituição inicial para que fosse possível desenvolver o propósito pretendido. Tais alterações foram integralmente assumidas pela empresa Geberit.

O SAAP encontra-se encimado por uma cobertura, representado por uma caixa, em acrílico, com as dimensões de 120x100x19 cm, onde irá ser acolhida a água proveniente de 4 chuveiros estrategicamente colocados e que pretende simular a queda e receção de chuva. O caudal de água fornecido por estes chuveiros pode ser regulado, fazendo com que o sistema possa ou não funcionar em pressão.

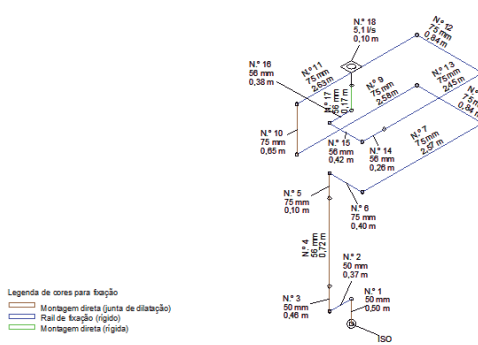
Na cobertura inseriu-se um ralo sífónico (Geberit Pluvia 12 L/s) com flange para caleira que permite o escoamento da água recolhida e encaminhá-la para a tubagem.

Para melhor visionamento e compreensão do funcionamento do sistema optou-se por uma estrutura parcial de tubagem em acrílico, que se desenvolve ao longo de 3 patamares (fig. 1a), desde o ralo sífónico até ao nível do reservatório. Para se alcançar um melhor efeito de pressão definiu-se, sectorialmente, a colocação de tubagens de diferentes diâmetros (fig. 1b).

O dispositivo *first-flush*, propositadamente desenvolvido de raiz para o presente trabalho, consiste numa forquilha dotada de duas válvulas motorizadas que permite desviar a água quer para um reservatório das primeiras águas (R2, com 750 L de capacidade), quer para o reservatório de armazenamento de água pluvial (R1, com 700 L de capacidade) (fig. 2). Comparativamente a um sistema *first-flush* tradicional, observa-se a existência do reservatório R2 e da forquilha dotada de válvulas. Estas válvulas são acionadas por predefinição da duração do ciclo de fecho/abertura, simulando assim o período de tempo necessário para a rejeição das primeiras águas. Numa situação real o ciclo de fecho/abertura pode estar associado ao pré-estabelecimento de um nível da água da chuva no interior do reservatório R2. A água acumulada no interior de R2 pode depois ser rejeitada automaticamente para a rede de drenagem de águas pluviais local.



(a)



(b)

Figura 1. Instalação experimental (a) vista global, (b) Esquema da instalação com definição dos diâmetros e comprimentos de cada troço de tubagem em acrílico (Geberit, 2014)

A bomba que eleva a água até aos chuveiros da superfície é alimentada a partir de R1. A instalação experimental funciona em circuito fechado quando se utiliza água limpa. Quando se utiliza corante, para melhor visualização do escoamento no interior das condutas, a instalação funciona em circuito aberto, sendo a água com corante que é desviada para R2 rejeitada para o esgoto do laboratório.

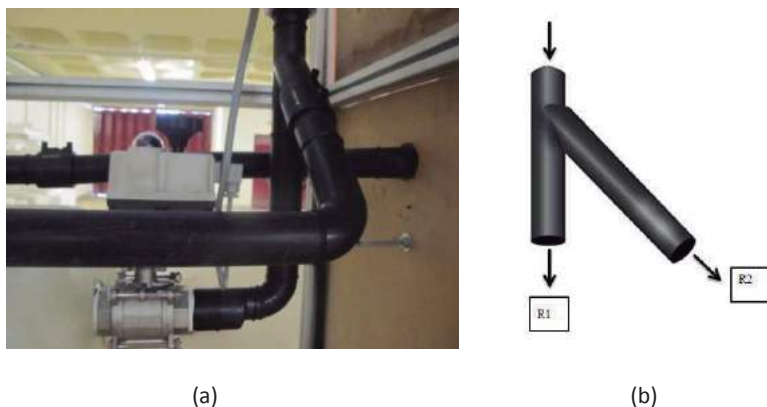


Figura 2 Forquilha dotada de válvulas motorizadas do dispositivo *first-flush* (a) vista lateral, (b) esquema com a indicação dos reservatórios a jusante

3.2 Condições experimentais

Para cumprir os objetivos do trabalho foram realizados 5 ensaios sem recurso a corante e 3 ensaios com recurso a corante. Todos eles foram repetidos 3 vezes de maneira a reduzir a incerteza experimental associada. Optou-se, em todos os ensaios, por uma mesma duração de precipitação e igual caudal, sendo que a única variável foi o período de tempo de abertura das válvulas motorizadas, ou seja, o período de efetivo funcionamento do dispositivo *first-flush*.

Para a realização das experiências em laboratório adotou-se uma duração de precipitação igual a 6 minutos, sendo o caudal debitado igual a 209.509 L/min que permitia que o sistema entrasse em funcionamento sob pressão.

Recorreu-se a ácido clorídrico, numa concentração de 0.2 mol/dm^3 para a lavagem da tubagem, de maneira a poder visualizar corretamente o escoamento no seu interior das condutas de vidro acrílico. As experiências com corante foram realizadas recorrendo a azul-de-metileno numa diluição de 2 %.

Na tabela 1 apresentam-se as condições experimentais dos 8 conjuntos de ensaios realizados.

Tabela 1. Condições experimentais

Ensaio	Sem corante	Com corante	Duração de funcionamento das válvulas min
1	X		1
2	X		2.02
3	X		2.57
4	X		4
5	X		5.06
6		X	2.50
7		X	4.13
8		X	4.55

3.3 Metodologia experimental

Descreve-se a seguir a metodologia experimental desenvolvida e adotada para a realização e bom funcionamento de todo o processo.

Inicialmente determina-se o volume de água existente no reservatório 2. De seguida, é acionado o interruptor, existente no quadro elétrico, dando início ao funcionamento das válvulas motorizadas. Desta forma abre-se a válvula 2 (a montante de R2) e fecha-se a válvula 1 (a montante de R1), de maneira a que a água inicial seja rejeitada. Após a ligação da bomba que alimenta o circuito hidráulico, segue-se um período de observação do enchimento da tubagem para determinar o instante de entrada do escoamento em pressão. Observa-se de seguida uma

quebra desta entrada em pressão e uma nova entrada em pressão, até se atingir a duração de precipitação pré-estabelecida (6 minutos). Após a segunda entrada em pressão até ao final, quantifica-se, normalmente para 3 instantes, a quantidade de água existente na cobertura. Nesta fase, as válvulas motorizadas entram em funcionamento de novo, fechando-se a válvula 2 e abrindo-se a válvula 1, de maneira a possibilitar a passagem de água para R1. Após o acionamento do sistema de fecho de todo o sistema procede-se à quantificação do volume de água existente em R2.

Quando as experiências eram efetuadas com corante, este era adicionado no centro do ralo sifónico, após a paragem das válvulas motorizadas e instantes antes do sistema entrar em pressão, com o propósito de evitar que a água tingida fosse encaminhada para R1.

A observação das experiências no local permitiu o registo dos tempos de entrada em pressão, de quebra de pressão, de reentrada em pressão e determinar alturas de água inicial e final em R2, bem como a altura de água, em momentos distintos, na cobertura.

Todas as experiências foram filmadas recorrendo a uma máquina vídeo digital, de maneira a poder recolher informação relativa ao nível da superfície livre na cobertura e do nível da água no interior do tubo 10 (fig. 1b).

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Nesta secção apresentam-se os resultados obtidos e efetua-se a sua análise.

O modelo experimental utilizado apresenta um caudal debitado de 209.509 L/min, numa área de cobertura de 1.2m². Transposta para a realidade esta área equivaleria a 149.65 m², de acordo com a ETA 0701.

Tabela 2. Precipitação inicial nas experiências sem corante

Ensaio	Período de funcionamento das válvulas	Intervalo de tempo em que a válvula 2 está totalmente aberta	Vd	P
	min	min	l	mm
1	1	0,02	2,46	0,02
2	2.02	1,00	118,70	0,79
3	2.57	1,53	282,10	1,89
4	4	2,58	496,20	3,32
5	5.06	4,05	703	4,70

Da tabela 2 conclui-se que o valor de precipitação calculado para os ensaios 2, 3, 4 e 5 está entre 0.5 e 8.5 mm, conforme definido na ETA 0701. O ensaio 1 corresponde a um intervalo de funcionamento das válvulas muito pequeno, sendo o volume desviado muito baixo, razão pela qual esta configuração foi eliminada à partida. Dentro dos valores obtidos nos conjuntos dos ensaios 2 a 5 afigura-se recomendável e aconselhável a opção pelo conjunto 2, na medida em que é aquela que apresenta maior eficiência no que se refere ao volume desviado (Vd) e armazenado.

Tabela 3. Precipitação inicial nas experiências com corante

Ensaio	Período de funcionamento das válvulas	Intervalo de tempo em que a válvula 2 está totalmente aberta	Vd	P
	min	min	l	mm
6	2.50	1,79	268,26	1,79
7	4.13	3,11	533,22	3,56
8	4.55	3,52	667,55	4,46

Por último, das experiências com corante (tabela 3) importa concluir que todos os conjuntos de ensaios se encontram dentro dos parâmetros estabelecidos pela ETA 0701. Contudo, pelos mesmos motivos referidos anteriormente, escolher-se-ia o ensaio 6.

Com o objetivo de descrever o funcionamento hidráulico do dispositivo *first-flush* analisou-se a relação entre o instante temporal e o volume desviado e armazenado ao longo do intervalo de tempo em que a válvula 2 está aberta (fig.3).

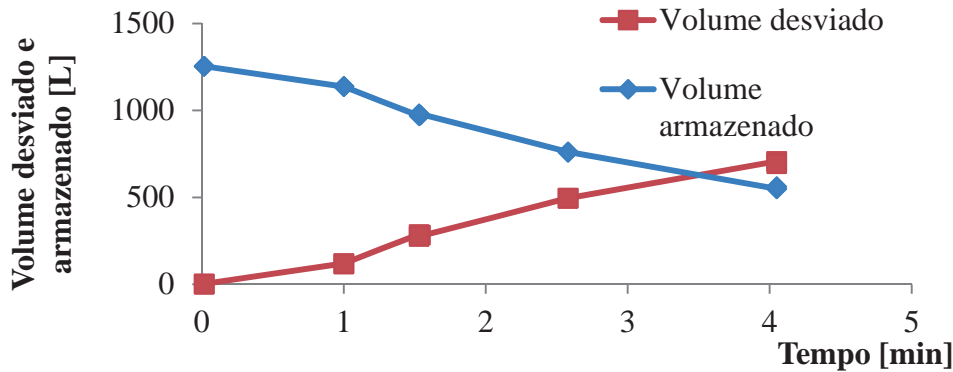


Figura 3. Variação temporal do volume desviado e armazenado, para os ensaios 1, 2, 3, 4 e 5.

Observa-se que quanto maior for o tempo de abertura da válvula 2, que é tanto maior quanto maior for o tempo de funcionamento das válvulas, maior será a quantidade de água desviada e menor será a quantidade de água armazenada. Porém, a partir do instante 2.58 de abertura da válvula 2, a diferença de volumes de água no reservatório 1 e 2 não é muito relevante, quando comparado com o período de tempo anterior. Ao instante 3.30 o volume armazenado e o volume desviado são iguais com o valor de, aproximadamente, 630 L. Abaixo do instante 2.58 há maior volume de água armazenado, acima desse tempo é maior o volume de água desviado.

Como o objetivo real é aumentar o volume de água armazenada e diminuir o volume de água desviada, desde que se cumpram os requisitos de qualidade, o tempo recomendado para utilização e eficiência do sistema obter-se-á abaixo, aproximadamente, do instante 3.30.

Para uma melhor percepção da realidade decidiu-se visionar e quantificar o nível de água na cobertura e as suas variações ao longo do tempo após a entrada do sistema em pressão. Os dados relativos a este parâmetro (altura de água na cobertura) foram retirados através de medições no local e confirmados pelas imagens vídeo através do *software* ImageJ. Apresentam-se na figura 4 os resultados relativos à experiência 2.1. Observa-se que a altura de água na cobertura varia ao longo do tempo, com uma variação máxima igual a 0.74 cm, o que corresponde a uma diferença de volume de 8.83 L. Nos instantes iniciais, após a entrada do sistema em pressão, o nível da água aumenta. De seguida, o nível de água diminui durante cerca de um minuto, observando-se posteriormente os níveis da primeira fase. Após esse instante, os níveis de água mantêm-se constantes até ao final das experiências.

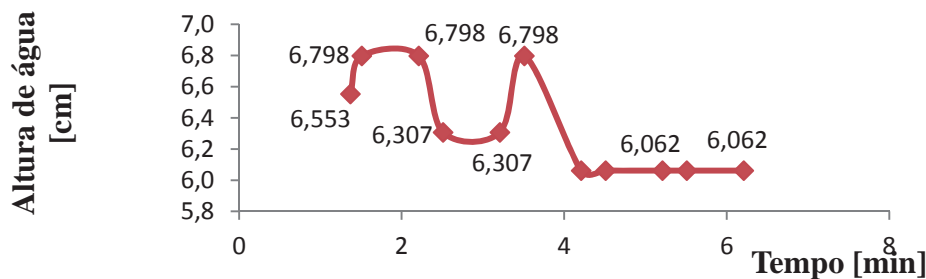


Figura 4. Variação temporal da altura de água na cobertura no caso da experiência 2.1.

Os maiores níveis de água alcançados na cobertura ocorrem no momento de entrada em pressão devido ao aumento do volume de água existente na tubagem. Tal situação deve-se à circunstância de estarmos perante um funcionamento em superfície livre, o que provoca um

aumento de energia para que dentro da tubagem o caudal escoado seja maior. Este efeito é ultrapassado no primeiro minuto após a entrada em pressão.

Os ensaios 6 a 8 permitem observar o escoamento no interior do sistema. Na figura 5 observam-se diferentes tonalidades da água no interior das condutas do sistema, evidenciando uma mistura heterogénea. As imagens vídeo permitem concluir que a água com corante não se mistura com a água limpa a montante, ou seja, não existe retorno no escoamento. Esta observação é importante pois permite concluir que a água retida no interior da tubagem não contamina a água mais limpa correspondendo a uma maior duração do evento de precipitação. Desta forma, após o sistema entrar em carga só será necessário eliminar para o R2 o volume de água correspondente aos 2 mm de precipitação inicial, de acordo com a ETA 0701.



Figura 5. Tonalidades diferentes da mistura água-corante na experiência 8.2 ao minuto 1.08.

Visionou-se e determinou-se igualmente a velocidade de escoamento ao longo da tubagem nos dois patamares existentes na estrutura (nível 1 e nível 2). Os troços 11 e 9 (figura 1b) correspondem aos níveis 1 e 2, respetivamente.

Tabela 4 – Velocidade de escoamento do conjunto de ensaios 6, 7 e 8.

Ensaio	Instante em que se deita o corante apos o início da precipitação	Nível 1	Nível 2
		m/s	m/s
6	57.30	1.32	1.29
7	55.00	1.32	1.29
8	51.70	1.32	1.29

Da observação da tabela 4 conclui-se que a velocidade de escoamento de água com corante é igual ao longo de toda a tubagem. De acordo com os dados fornecidos pela Geberit relativamente à velocidade de água necessária para que o enchimento da tubagem seja de 100%, ela terá de ser de 1.4 m/s em ambos os troços estudados, conforme se confirmou experimentalmente. Estes resultados mostram ainda que o escoamento no interior do sistema é sempre semelhante, qualquer que seja o intervalo de funcionamento das válvulas.

5 CONCLUSÕES

As sucessivas alterações climáticas, com a sucessiva ocorrência de fenómenos extremos e a nova realidade económica e social com que somos atualmente confrontados, reforçam a necessidade de fomentar a crescente aposta na utilização de um SAAP. Ganha relevância o desenvolvimento de um sistema de *first-flush* associado a um sistema de drenagem sifónica, que foi objeto de estudo experimental no presente trabalho.

Foi concebido um sistema *first-flush* constituído por uma forquilha dotada de duas válvulas motorizadas que permite desviar a água quer para um reservatório das primeiras águas, quer para o reservatório de armazenamento de água pluvial. A análise do funcionamento hidráulico deste sistema permitiu concluir que a melhor eficiência do sistema só é possível desde que o intervalo de tempo em que ocorre o desvio de água a rejeitar seja sempre inferior a 3.30

minutos. Salienta-se que os maiores níveis de água alcançados na cobertura ocorrem no momento de entrada em pressão devido ao aumento do volume de água existente na tubagem.

Por fim, e no que se reporta à visualização do escoamento, conclui-se que a sua velocidade é elevada e uniforme para tubagem de igual diâmetro. De igual modo se constatou que o movimento da água ocorre sem qualquer retorno, evitando-se assim a possível contaminação de água mais limpa correspondente a durações de precipitação superiores. Desta forma é possível concluir que o sistema *first-flush* desenvolvido permite efetivamente a rejeição das primeiras águas.

6 AGRDECIMENTOS

A. Silva e M.M.C.L. Lima agradecem ao Instituto Politécnico de Viana do Castelo, pelo acesso à torre hidráulica e possibilidade de aí realizar este trabalho. Os autores agradecem à Geberit pelas alterações introduzidas na torre hidráulica, nomeadamente a forquilha com as válvulas monitorizadas e o reservatório R2. Agradecem igualmente ao Senhor Rui Costa, representante da empresa Geberit, o seu empenho, colaboração e partilha de conhecimentos cruciais para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Comissão técnica ANQIP CTA 0701, Especificação técnica ANQIP, ETA 0701, 2009. Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP).

Geberit, M. 2011 Pour études sanitaires.

Grando, M., Zolett E., Jabur, A. 2011. Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis para habitações sociais. Synergismus científica UTFPR; v.6, nº1, Curitiba:Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.

Pereira, J.P. 2012. Sistemas prediais não tradicionais de drenagem de águas residuais pluviais: Sistemas sifónicos ou em pressão. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil (especialização em Construções), Porto:FEUP-Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Rodrigues, J. 2010. Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais - Dimensionamento e Aspetos Construtivos. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil (especialização em Hidráulica), Porto: FEUP-Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Smith, Jay R. 2008. The Fundamentals of Siphonic Roof Drainage System Design, Manufacturing Company.

TCEQ (Texas Commission on Environmental Quality). 2007. Harvesting, Storing, and Treating Rainwater for Domestic Indoor Use.

Selecting strategies for the water saving in social housing by means of an analytic hierarchy method

Léa Marina Silva

Federal Institute of Espirito Santo, Colatina, Espirito Santo, Brazil

leamarina.arg@gmail.com

Ricardo Franci Gonçalves

Federal University of Espirito Santo, Department of Environmental Engineering, Vitoria, Espirito Santo, Brazil

franci@npd.ufes.br

Luana Lavagnoli Moreira

Federal University of Espirito Santo, Department of Environmental Engineering, Vitoria, Espirito Santo, Brazil

luana_lavagnoli@hotmail.com

ABSTRACT: Currently there are several types of practices that promote water conservation in buildings. However, the most appropriate choice depends on the type of buildings and the users' profile. Thus this study investigated what action intending water conservation is the most suitable to be deployed in a social housing, the Residential Jabaete in Vila Velha (ES). The study is based on the application of Analytic Hierarchy Process method that uses multiple criteria to evaluate aspects of the constraints of the problem. The shares are valued through options are evaluated according to: use of rainwater, greywater reuse, use of dual flush toilet and use of the separated urine toilet. The best performance among the options was the use of dual flush toilet according to the criteria. Nevertheless, low performance options like reuse of greywater must be developed to allow users to take advantage of the great potential for water conservation.

Keywords: water saving, social housing, Analytic Hierarchy Process (AHP), greywater reuse.

1 INTRODUCTION

There are many types of practices that promote water conservation in buildings. One example are the actions of rational use including the use of economizers sanitary equipment, the individualized measurement of the water consumption, user awareness, detection and control losses of building systems, the establishment of inhibitory rates of waste, among others (Santos, 2002). There are also those related to the replacement of water sources which is a new alternative to meet less restrictive demands, reserving the better quality water for the noblest purposes (Miwa, 2011).

Among the options for using alternative sources of water for non-potable uses, there is the reuse of greywater, building's wastewater from sinks, showers, bathtubs, washing machines, dishwashers and sink kitchen, excluding toilets (Eriksson et al, 2002; Ottherpohl, 2001; Ottoson and Stenstrom, 2003). This effluent accounts for more than 50% of the average daily water consumption in a residence (Hafner, 2007), generating a representative amount of effluent of good quality, that after the treatment, it can serve uses that do not require the potable water.

However, the efficiency of any practical water conservation depends on the features of users, the buildings and the area where they will be deployed. Thus, this study aims to analyse the reuse of gray water compared to other actions of water conservation. The case study is the Residential Jabaete, a social housing located in Vila Velha (ES) city.

This study uses the AHP - Analytic Hierarchy Process, a method of support decision created by Thomas Saaty in 1977, which measures and summarizes a number of factors involved in decision

making. AHP is a method of multiple criteria decision support which is characterized by incorporating both quantitative and qualitative criteria, conflicting or not (Nunes, 2006).

The application of the method aims to answer the following problem: "What water conservation action is the most suitable to be deployed in the social housing the Residential Jabaete?". To answer this question, the method analyzes a series of factors relating to the context of the neighbourhood in question and the characteristics of the actions they evaluated, including the reuse of gray water.

2 MATERIALS AND METHODS

The methodology of this research is based strictly on the application of AHP method to solve the problem presented by this research, following the roadmap presented by Saaty (2008).

2.1 Defining the problem and determining the type of the knowledge searched

The starting point for the application of the method was to define the problem. The expected result was the indication of the best water conservation action to be implemented in the routine of the Residential Jabaete. According to the problem the criteria were defined to judge them.

The first criterion is the cost of operation and maintenance. It was adopted as hypothesis that homes would already be delivered with the equipment and systems required, which would be subsidized by the government, so that the cost of deployment were disregarded in applying the method. Besides, considering the public, it is known that the maintenance cost cannot be very representative in the family income.

Because of the costs, it was considered that the equipment and systems would be operated by the residents themselves avoiding expenses for service providers. Then the aspects of waste of time and the difficulty of maintenance became relevant to the choice of actions to be implemented. For this reason, two other criteria were adopted: difficulty of operation and maintenance and time for operation and maintenance.

The user acceptability was also considered a crucial factor for effective implementation of any water conservation action, so it was considered a criterion for the evaluation. The other criteria are water saving and the reduction in the production of sanitary sewer; and the health risk posed by each practice for water conservation evaluated method.

Because it is a social housing, it was necessary that the actions were consistent with the local condition that the actions could not generate high cost of installation and maintenance. Thus the actions that were chosen to be evaluated are:

- greywater reuse;
- use of rainwater;
- use dual flush toilet;
- use of the separated urine toilet.

2.2 Building the hierarchy of decision

In this step, the different levels of the method are organized in a hierarchical structure. Each alternative action to be evaluated by the method must be examined against each criterion or sub-criterion determined (Fig. 1). This analysis also takes place between sub-criteria and criteria; and between criteria and the general question of the problem.

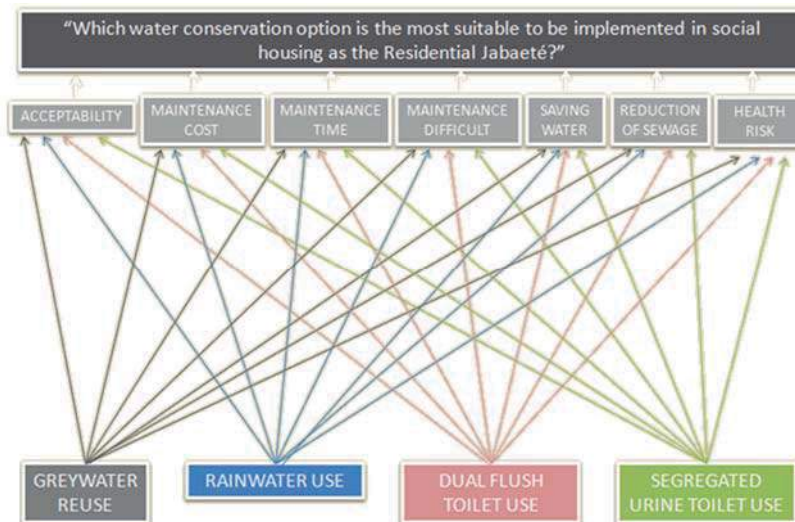


Figure 1. Hierarchical design of the AHP to the problem of this research.

2.3 Defining priorities

According to the AHP, the criteria should be arranged to define a hierarchy of importance between them in relation to the general problem. This is done subjectively, from an analysis comparing such criteria pair together, respecting the reasons to determine the order of importance.

The result of this comparison between the criteria allows for the construction of the "Priorities of Criteria Matrix" where the criteria are scored two by two according to the relevance of each criterion to the problem. The next step is the construction of "Arrays Priorities of Alternatives."

With these matrices and alternatives, it is calculated the Global Priority, which results is the ranking order among the alternatives, based on it the method indicates the most appropriate action to solve the problem presented.

2.4 Studies of the alternatives according to the criteria established

Before scoring the alternatives regarding the criteria, a search is required in order to determine the factors that justify this score. For this study, to evaluate alternative criteria as cost, time and difficulty of operation and maintenance, we researched the cost by water conservation actions as well as making an analysis in relation to the degree of difficulty maintaining of these actions. The evaluation of user's acceptability was taken through a questionnaire answered by residents of Residential Jabaete. We applied the questionnaire in 108 residences, which is the sample size from the whole population in this study considering the confidence level equals 95%. The scores of criteria water savings, reduction production sewer and health risk were based on literature.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Priorities of Criteria Matrix

The values were determined for each criterion, defined subjectively, in relation to the others according to people in this study, the type of problem and the type of evaluated alternatives. Finally, we observed the following hierarchy of importance among the criteria, with their observations:

- cost of operation and maintenance: the cost factor has great relevance for implementation of specific action of water conservation in Residential Jabaete, considering the low purchasing power of the neighbourhood's population.
- user acceptability: actions, for any reason, result in rejection or not characterize a change in habits incorporated into routine user also would entail an inefficient deployment;

- water conservation: the amount of water to be saved is also a factor, and can justify the choice of an opinion. However, it is considered that although it promotes great savings, this will only be incorporated appropriately to the context of the target audience if it meets the previous criteria;
- reduction the production of sewage: depending on the type of action, the amount of sewage produced can be reduced, which constitutes an advantage from an environmental point of view.
- difficulty of operation and maintenance: conservation actions that require a complex degree in its maintenance certainly are more likely to be rejected by the user which would incur in an inefficient implementation;
- time for operation and maintenance: the time spent doing activities can cause rejection.
- health risk: less important criterion because all alternatives considered present low risk to the user, even those that involve reuse of greywater and reuse of rainwater, since they serve only for non-potable uses.

With the matrix of priority, the relative importance of each criterion is calculated: the normalization; the value corresponds to the sum of the determined criterion divided by the total sum of all row lines. The classification is calculated with the relative importance (Table 1).

Table 1. Priorities of Criteria Matrix with standardization and classification.

Criteria	Maintenance			Acceptance	Saving Water	Reduction the sewage	Health Risk	Total Line	Relative Importance	Classification
	Cost	Time	Difficulty							
Cost of Maintenance	1.00	6.00	5.00	2.00	3.00	4.00	7.00	28.00	0.309	1
Time for Maintenance	0.17	1.00	0.50	0.20	0.25	0.33	2.00	4.45	0.049	6
Difficulty Maintenance	0.20	2.00	1.00	0.25	0.33	0.50	3.00	7.28	0.080	5
Acceptability	0.50	5.00	4.00	1.00	2.00	3.00	6.00	21.50	0.237	2
Saving Water	0.33	4.00	3.00	0.50	1.00	2.00	5.00	15.83	0.174	3
Reduction sewage	0.25	3.00	2.00	0.33	0.50	1.00	4.00	11.08	0.122	4
Health Risk	0.14	0.50	0.33	0.17	0.20	0.25	1.00	2.59	0.029	7
Total Column	2.59	21.50	15.83	4.45	7.28	11.08	28.00	90.74	1.000	1

3.2 Study of the alternatives evaluated in relation to established criteria

The tables 2-5, and 7-9 are the result of the fabrication of arrays of priorities of the alternatives against each criterion set, punctuated according to the studies conducted regarding such alternatives in relation to these criteria. The tables also show the relative importance of each alternative; the normalisation. The comparison between them provides rankings of the alternatives evaluated in relation to criteria observed in each matrix.

The first criterion, cost of operation and maintenance (Tab. 2), had a score based on literature search. Relating this to the discretion evaluated actions it was found for dual flush toilet and separated this cost is zero. But for the greywater reuse, according to Gonçalves (2012), a system

that serves a dwelling of social house, inhabited by five residents whose demand for recycled water is 50 l/inhab.day presents monthly maintenance cost of USD \$11.72 on average. This value refers to energy consumption, service life of the pumping system and equipment for chlorination of treated water. As for the storage and use of rainwater, Anecchini (2005) presents a monthly cost of USD \$3.79. The difficulty and maintenance time are hardly scalable parameters, so these criteria were subjectively scored (Tabs.3-4).

Table 2. Matrix of Priorities of the action about the criterion cost of operation and maintenance.

Cost of Maintenance	Greywater	Rainwater	Dual Flush Toilet	Separated Urine Toilet	Total Line	Relative Importance	Classification
Greywater	1.00	5.00	0.20	0.33	6.53	0.175	3º
Rainwater	0.20	1.00	0.11	0.14	1.45	0.039	4º
Dual Flush Toilet	5.00	9.00	1.00	3.00	18.00	0.482	1º
Separated Urine Toilet	3.00	7.00	0.33	1.00	11.33	0.304	2º
Total Column	9.20	22.00	1.64	4.47	37.32	1.000	

Table 3. Matrix of Priorities of the action about the criterion difficulty operation and maintenance.

Difficulty Maintenance	Greywater	Rainwater	Dual Flush Toilet	Separated Urine Toilet	Total Line	Relative Importance	Classification
Greywater	1.00	3.00	0.14	0.20	4.34	0.139	3º
Rainwater	0.33	1.00	0.14	0.20	1.68	0.053	4º
Dual Flush Toilet	5.00	7.00	1.00	3.00	16.00	0.510	1º
Separated Urine Toilet	3.00	5.00	0.33	1.00	9.33	0.298	2º
Total Column	9.33	16.00	1.62	4.40	31.35	1.000	

Table 4. Matrix of Priorities of the action about the criterion time for operation and maintenance.

Time for Maintenance	Greywater	Rainwater	Dual Flush Toilet	Separated Urine Toilet	Total Line	Relative Importance	Classification
Greywater	1.00	3.00	0.14	0.20	4.34	0.139	3º
Rainwater	0.33	1.00	0.14	0.20	1.68	0.053	4º
Dual Flush Toilet	5.00	7.00	1.00	3.00	16.00	0.510	1º
Separated Urine Toilet	3.00	5.00	0.33	1.00	9.33	0.298	2º
Total Column	9.33	16.00	1.62	4.40	31.35	1.000	

The result of the investigation about the acceptability of users, given by questionnaires showed the results presented in Figure 2.

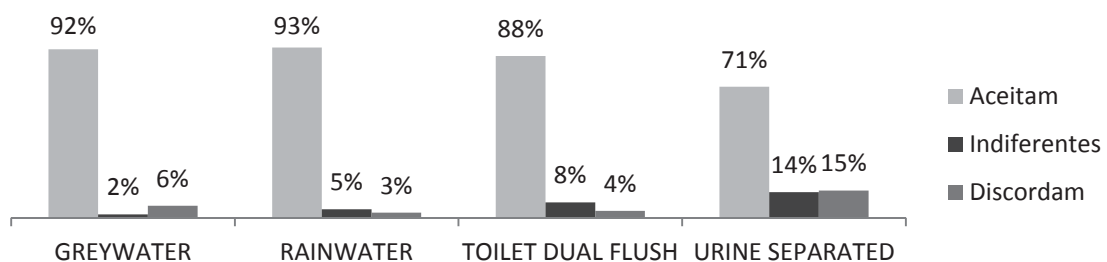


Figure 2. Graph about the acceptability of respondents to the actions of water conservation.

With these data matrix of priority actions was constructed related to the acceptability criteria

(Tab. 5). Nevertheless, it is important to note that although a brief explanation about the water conservation actions to be deemed to have been made by the method, it is possible that many respondents did not answer the questionnaire having proper knowledge to judge the actions presented which may have influenced the final result.

Table 5. Matrix of Priorities of the action about the criterion user acceptability.

Acceptability	Greywater	Rainwater	Dual Flush Toilet	Separated Urine Toilet	Total Line	Relative Importance	Classification
Greywater	1.00	0.33	3.00	7.00	11.33	0.304	2º
Rainwater	3.00	1.00	5.00	9.00	18.00	0.482	1º
Dual Flush Toilet	0.33	0.20	1.00	5.00	6.53	0.175	3º
Separated Urine Toilet	0.14	0.11	0.20	1.00	1.45	0.039	4º
Total Column	4.48	1.64	9.20	22.00	37.32	1.000	

The study of water-saving criterion was given based on literature and calculation of water consumption with the adoption of interventions evaluated by different method. Adopting 4.3 as the amount of times a person uses the toilet (Table 6), and being one of those times to excrete; considering the conventional discharge using 6.5 liters of water when thrown and knowing that the dual flush toilet offers two flush volume: 3 liters for remove urine and excretion to 6 liters; was possible to calculate water savings to be provided by each conservation action evaluated by AHP.

For the calculation, it was considered an average daily per capita consumption of 79 l/inhab.day of residents of dwellings social house; and based on this information; the results showed less 22% of water reduce consumption for greywater use, less 10% for rainwater use and dual flush toilet and 17% for separated urine toilet. Finally the matrix whose score was constructed based on the analysis of these results was constructed (Table 7).

Table 6. Frequency of use of toilet in resident per dweller (Adapted from Aguiar, 2011).

Author	Year	Location	Daily frequency of use of toilet per resident
Barreto e Medeiros	2008	SP, Brazil	4
Mierzwa et al.	2006	Brazil	4
O´Toole, Leder e Sinclair	2008	Australia	3.5
Roberts	2004	Melbourne, Australia	4.2
Vickers	2002	USA	5.1
Health Canada	2010	Canada	3
Mater et al.	2004	Tampa, USA	5.01
South West Water	2010	England	4
Wilkes et al.	2005	USA	5.2
Aguiar	2011	Vitoria, Brazil	5
Average			4.3

Table 7. Matrix of Priorities of the action about the criterion saving water.

Saving Water	Greywater	Rainwater	Dual Flush Toilet	Separated Urine Toilet	Total Line	Relative Importance	Classification
Greywater	1.00	5.00	0.14	0.20	6.34	0.154	3º
Rainwater	0.20	1.00	0.11	0.14	1.45	0.035	4º
Dual Flush Toilet	7.00	9.00	1.00	3.00	20.00	0.486	1º
Separated Urine Toilet	5.00	7.00	0.33	1.00	13.33	0.324	2º
Total Column	13.20	22.00	1.59	4.34	41.13	1.000	

The score criterion of reducing sewage is related to the calculation of water savings resulting from the adoption of certain conservation actions in domestic activities listed previously. This is because using less potable water in the removal of excreta from the toilet bowl, there is consequently a proportional reduction in the generation of sewage. However, this is not verified in the use of rain water.

The remaining actions analysed – greywater reuse, dual flush toilet use and separated urine toilet - use as a water source a portion of the resource that is obtained by the distribution company. With the adoption of these actions, it uses less water and generates less sewage. In the case of rain water the water source is not the supplier company, saving water, but the sewage generated is the same. That is, while offering the advantage of saving potable water, this practice does not reduce the amount of sewage released. Based on these observations the score for the actions of water conservation was defined based on the criterion of reduction of sewer production (Table 8).

Table 8. Matrix of Priorities of the action about the criterion reduction the production of wastewater.

Reduction Sewage	Greywater	Rainwater	Dual Flush Toilet	Separated Urine Toilet	Total Line	Relative Importance	Classification
Greywater	1.00	9.00	7.00	3.00	20.00	0.509	1º
Rainwater	0.11	1.00	0.33	0.14	1.59	0.040	4º
Dual Flush Toilet	0.14	3.00	1.00	0.20	4.34	0.111	3º
Separated Urine Toilet	0.33	7.00	5.00	1.00	13.33	0.340	2º
Total Column	1.59	20.00	13.33	4.34	39.26	1.000	

Besides the disadvantage due to sewage production, the current water charging is based on the amount of water supplied and the proportional amount of wastewater collected. In this case, the practice of harnessing rainwater would generate conflict in the current billing system, requiring a change in the type of charging for this service by wastewater treatment companies. Therefore, the use of rainwater in relation to other actions evaluated certainly present financial disadvantage.

The health risk criterion was also considered using literature. For the use of dual flush device Aguiar (2011) states that the health risk of this type of action does not alter the quality of water.

Comparing the microbiological water quality of the water seal of a toilet supplied using recycled water and drinking water, it was observed that the water from the water seal supplied with drinking water was more contaminated than the water seal supplied with recycled water (Vaz 2009).

For the greywater reuse Lobato (2005) acknowledges that it is not possible to guarantee complete safety intreated greywater use. The same author states that the quality of rainwater is superior greywater. However, the author recognizes that water reuse presents an acceptable degree of risk for your use in washes floors and garden watering.

In the case of separated basin, although some pathogens can be excreted in urine, faecal cross-contamination that may occur by incorrect disposal of excretion in the urine compartment (Schönning et al., 2002) is the most significant risks to health by adopting the use of this equipment sanitary system (Höglund et al. 2002). However, as there is no urine handling, once it is disposed directly in sewage in such a way that contamination risk is not very relevant. Thus, for use in segregating bowl it was admitted a certain degree of risk, smaller than reusing greywater and use of rainwater. Table 9 represents the array of actions scored based on the above data quoted from literature.

Table 9. Matrix of Priorities of the action about the criterion health risk.

Health Risk	Greywater	Rainwater	Dual Flush Toilet	Separated Urine Toilet	Total Line	Relative Importance	Classification
Greywater	1.00	0.33	0.14	0.20	1.68	0.053	4º
Rainwater	3.00	1.00	0.20	0.33	4.53	0.144	3º
Dual Flush Toilet	7.00	5.00	1.00	3.00	16.00	0.507	1º
Separated Urine Toilet	5.00	3.00	0.33	1.00	9.33	0.296	2º
Total Column	16.00	9.33	1.68	4.53	31.54	1.000	

3.3 Verification of the degree of inconsistency of judgments made (λ_{\max})

To check whether the judgments are consistent an auxiliary matrix called matrix A was constructed. Each column of this matrix is given by multiplying each element of a column of Matrix Priorities Criteria (Tab. 1) by the relative importance of the criteria in this same table. This process was done for all criteria.

The vector Priorities (P) and the Auxiliary Vector (P aux) are obtained from matrix A. The first one is obtained by adding the elements of each row of the matrix A. The resulting values are divided by the value of the relative importance of each criterion associated with this line, these relatives importance were obtained in Table 1. Constituting, then, the elements of the vector P aux. All these elements, shown in Table 10, are used to calculate the maximum eigenvalue.

The maximum eigenvalue (λ_{\max}) is obtained by simple arithmetic average of the vector P aux. The closer the number is λ_{\max} criteria (n) the greater the consistency of the method. The value obtained in this study was 7.279 (Table 10), which is a good degree of consistency considering the number of criteria equal to 7.

 Table 10. Matrix A – Calculation of λ_{\max} .

Calculation of λ_{\max} - Matrix A							Vector P	P aux
0.309	0.294	0.401	0.474	0.523	0.489	0.200	2.690	8.718
0.051	0.049	0.040	0.047	0.044	0.041	0.057	0.329	6.718
0.062	0.098	0.080	0.059	0.058	0.061	0.086	0.504	6.282
0.154	0.245	0.321	0.237	0.349	0.366	0.171	1.844	7.784
0.103	0.196	0.241	0.118	0.174	0.244	0.143	1.220	6.991
0.077	0.147	0.161	0.079	0.087	0.122	0.114	0.787	6.447
0.044	0.025	0.027	0.039	0.035	0.031	0.029	0.229	8.009
Maximal eigenvalue λ_{\max}								7.279

3.4 Calculating the Consistency Index (CI) and Consistency Ratio (CR)

The calculation of the Consistency Index is given by Equation 1.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

Where: λ_{\max} = largest eigenvalue of the matrix; n = matrix order.

Applying the values obtained in this study, an index of consistency 0.046 was obtained.

Finally, the Consistency Ratio is analysed, which is intended to indicate the consistency of ratings in pairs and is calculated by the formula $CR = CI/IA$; being the value RI (Random Index) is obtained by Table 11.

The lower the CR the greater the consistency is. And, according to Saaty (Trevizano et al, 2005), if $CR < 0.1$ (10%) the judgements are considered consistent.

Table 11. Table of Radom Indexes.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.59

Note: Saaty cited Nunes (2006).

Applying the formula considering the RI of a matrix of order 7, a value for the consistency ratio equal to 0.035 it was obtained. Since the value is less than 0.1, it is clear that the judgments made by the AHP method are consistent, according to Saaty (Trevizano et al, 2005).

3.5 Calculation of global priority (GP)

The calculation of the GP of each alternative evaluated is given by the sum of the products of the relative importance of this alternative on each criterion by the relative importance of the criteria. From the GP's values, an overall ranking of the alternatives was made, and the highest value indicates the best alternative found by the method. In this study, the best action of water conservation suggested by the method for Residential Jabaete was the use of dual flush toilet (Tab. 12).

Table 12. Global priorities and their classification.

Alternatives	PG	Classification
Greywater Reuse	0.235	3
Rainwater Use	0.148	4
Dual Flush Toilet	0.369	1
Separated Urine Toilet Use	0.248	2

4 CONCLUSIONS

- The AHP method application indicated the dual flush toilet use for removal excretion and urine as the most appropriate action for water conservation in the context of Social Housing Residential Jabaete, evaluated against other alternatives;
- The use of separated urine toilet was the second best option, but with a rating very close to the third option, the greywater reuse;
- The separated urine toilet was less accepted by interviewers, probably because it is a practice not widespread in the country and its equipment was virtually unknown where the research was conducted;
- In last option was the rainwater use, mainly because it does not offer a reduction in production of sewage;
- The choice of dual flush toilet was predicted. This action does not require maintenance, it does not incur in problems with acceptability or increased health risk. It also ensures the reduction of the generation of wastewater and consumption savings, even if such an economy is less than the other actions. However, the other alternatives presented low scores because they show more negative aspects in other criteria;
- The result of applying the method was not favourable to the practice of greywater reuse and rainwater use. One of the reasons is the low price charged for water use, making this alternative less feasible in an economic point of view. Franci Gonçalves (2012) argue that the implementation of a reuse system in Social Housing similar to those studied here will only viable with the elimination of the social cost applied to sanitation, which is undoubtedly impractical at this time. Considering a scenario where water prices are not that low, certainly the actions using alternative water sources would be more explored.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to acknowledge Residential Jabaete dwellers for help with the research. Financial support from Funding for Studies and Projects (FINEP) and Federal University of Espirito Santo is also acknowledged.

REFERENCES

Aguiar, K. 2011. Comparison of potential water conservation with greywater reuse and collecting the separated human urine in a multifamily residential building. Master's Degree Thesis. Vitória: Federal University of Espirito Santo.

Anecchini, K. 2005. Rainwater use for non-potable purposes in Vitoria city (ES). Master's Degree Thesis. Vitória: Federal University of Espirito Santo.

Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. and Ledin, A. 2002. Characteristics of grey wastewater. *Urban water*, 4(1), : 85--104.

Gonçalves, T. and Gonçalves, R. 2012. Greywater reuse in buildings: a technological solution still economically unfeasible for social housing. In: Latin American Conference on Sustainable Sanitation. Vitoria.

Hafner, V. 2007. Conservation and water reuse in buildings - national and international experiences. Master's Degree Thesis. Rio de Janeiro: Federal University of Rio de Janeiro.

Höglund, C., Stenström, T. A. and Ashbolt, N. 2002. Microbial risk assessment of source separated urine used in agriculture. In *Waste Management & Research* 20(2): 150-161.

Lobato, M. 2005. Hierarchy System of water conservation options in buildings using ELECTRE III method. Master's degree Thesis. Curitiba: Federal University of Paraná.

Miwa, F. P. 2011. Analysis of the problem with greywater reuse in residential buildings. Undergraduate. Federal Porto Alegre: University of Rio Grande do Sul.

Nunes, L. F. J. 2006. Decision making with multiple criteria: research on AHP method in small companies. Master's Degree Thesis. Tabaté: Federal University of Taubaté.

Ottherpohl, R. 2001. Black, brown, yellow, grey – the new colours of sanitation. In *Water* 21: 37-41.

Ottoson, J.; T. A. 2003. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. In *Water research*, 37(3), : 645--655.

Saaty, T. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), : 83--98.

Santos, D. 2002. Building systems and the environmental sustainability promotion. In *Ambiente Construído*, 2(4), :7--18.

Schönning, C., Leeming, R. and Stenström, T.A. 2002. Faecal contamination of source-separated human urine based on the content of faecal sterols. In *Water Research*, 36(8): 1965--1972.

Trevizano W. A.; Freitas, A. L. P. 2005. Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to select processors. In: National Meeting of Production Engineering. Porto Alegre: ENEGEP.

Vaz, L. O. 2009. Evaluating the microbiological risk involved in the greywater reuse in a high standard of residential building. Master's Degree Thesis. Vitória: Federal University of Espirito Santo.

Avaliação das condições ótimas de viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão

Thiago Keller Franci

Universidade Federal do Espírito Santo · Departamento de Administração – CCJE, Vitória, Espírito Santo, Brasil.
thiago@fluxoambiental.com.br

Ricardo Franci Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo · Departamento de Engenharia Ambiental – CT, Vitória, Espírito Santo, Brasil.
franci@fluir.eng.br

ABSTRACT: This study aimed to analyze the sustainability of a system for reusing gray-water in a multifamily residential building of high standard, seeking to delimit the conditions for economic viability. The study was developed based on a building located in an upscale neighborhood of upper middle class in Vitória, Espírito Santo, Brazil. Monitoring of water consumption and energy was performed, as well as the production of different wastewater building, from July 2010 to January 2011, through daily reading water meters installed in the building, and individual energy meters the apartments and the general edification. The results indicate that the impact of reuse in reducing potable water consumption of the building was estimated at 11.3%, and the reduction of the average daily flow of sewage was valued at 13.19%. These values were low, and so the system is deemed to be economically viable, they must reach higher percentages of 25% reduction to the total consumption of potable water of the building.

Keywords: Grey-water, water recycling, treatment, multifamily buildings of high standard, economic viability.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo analisar a sustentabilidade de um sistema de reúso de água cinza em um empreendimento residencial multifamiliar de alto padrão, buscando delimitar as condições para a viabilidade econômica. O estudo foi desenvolvido com base em um edifício de alto padrão localizado em um bairro de classe média alta em Vitória, Espírito Santo. Foi realizado o monitoramento dos consumos de água e de energia, bem como da produção de diferentes águas residuárias do edifício, no período de julho de 2010 a janeiro de 2011, através de leituras diárias dos hidrômetros instalados no edifício, e dos medidores de energia individuais dos apartamentos e geral da edificação. Os resultados indicam que o impacto do reúso na redução do consumo de água potável do edifício que foi avaliada em 11,3%, e a redução da vazão média diária de esgoto foi avaliada em 13,19%. Esses valores foram considerados baixos e, para que o sistema seja considerado economicamente viável, eles devem atingir percentuais de redução superiores a 25% to total de consumo de água potável do edifício.

Palavras-chave: Águas cinzas, reaproveitamento de água, tratamento de água, edificações multifamiliares de alto padrão, viabilidade econômica.

1. INTRODUÇÃO

O reúso de águas cinzas é uma solução comprovadamente eficiente para conservar a água potável em edificações de qualquer natureza, tendo como efeito colateral de significativa importância a redução proporcional na produção de esgoto sanitário. Estudos realizados em diversos países dão conta de que o potencial de conservação de água potável pode situar-se na faixa de

15 a 35% na grande maioria dos casos referentes a edifícios residenciais multifamiliares (Gonçalves, 2006). No caso de edificações corporativas, esta faixa de valores varia de 25 a 45%, dependendo das características físicas e funcionais de cada edificação.

Agostini (2009) analisou a viabilidade econômica de um sistema de reúso de águas cinza de um edifício residencial de alto padrão localizado na Praia do Canto, Vitória/ES. Os resultados da pesquisa indicaram uma substituição de água potável por água de reúso de 24%, o que resultaria na recuperação do investimento em 12 anos. Os indicadores utilizados para a análise foram: payback simples e descontado, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, e Custo- Benefício. Mota et. al. (2006) em sua pesquisa avaliaram a viabilidade econômica de reutilização de água de chuveiros em vasos sanitários de residências. O indicador utilizado foi o payback descontado, e as conclusões foram que para consumos abaixo de 25m³/dia torna-se inviável economicamente o reúso d'água. Para valores superiores de consumo de água de reúso, dependendo do consumo residencial, pode se ter retorno em até 12 meses.

Ywashima (2005) desenvolveu uma avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo. Por se tratar de escolas e nos períodos de férias o consumo de água ser reduzido a praticamente zero, a autora utilizou cenários para uma melhor avaliação. Os indicadores utilizados na pesquisa foram: payback descontado, Valor Presente Líquido, Valor Presente Líquido Unitário, Taxa Interna de Retorno, e Custo- Benefício. Ainda de acordo com o autor, é altamente recomendável o emprego do payback descontado (período de amortização dinâmico) para a avaliação econômica de investimentos realizados na implementação do programa de uso racional da água.

Paes (2008) desenvolveu uma análise de viabilidade econômico-financeira comparativa da implantação do sistema de reúso de água em uma residência previamente planejada com outra já construída, exigindo adaptação no sistema hidráulico. Os resultados da pesquisa mostram que nas residências em que precisam ser feitas todas as adaptações no sistema hidrossanitário para utilização do reúso, tem-se o valor da obra aumentado em 18,4% comparado a uma residência já projetada para utilização de água de reúso. Os resultados quanto ao tempo de amortização do investimento dependem da quantidade de água consumida mensalmente nas residências. Os indicadores utilizados foram custo-benefício e payback descontado. Rillo (2006) em sua pesquisa elaborou um projeto de implantação de sistemas de reúso de água nas indústrias da construção civil. Ele realizou um levantamento dos custos e concluiu que esse tipo de investimento é válido e necessário para o uso racional e eficiente da água. Para a avaliação da viabilidade do investimento utilizou o indicador payback descontado.

Zhang (2009) elaborou uma análise de viabilidade para utilização de sistemas de reúso de água e aproveitamento de águas pluviais levando em consideração não apenas questões econômicas e financeiras, mas também sociais e ambientais, apoiando-se no conceito do "tripé da sustentabilidade" (triple-bottom-line). O autor elaborou um cenário hipotético onde seria implantado um sistema de reúso de água cinzas (Greywater System) no edifício Galbraith, onde fica situado o Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Toronto. Utilizando dados reais de consumo de água potável do edifício no ano de 2008, a pesquisa aponta que a capacidade de demanda de água de reúso para utilização nas descargas sanitárias é de 27% do total de água potável utilizada no edifício anualmente. Os resultados da pesquisa demonstram que somados os benefícios diretos (economia gerada advinda da menor utilização de água potável e geração de esgoto) e indiretos (economia anual em infraestrutura dos sistemas de coleta e distribuição de água e esgoto, por exemplo) o valor anual de economia para o edifício pode chegar a \$14.810,00, e o payback do investimento seria em 10 anos.

Desenvolvendo cenários, e utilizando algumas das mesmas ferramentas e indicadores que os autores citados, verificou-se se um sistema de reúso de água cinza em um empreendimento residencial multifamiliar de alto padrão é viável economicamente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no edifício residencial Luiz Nogueira, localizado na Rua Moacyr Avidos, na cidade de Vitória (ES) - Brasil, em bairro de classe média alta, ocupado por uma população média de 70 habitantes. O edifício possui 19 pavimentos distribuídos em 1 Subsolo, 1 Pavimento térreo, 1 Pavimento pilotis e 17 Apartamentos, totalizando uma área construída de 5.543,5 m². No subsolo estão localizados a estação de tratamento de águas cinza (ETAC), o reservatório inferior de água potável (RIAP) e o reservatório inferior de água de reúso (RIAR), com área permeável de 66,4 m² e garagem. Foi realizado um monitoramento dos consumos de água e de energia, bem como da produção de diferentes águas residuárias do edifício, no período de julho de 2010 a janeiro de 2011, através de leituras diárias dos diversos hidrômetros instalados no edifício, e dos medidores de energia individuais dos apartamentos e geral da edificação.

De posse dos dados coletados no monitoramento, foi elaborado um estudo da viabilidade econômica do sistema de reúso desse edifício. Essa análise foi segmentada em três etapas, sendo que na primeira foram detalhados o investimento inicial e os custos mensais gerados pela aquisição da ETAC. Na segunda etapa, foi elaborado o fluxo de caixa mensal gerado pelo investimento. A partir dos dados levantados no monitoramento diário da água e energia do edifício, determinou-se a quantidade de água potável que foi substituída por água de reúso, e consequentemente, a economia financeira do condomínio neste período. Na terceira etapa foram realizados cenários para propor soluções de otimização do sistema e tornar o investimento mais lucrativo para o condomínio, utilizando alguns indicadores de viabilidade econômica, como o Payback descontado, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Primeiramente, avaliou-se o período de retorno do investimento do cenário real (percentuais encontrados no sistema de reúso de água deste trabalho), em seguida foram desenvolvidos outros quatro cenários modificando algumas variáveis como: percentual de substituição de água potável por água de reúso, valor do hidrossanitário e ETAC, energia, Taxa Mínima de Atratividade e tarifas de água e esgoto.

Tabela 1: Cenários e as variáveis modificadas.

	Variáveis Modificadas
Cenário Real	Dados reais aplicados no ano de 2014
Cenário 1	Redução do valor de investimento
Cenário 2	Alteração do percentual de água de reúso produzida, consumo de energia e da Taxa Mínima de Atratividade.
Cenário 3	Alteração do valor das tarifas de água e esgoto

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No período avaliado, o sistema de reúso de águas cinza do Ed. Luiz Nogueira, da maneira como vêm sendo utilizado e operado, contribuiu para uma substituição de 11,3% de água potável por água de reúso, e uma diminuição de 13,19% da produção de esgoto (Figura 1). Para a análise de viabilidade econômica do sistema de reúso foi realizado o levantamento do investimento inicial, que de acordo com o Condomínio foi de R\$80.000,00, sendo que R\$55.000,00 correspondem à ETAC (incluindo instalação), e as modificações realizadas no sistema hidrossanitário do edifício que correspondem ao valor de R\$25.000,00. Também foi realizado o levantamento dos custos mensais do condomínio gerados pelo sistema, que totalizam R\$895,00. Esse valor corresponde a soma das despesas de: energia (R\$390,00), serviço de operação e manutenção do sistema (R\$375,00) e análises laboratoriais (R\$130,00). O resumo dos valores se encontra na tabela 2.

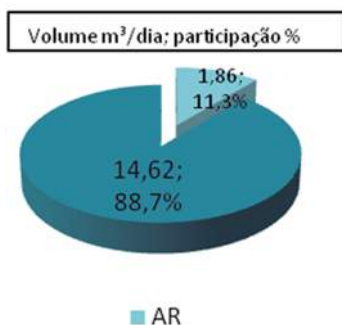


Figura 1. Distribuição do consumo de Água de Reúso e Água Potável.

Tabela 2. Custo de Implantação e custos mensais ETAC

Custos de implantação (R\$):	Valor:
Instalação ETAC	R\$ 71.882,80
Total	R\$ 71.882,80
Custos Mensais (R\$):	Valor:
Energia	R\$ 390,00
Operação/Manutenção	R\$ 500,00
Análise Laboratorial (trimestral)	R\$ 150,00
Total	R1.040,00

Considerando os valores das tarifas apresentados pela concessionária local (CESAN) apresentados na figura 2, é possível verificar que o sistema tem gerado uma economia mensal para o condomínio de R\$420,17 (tabela 3). Fica claro que nas atuais circunstâncias o investimento não está sendo amortizado, já que as despesas ficaram maiores que as receitas e, portanto, os fluxos de caixa mensais apresentaram sempre resultados negativos.

SISTEMAS E CATEGORIAS	FORNECIMENTO DE ÁGUA (R\$/M3)			SERVIÇO DE ESGOTO (R\$/M3)					
	Faixas de Consumo			Tratado			Não Tratado		
	0 - 15	16 - 30	> 30	0 - 15	16 - 30	> 30	0 - 15	16 - 30	> 30
GDE. VITÓRIA-GUARAPARI-ANCHIETA-PIUMA									
RESIDENCIAL									
PADRÃO SUPERIOR	2,16	4,07	4,27	1,64	3,10	3,26	0,70	0,97	0,97

Figura 2. Tarifas de água e esgoto CESAN. Fonte CESAN 2011.

Tabela 3. Fluxo de caixa mensal

Receitas mensais (R\$):	R\$ 420,17
Despesas mensais (R\$):	R\$ 895,00
Resultado (R\$):	R\$ - 474,83

Seguindo o objetivo deste estudo, alguns cenários foram elaborados para tornar possível a avaliação e sugestão de melhorias no sistema, de modo que o investimento passe a ser interessantes, sob a perspectiva financeira, para o condomínio. Sendo assim, no primeiro cenário foi alterado o percentual de substituição de água potável por água de reúso para 24%, o que corresponde a utilização de 3,962 metros cúbicos de água de reúso por dia. Concomitantemente, sugeriram-se algumas melhorias na utilização de equipamentos que utilizam energia elétrica e compõem o sistema, de modo a diminuir o gasto energético mensal para R\$ 115,00. A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) utilizada é de 10% ao ano. Dessa maneira o fluxo de caixa passa a ser positivo em R\$ 272,30. O retorno ainda é considerado pequeno, entretanto ao menos é positivo. A figura 3 demonstra como seria o Payback descontado para um período de 20 anos nas condições apresentadas:

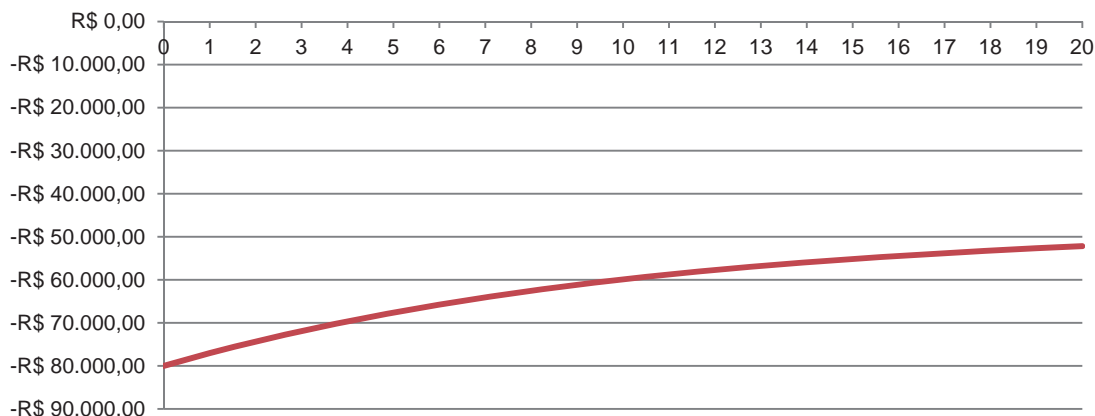


Figura 3. Payback cenário 1

O segundo cenário propõe que além das alterações das receitas e despesas mensais, e do aumento do percentual de utilização de água de reúso, que seja alterado o valor do investimento passando para R\$ 55.000,00 (melhoria da tecnologia ou das técnicas de produção), e que fosse alterado o percentual utilizado na Taxa Mínima de Atratividade para cálculo do Payback descontado e Valor Presente Líquido (VPL) de 10% para 7,5% ao ano. O resultado indica que o Fluxo de Caixa se mantém positivo, com significativo aumento, entretanto o investimento não é amortizado no período de 20 anos conforme apresentado na figura 4.

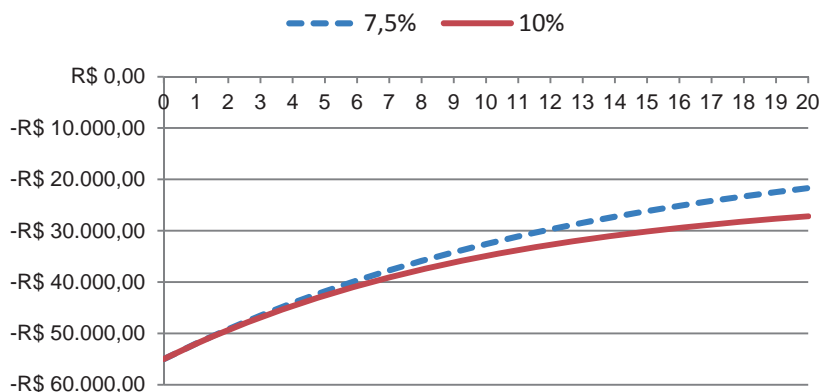


Figura 4. Payback cenário 2

No terceiro cenário foi proposto que nos cálculos da economia financeira gerada pela Estação de Tratamento de Águas Cinza (ETAC) fossem utilizadas as tarifas de água e esgoto cobradas em outras cidades e países do mundo no mesmo período de avaliação, para que fossem feitas comparações. Neste cenário foram utilizadas as tarifas de cobrança de água e esgoto praticadas nas outras cidades do sudeste do Brasil, e, em um segundo momento, as tarifas praticadas em algumas cidades da Europa. Para as maiores tarifas de água potável praticadas no sudeste do Brasil (cidades do Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP)), o retorno do investimento ocorrerá entre 6,5 e 8,5 anos, conforme apresentado na figura 5.

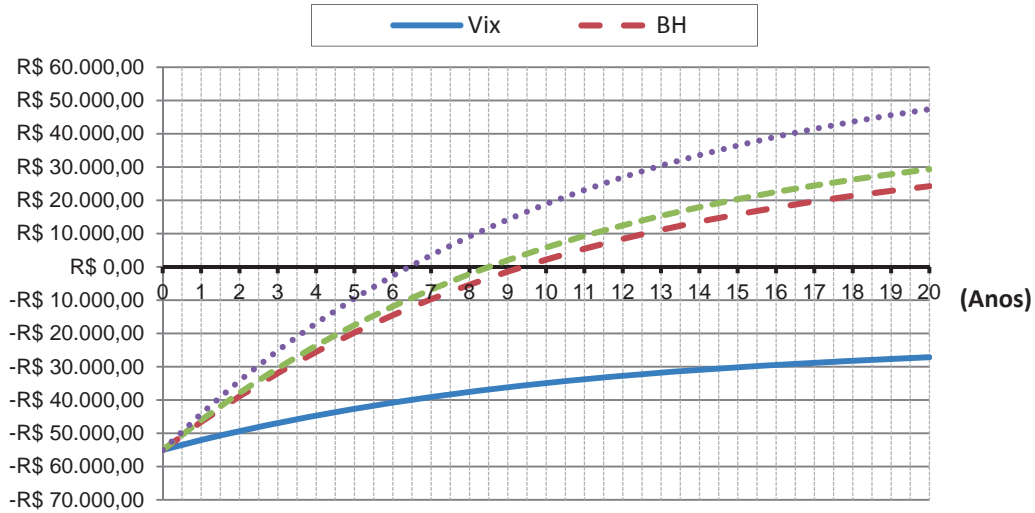


Figura 5 – Influência do valor das tarifas de água e de esgoto de diversas cidades da Região Sudeste do Brasil na amortização do investimento

No último e 4º cenário foi proposto que o sistema de reuso do edifício Luiz Nogueira atue nas condições ideais para que o investimento seja amortizado no menor tempo possível. Foram reunidas as modificações das variáveis propostas nos cenários anteriores para desenvolver uma situação onde esse tipo de estação se torne um investimento altamente vantajoso, tanto pelo lado sustentável quanto financeiramente. Também foi proposto nesta simulação uma nova redução do valor de investimento, passando para R\$38.500,00 Neste cenário, em aproximadamente 2 anos a ETAC gera retorno suficiente para amortizar o investimento, e, após um período de 10 anos, terá gerado uma receita de R\$ 90.623,34 reais. O resumo das condições utilizadas para cálculo do Payback deste cenário é apresentado na tabela 4.

Tabela 4.

Tarifas (R\$/m³)	Percentual de Subst.	Economia Mensal (R\$)	Economia Anual (R\$)	Despesas Mensais (R\$)	Despesas Anuais (R\$)	Valor ETAC (R\$)
20,01 (Copenhagen – Dinamarca)	24% (3,95m³/dia)	2.371,20	28.454,20	620,00	7.440,00	38.500,00

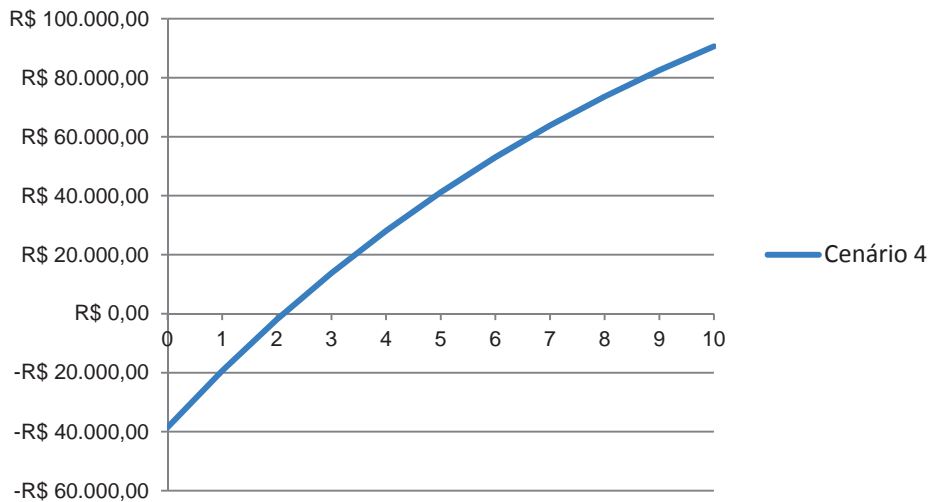


Figura 6. Evolução do fluxo de caixa acumulado do cenário 4.

Para uma melhor comparação, foi elaborado um gráfico (figura 6) demonstrando os resultados de todos os cenários.

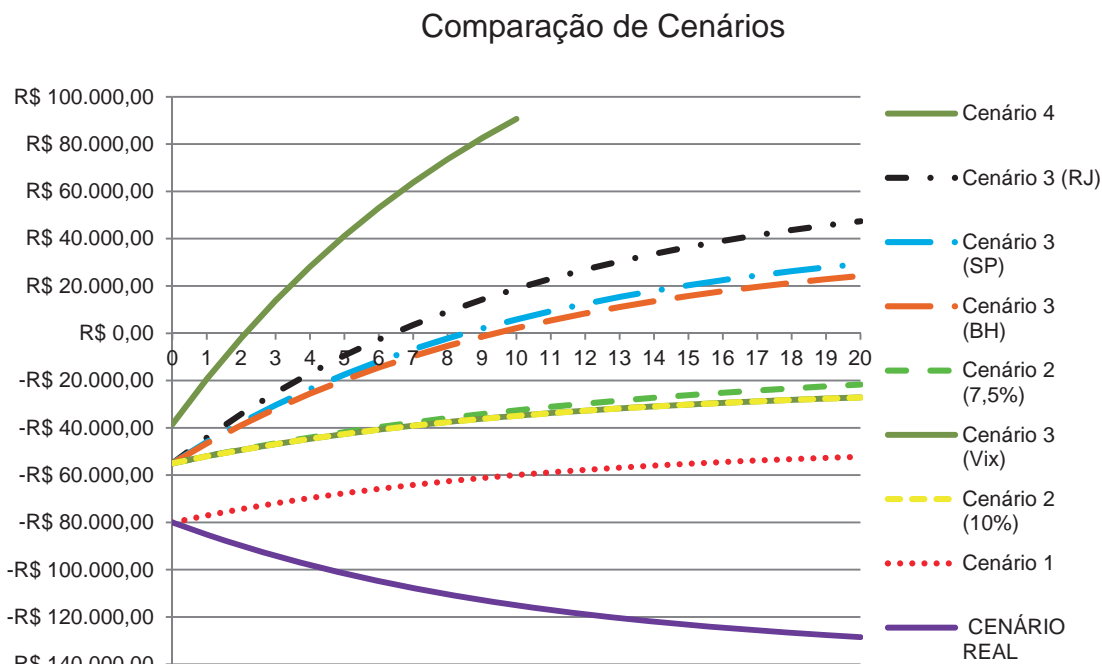


Figura 6 – Comparação entre cenários.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo permite primeiramente que se conclua que a ETAC foi superdimensionada, já que o consumo médio diário total de água do condomínio (consumo de água potável e reúso) é de aproximadamente 16 metros cúbicos, e a estação tem capacidade para geração de 15 metros cúbicos diários de água de reúso. Isso significa que a ETAC tem capacidade de tratar praticamente a mesma quantidade de água total (AT) que o condomínio consome, no entanto sabe-se que isso não é possível já que boa parte da água potável é utilizada nas bacias sanitárias e pias de cozinha, que faz com que não possa ser reaproveitada. Uma estação com vazão menor geraria menores custos para o condomínio, tornando o retorno do investimento mais rápido.

Os cenários possibilitaram uma série de reflexões a respeito dos sistemas de reúso como um todo. Em primeiro lugar, para demonstrar ao cliente que um sistema de reúso gera uma economia e, portanto, o investimento se paga ao longo do tempo, as empresas que fornecem esse tipo de produto deverão encontrar maneiras de tornar os preços mais acessíveis, de modo que se torne parte indispensável das edificações brasileiras. Além disso, é fundamental que as empresas fornecedoras desse tipo de produto estejam sempre aprimorando a tecnologia, utilizando equipamentos modernos com baixo consumo de energia e que requisitem pouco serviço de operação e manutenção. Isso diminuirá o valor das despesas mensais das edificações com as ETAC. Entretanto, de todas as variáveis alteradas nos cenários, a que teve impacto mais significativo para o tempo de retorno do investimento foi a tarifa de água e esgoto cobrada pelas concessionárias, que quando elevadas tornam esse tipo de investimento extremamente viáveis. É papel dos governos e concessionárias tornar a água um elemento mais “caro”, de modo que o desperdício diminua e seja mais valorizada, já que é um recurso finito. Com o aumento das tarifas, a economia gerada pelas edificações se elevaria exponencialmente, gerando retornos rápidos para o cliente e preservando os recursos hídricos do planeta.

REFERÊNCIAS

Agostini, Rodolfo Santos. *Avaliação do desempenho e da viabilidade econômica de um sistema de reuso de água cinza em edifício residencial de alto padrão*. 2009. 69 f. Trabalho Final de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009. (Orientador: Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves).

Gonçalves, Ricardo Franci (COORD.), *Uso Racional da Água em Edificações*, RJ, ABES, 2006.

Mota, Marcos B. Rezende; Manzanares, Marina Dastre; Silva, Rafael A. Lima. *Viabilidade de reutilização de água para vasos sanitários*. Projeto de Graduação, 2006.

Paes, Rafael Pedrollo de. *Avaliação da viabilidade de reuso de água residencial e as reações comportamentais dos usuários*. Monografia, Cuiabá, 2008.

Ywashima, Laís Aparecida. *Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo*. Dissertação de Mestrado, Campinas, 2005.

Zhang, Yue. *Sustainability Oriented Feasibility Model for Construction Decision Making: Water Recycling Cases in Buildings*. A thesis of Masters degree of Applied Science - Civil Engineering, University of Toronto, 2009.

Wood Waste Generation of Wooden-Houses Manufacturers in the Brazilian State of Santa Catarina

Victor Almeida De Araujo

University of São Paulo, Luiz de Queiroz College of Agriculture, Department of Forest Sciences, Piracicaba, SP, Brazil
Research Group in Development of Lignocellulosic Products LIGNO, Itapeva, SP, Brazil

engim.victor@yahoo.de / victor@usp.br

José Nivaldo Garcia

University of São Paulo, Luiz de Queiroz College of Agriculture, Department of Forest Sciences, Piracicaba, SP, Brazil

jngarcia@usp.br

Maristela Gava

São Paulo State University Júlio de Mesquita Filho, Department of Wood Industrial Engineering, Itapeva, SP, Brazil
Research Group in Development of Lignocellulosic Products LIGNO, Itapeva, SP, Brazil

mgava@itapeva.unesp.br

Juliana Cortez-Barbosa

São Paulo State University Júlio de Mesquita Filho, Department of Wood Industrial Engineering, Itapeva, SP, Brazil
Research Group in Development of Lignocellulosic Products LIGNO, Itapeva, SP, Brazil

jucortez@itapeva.unesp.br

Antonio Francisco Savi

São Paulo State University Júlio de Mesquita Filho, Department of Wood Industrial Engineering, Itapeva, SP, Brazil
Research Group in Development of Lignocellulosic Products LIGNO, Itapeva, SP, Brazil

savi@itapeva.unesp.br

Elen Aparecida Martines Morales

São Paulo State University Júlio de Mesquita Filho, Department of Wood Industrial Engineering, Itapeva, SP, Brazil
Research Group in Development of Lignocellulosic Products LIGNO, Itapeva, SP, Brazil

elen@itapeva.unesp.br

Juliano Souza Vasconcelos

Faculty of Social and Agricultural Sciences of Itapeva, Department of Civil Engineering, Itapeva, SP, Brazil
Research Group in Development of Lignocellulosic Products LIGNO, Itapeva, SP, Brazil

julianojsv@yahoo.com.br

ABSTRACT: The timber production chain in Brazil still suffers with several difficulties related to the waste management. Most sectors within this timber chain never account or classify their waste. It is a chronic problem present in all of Brazilian States, whereas the local Governments never stimulated industrial clusters with assertive policies to mitigate this problem. Through this latent demand, the present paper aims to develop a research focused on a survey about the wood waste generated by the manufacturers of wooden housing in the Brazilian State of Santa Catarina. This work contained a survey formed by three important questions to evaluate the waste management by these timber industries specific for construction. In the end of this data mining, it was verified that these industries do not reuse their wood waste, as well as these companies do not evaluate or classify these generated wastes, according to the size, class or volume. This survey showed that these timber industries do not have any plans to reduce this environmental liability, and also the local Government urgently needs to create newer public policies to stimulate these industries. Furthermore, despite of the proliferation of human managed forests, the industries still use native woods in most of these wooden houses.

Keywords: Wooden housing, timber industry, lignocellulosic waste, wood.

RESUMO: A cadeia produtiva madeireira no Brasil ainda sofre com muitas dificuldades relacionadas com a gestão de seus resíduos. Muitos setores dentro dessa cadeia da madeira nunca classificaram ou quantificaram os seus resíduos. Isso é um problema crônico presente em todos os estados brasileiros, ao passo que os Governos locais nunca estimularam os ramos industriais com políticas públicas assertivas para mitigar esse problema. Através dessa demanda latente, o presente estudo objetiva desenvolver uma pesquisa focada em um diagnóstico sobre os resíduos madeireiros gerados pelos fabricantes de casas de madeira do estado brasileiro de Santa Catarina. Esse trabalho contém um levantamento de dados formado por três questões importantes para avaliar a gestão de resíduos por essas indústrias madeireiras voltadas para a construção civil. Ao final dessa prospecção de dados, foi verificado que essas indústrias não reusam seus resíduos de madeira, bem como essas companhias não avaliam ou classificam esses resíduos gerados, de acordo com o seu tamanho, classe ou volume. Esse levantamento mostrou que essas empresas madeireiras não têm quaisquer planos para reduzir esse passivo ambiental, e também, o Governo local precisa urgentemente criar políticas públicas mais recentes para estimular essas indústrias. Além disso, apesar da proliferação das áreas de florestas plantadas, as indústrias ainda utilizam madeiras nativas em muitas dessas casas em madeira.

Palavras-chave: Casas de madeira, indústria madeireira, resíduo lignocelulósico, madeira.

1 INTRODUCTION

The competitiveness issue is a crucial element of interest for all governments, industries and economies that work under the principles of market economy (Savić *et al.*, 2011). The strong industries should know equating their own organizational aspects. Then, to be competitive and to stay at that position requires constant adjustments to market conditions, following the competitors and trends, but firstly, there is a need for restructuring the main production characteristics as quality, standard and price (Savić *et al.*, 2011). And an important production character is the waste generated by the industries, whereas an increasing in the waste will reflect in a higher consumption of the raw materials. In short, a waste management must be a mechanism to control the inputs and outputs, and to achieve greater production efficiencies.

The use of wood in construction sector was not always realized correctly, considering the current evaluation standards, causing processes with considerable waste, and eventually contributing for the destruction of native forests (Altoé *et al.*, 2012).

Excessive generation of wood waste associated with its low utilization result in environmental damnification and a significant loss of opportunity for the industry, local communities, government and society in general, especially in remote regions, dependent on external energy sources (Wiecheteck, 2009).

Recycling disposal of construction wastes not only alleviate pressure on the environment but also identify certain economic and social benefits (Yang and Wei, 2012).

The waste generated by industries has been an environmental problem to be solved, even in timber chain, whereas the wood has a high potential of reuse (De Araujo *et al.*, 2014).

Residues from the forest products industry and wood from planted forests provide the main sources of supply of commercial lignocellulosic biofuel production (Carle and Holmgren, 2008).

The reuse of waste wood that is a by-product of primary timber processing operations is not modern, mainly in developed countries (Falk, 1997). This author also describes that, by and large, wood industry has done a commendable job in reusing large amounts of residues (bark, sawmill slabs, sawdust, and peeler log cores) for a variety of applications. And so, he still highlights that nearly all of these residues are currently used to produce other products, primarily fiber for paper, building panels, landscape mulch, and/or fuel.

Wiecheteck (2009) emphasizes that the South and Southeast Brazilian regions, where there are active markets highly integrated in the production and consumption of raw materials from forest origin, it is noted examples of utilization of these wastes through investigation of private companies, in the acquisition and selling with competitive prices.

This integration among partners towards a common objective – eliminating waste – it can be performed by a symbiosis of industries of same activity or productive chain. According Pereira (2009), the term symbiosis is based on the notion of mutualism in communities, where at least two independent companies exchange materials, energy or information in a beneficial way for both stakeholders.

If the logging sector is unable to procure wood efficiently and economically from an increasingly parcelized land base, the competitive ability of the forest industry could be jeopardized (Allred *et al.*, 2011). These authors synthesize that little is known about the functions of the logging sector related to the forest resource land base on which they depend, and it is imperative to improve our understanding of this important part of the forest industry.

On account of these difficulties combined with the shortage of data about the wood generation in Santa Catarina State, locality with high development in wood chain, this work aimed to share and elucidate the data on waste generation produced, in the period of August 2013 to December 2014, by the wood house manufacturers in this Brazilian Southern State. The focus of the paper was to support the sector in discussions about this theme, contributing to the development of this chain.

2 MATERIALS AND METHODS

The forestry-timber sector of Brazilian State of Santa Catarina presents difficulties related to the lack of data by this chain. Likewise that De Araujo *et al.* (2014), this research also followed three steps to collect this information:

- a) Quantification of the wood house industries, located in Brazilian State of Santa Catarina;
- b) Identification and quantification of the waste generation by the companies through an evaluation realized with them. In this part, the collected data was performed directly with the owners or their main representatives, in order to check:
 - i. Wood waste volume per industry, from the production of a single-storey housing unit of 100m² of built area;
 - ii. Types and characteristics of wood waste generated by these companies;
 - iii. Final destination of the wood waste of the production of this house unit;
- c) Analysis of the collected information and its consequent discussion for the wood sector.

The collected data was illustrated through tables and graphs to support the discussions about the waste generation of the wooden dwelling companies of this aforementioned Brazilian region. The statistical analysis was realized with the support of the online tool Custom Insight (2014).

3 RESULTS

The paper followed by means of a research in Santa Catarina, a Southern Brazilian State, in order to verify the number of producers of wooden houses. Final score achieved 55 companies prospected. Among these companies, 31 manufacturers located in 8 cities were personally visited, such as Porto União, Blumenau, Joinville, Balneário Camboriú, Camboriú, São José, Jaraguá do Sul and Florianópolis (capital city). In the other companies, their owners did not want and/or be able to take part in this research. A considerable sample of the population was obtained within an acceptable margin of error (Table 1) for a confidence level of 95%.

Table 1. Statistical analysis of simple random sampling.

Total Population (number of industries)	Sample Analyzed in this Paper (number of industries)	Margin of Error (percentage)
55	31	11,6

Then, it was realized a quantification about the wood waste of these wood houses industries. In this step, it was identified the types and the characteristics of this waste. So, three types of wood waste were considered (De Araujo *et al.*, 2014), according their compositions, such as:

- a) Sawn wood: woods of human planted or native forests (without treatments with chemical products or preservatives);
- b) Treated wood: native or reforested lumber treated with chemical preservatives;
- c) Wood composites: OSB, Glulam, CLT, I-joist beams, plywood and fiber-cement boards.

Figure 1 shows the number of industries according to the wood waste industrially generated, and their classes of waste.

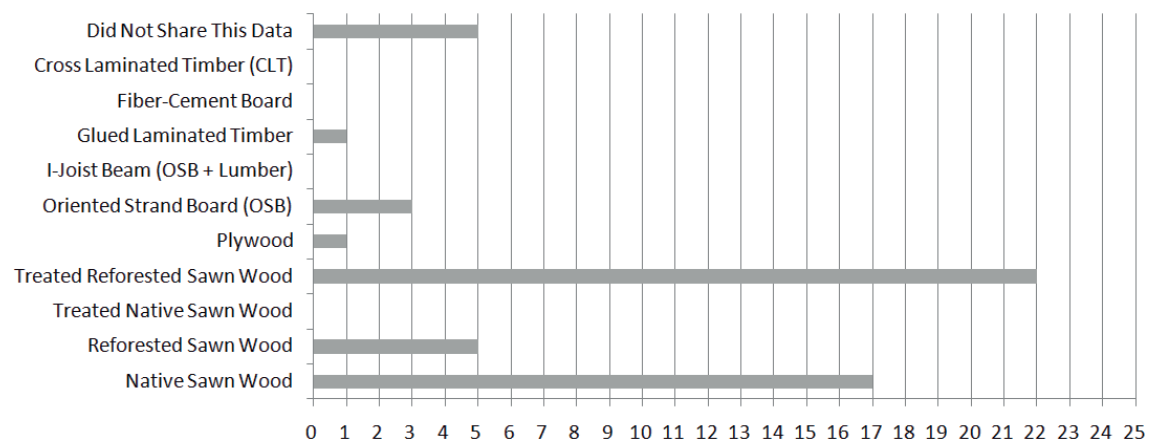


Figure 1. Waste classes according to the quantity of industries.

Through Figure 1 it can be noted that in the industries of wooden homes of Santa Catarina, two wood-based wastes are more popular, such as: treated sawn wood from planted forests, used in woodframes; and sawn wood from native forests, very popular in antique techniques as clapboard and wainscoting walls, double wall frame structure, and prefabricated horizontal blockboards.

The woods of planted forests are the most popular alternative used by these industries in the evaluation, because of the higher availability and competitive costs (cultivation and transport). In the case of native woods, they possibly are extracted in human-managed forests in North of Brazil. However, there is still no reliable tracking system to identify the real origin of these woods. The Brazilian Government issues a dubious certificate for wood of managed forests, mostly located in the Amazon. Nevertheless, the same cannot control the extraction of these native woods, because it does not present a broad and competent fiscal board to supervise their extraction activities and verify their origins.

Other indispensable aspect to be cited is about the absence of the use of CLT and structural composite (I-Joist beams and fiber-cement boards) by these companies. This fact could be related to the difficulty of finding these inputs in the Southern markets. Treated native timber is not used because these industries owners ensure that this raw material is more resistant to wood-decay organisms, *i.e.*, in their visions the treatment for native wood is not necessary.

Through these three most important classes of timber waste – sawn wood, treated wood and wood composites – the Table 2 shows the industries and the likely waste arrangement. About this table, it is verified a visible number of industries reuse the wastes from assemblies. A few number of industries still uses unsustainable practices, such as deposit the waste in landfills.

Table 2 Waste destination according to their characteristics.

Waste Destination	Waste Class (number of industries)		
	Sawn Wood	Treated Wood	Wood Composites
Reuse small pieces in products ¹	16	20	3
Send in debris boxes to landfills	7	9	2
Burn as biomass for energy	1	2	–
Burn in outdoor grounds	–	–	–
Burn in incinerator (controlled)	–	1	–
Donate to artisans ² or companies ³	10	11	1
Sell to other companies	12	15	1
Do not generate waste material	2	2	24
Did not want to share this data ⁴	5	5	5

– industries did not present this kind of destination for this waste class

¹ reuse scraps and trimmings by the same company (houses or other products)

² use in the production of small objects, arts and furniture

³ use as animal fodders, fertilizers, biomass for energy and furniture

⁴ industries did not want to specify and/or share their waste destination

Notwithstanding, one industry still presented a not indicated practice of waste destination, the burning of treated wood. This step is not correct, and fortunately it is not usual, because it could result in environmental injuries. Fortunately, many industries are forced to find other alternatives to reduce their waste, such as selling or donation to other companies or artisans. All the industries do not check the waste produced, they do not divide it by class, and they do not analyze the waste quantification.

Following the procedures of De Araujo *et al.* (2014), Table 3 shows merely an estimative of the generation of wood waste (in cubic meters), according to steps and industrial restrictions for a single-storey house unit with 100 m² (around 1076 ft²) of built area.

In Table 3, it can be noted that most companies still manufacture wood homes by the typology of horizontal blockboards with grooves (timber stabilized laterally by studs), so similar to that verified by De Araujo *et al.* (2014) in a research focused on Paraná, other Southern Brazilian State. These techniques use native woods in most cases, showing an unexceptional strategy of the local timber companies. This has a relation to the antique traditions, which used tightly the natural resources of the surrounding region, as woods from Brazilian native forests.

Over the years, this practice still persists. Many industries have purchased native wood from human-managed forests in the North of Brazil. Furthermore, some companies started to exchange the native wood by reforested wood, revealing in an environmentally friendly trend.

Specifically the Company 13, it presented a very high volume of residual raw material, and this refers to the low industrialization of this company in all the steps verified, reaching twice if it is compared with the other two similar companies (1 and 5).

The other industries reached acceptable levels for woodworking industries, in some cases, presenting low levels of waste generation, as the companies 7 and 10. Even in other companies, the levels of waste volumes could be resulted of the low mechanization of the companies, explained by the poor industrialization of the sector in Brazil. Company 11 never realized quantification about its residues, and the companies 27, 28, 29, 30 and 31 did not share this information by unknown reasons.

Despite of the efficient level of wood waste generation obtained by the producers of the wood technique of vertical boards nailed in a thin wooden structure (companies 15, 21 and 25), this situation could be illusive because of these companies present low mechanization and very small processing, insofar as they only purchase sawn wood of their partners (sawmills) to assemble a

very simple wooden building technique. The low rationalization of some wooden building typologies could also contribute to keep this waste generation in still apparent levels.

Table 3 Estimation of the waste generated by the industries according to their manufacturing stages.

Waste generation by processing stage to produce a single-storey house of 100m ² of built area (m ³)					
Wooden housing industries	1 st sawing	2 nd sawing	Industrial processing	On site processing	Total waste estimation
Company 1 ^{HB}	6.0	1.7	0.5	–	8.2
Company 2 ^{CM}	–	–	–	1.0	1.0
Company 3 ^{HB}	–	–	1.0	–	1.0
Company 4 ^{LW,HB}	–	–	1.0	–	1.0
Company 5 ^{BB,HB}	5.0	1.0	2.5	–	8.5
Company 6 ^{HB}	–	–	0.9	–	0.9
Company 7 ^{HB}	–	–	0.5	–	0.5
Company 8 ^{HB}	–	–	3.0	–	3.0
Company 9 ^{HB}	–	–	4.5	–	4.5
Company 10 ^{HB}	–	–	0.5	–	0.5
Company 11 ^{HB}	–	–	–	–	*
Company 12 ^{LW}	–	–	5.0	–	5.0
Company 13 ^{BB,HB}	12.0	10.0	–	–	22.0
Company 14 ^{HB}	–	–	1.0	–	1.0
Company 15 ^{VB}	–	–	1.5	–	1.5
Company 16 ^{HB}	–	–	–	3.0	3.0
Company 17 ^{HB}	–	1.5	1.0	–	2.5
Company 18 ^{BB,VB,HB}	–	–	1.5	–	1.5
Company 19 ^{CM,HB}	–	1.0	0.5	–	1.5
Company 20 ^{LW}	–	–	–	–	*
Company 21 ^{VB}	–	0.5	0.5	–	1.0
Company 22 ^{BB,VB,HB}	–	–	1.5	–	1.5
Company 23 ^{HB}	1.0	0.5	1.0	0.5	3.0
Company 24 ^{VB,HB}	1.0	0.5	1.5	–	3.0
Company 25 ^{VB}	–	–	1.0	–	1.0
Company 26 ^{HB}	1.0	0.5	1.5	–	3.0
Company 27 ^{HB}	–	–	–	–	*
Company 28 ^{HB}	–	–	–	–	*
Company 29 ^{HB}	–	–	–	–	*
Company 30 ^{HB}	–	–	–	–	*
Company 31 ^{HB}	–	–	–	–	*

– these manufacturing stages are not available in the present industry

* these specific industries did not share any data to the waste generation in its assembling

^{HB} horizontal blockboards prefabricated with grooves and stabilized laterally by studs

^{CM} wooden crossframe with brick masonry (*fachwerk* or *colombage*)

^{LW} light woodframe manufacturers with full industrialized production

^{BB} board and batten of wooden walls with simple processing on site

^{VB} vertical boards nailed in a thin wooden structure (without insulation and without internal sealing)

4 CONCLUSIONS

A relevant point verified is the continuous use of native woods by many industries in wooden housing. This problem could be minimized with the use of other wood species from planted forests, such as pine or eucalyptus. A prudent alternative was explored by Bowles *et al.* (1998), which stated that conservationists should instead focus on more investments in protected areas and creative ways to prevent the spread of logging in these rapidly-declining ecosystems.

At the same time, through this survey, it was also possible to verify that the wooden housing industries – from Santa Catarina in Brazil – do not have any control of the waste management of their production lines. This fact is highlighted because of the lack of data about actual volumes

and types of waste generated. Seven industries did not provide a waste quantification because of an unconcern and/or ignorance about this important theme. This neglect could be attributed to the technological and cultural lags of the Brazilian timber industry.

An alternative to this problem would be the creation of new control parameters associated with the generation of the residual raw materials originating from the assembly lines. Furthermore, an environmentally friendly destination should be considered by the company to reduce to acceptable levels the impacts to nature.

To contribute in this aforementioned destination, an important aspect could be encouraging wood associations and or organizations in the dissemination and elucidation in the creation of partnerships among timber industries, on the condition of symbiosis, for the reuse of residual wood-based raw materials. For example, wood composites, wood furniture and small wooden objects industries and or specialized companies could reuse the wood waste of these construction companies to produce sustainable products from a residual raw-material. These associations could reach a high efficiency with good levels of material rationalization in wood chain. Furthermore, the stimulus of the waste management from these timber industries will contribute to a greater production sustainability both in timber sector as construction. Lastly, this action could provide an increasing of competitiveness, an increasing of the production efficiency, a decreasing of the material consumption (lumber and wood composites), and also a decreasing of the production costs of these wooden houses.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful for the shared information of the timber industries evaluated in this paper, as well as for the Research Group LIGNO and Campus of Itapeva of the São Paulo State University “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), and the Superior School of Agriculture “Luiz de Queiroz” of University of São Paulo (ESALQ-USP) for the support during this research.

REFERENCES

- Allred, S., Michler, C., & Mycroft, C. 2011. Midwest Loggin Firm Perspectives: Harvesting on Increasingly Parcelized Forestlands. *International Journal of Forest Research* 2011(2011): 1-8.
- Altoé, E.S., De Álvarez, C.E., & Saelzer, G. 2012. Sistema Construtivo Quarter Log para Habitação no Espírito Santo: Desenvolvimento de Produto. *Floresta e Ambiente* 19(2): 219-228.
- Bowles, I.A., Rice, R.E., Mittermeier, R.A., Fonseca, G.A.B. 1998. Logging and Tropical Forest Conservation. *Science* 280 (5371): 1899 - 1900.
- Custom Insight. 2014. Survey Random Sample Calculator. <http://www.custominsight.com/articles/random-sample-calculator.asp>
- Carle, J., & Holmgren, P. 2008. Wood from Planted Forests: A Global Outlook 2005-2030. *Forest Products Journal* 58(12): 6-18.
- De Araujo, V.A., Garcia, J.N., Gava, M., Morales, E.A.M., Cortez-Barbosa, J., Savi, A.F., & Vasconcelos, J.S. 2014. Diagnosis of Wood Waste Generated by Wooden-Houses Manufacturers in the Brazilian State of Paraná. *Advanced Materials Research* 1077(2015): 265-269.
- Falk, B. 1997. Wood Recycling: Opportunities for the Woodwaste Resource. *Forest Products Journal* 6 (47): 17-22.
- Pereira, M.I.L.S. 2009. Bolsa de Resíduos: contribuição para a análise da viabilidade da implementação de uma bolsa de resíduos em Portugal. MSc. Thesis. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto: FEUP. 163 p.
- Savić, N., Stojanovska, M., & Stojanovski, V. 2011. Analyses of the Competitiveness of Forest Industry in the Republic of Macedonia. *South-east European Forestry* 2(1): 13-21.

Wiecheteck, M. 2009. Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Florestais, Alternativas Tecnológicas e Propostas de Políticas ao Uso de Resíduos Florestais para Fins Energéticos – Sumário Executivo. Projeto PNUD-BRA00/20. Curitiba: SMCQ/SBF/MMA. 40 p.

Yang, Y.M., & Wei, S.Q. 2012. A Recycling Review of Construction Waste in China's Road Construction Industry. *Advanced Materials Research* 433-440(2012): 1945-1949.

Indicadores de “Hidricidade” como ferramenta de avaliação da eficiência urbana

Giovana Ulian

Universidad del BioBio, Programa de Doctorado en Arquitectura y Urbanismo, Concepción, Chile
giovana.ulian@terra.com.br

Manuela Lima

Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães (4800-058 Campus de Azurém), Portugal
mmlima@civil.uminho.pt

Ivan Cartes

Universidad del BioBio, Departamento de Planificación Urbana y Diseño, Concepción, Chile
i.cartes.s@gmail.com

ABSTRACT: One of the biggest challenges for urban space planners is to conciliate the indispensable demands of life with the forms of occupation of the territory. Among these demands is water. Population growth and urban sprawl are challenging water availability. Thus, it is important to evaluate development trends to predict future scenarios, enabling guide preventive actions and decision making. It is essential to have a practical and direct tool that allows us to transmit the necessary information. The objective of this study is to present a method for evaluating the urban efficiency in the process of city expansion and the availability of water supply. To do so, the indicators will be defined, called indicators of “hidricidade”, capable of diagnosed a city. As a result, it is expected to be obtained a direct and practical tool, that is going to allow to transmit the necessary information to the harmonic urban process planning, applicable to medium size Brazilian cities, allowing decision making as a guaranty of water supply and urban sprawl.

Keywords: indicators of “hidricidade”, urban efficiency, water supply, urban sprawl.

RESUMO: Um dos grandes desafios aos planejadores do espaço urbano está em conciliar as demandas imprescindíveis à vida na cidade com as formas de ocupação do território. Dentre estas demandas está a água. O crescimento populacional e a expansão urbana desafiam a disponibilidade de água. Desta forma é essencial diagnosticar as tendências do desenvolvimento para prognosticar cenários futuros, possibilitando nortear ações preventivas e a tomada de decisão. O objetivo deste estudo foi apresentar um método de avaliação da eficiência urbana no processo de expansão das cidades e da disponibilidade de água para abastecimento. Para isto, foram definidos indicadores, aqui chamados de indicadores de “hidricidade”. Como resultado foi proposta uma metodologia prática e direta que permita transmitir as informações necessárias ao processo do planejamento urbano harmônico, aplicável às cidades de porte médio brasileiras, permitindo tomar decisões quanto à garantia de água para abastecimento e à expansão urbana.

Palavras-chave: indicadores de “hidricidade”, eficiência urbana, água de abastecimento, expansão urbana.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é um conceito repetido em muitas legislações, normas e pesquisas científicas, com o objetivo de promover práticas mais equilibradas e sensíveis às condições do ambiente. Agudelo et al., (2011) alerta para o desenvolvimento urbano

sustentável, explicando que este exige a integração da gestão de recursos com o planejamento urbano, visto os escassos recursos naturais.

Segundo Andrade & Blumenschein (2014), um dos grandes desafios para os planejadores do espaço urbano está em conciliar as demandas para a sobrevivência do ser humano. Sendo de forma sistêmica, com as densidades de ocupação e seus benefícios sociais, em equilíbrio com os processos naturais como, por exemplo, o ciclo urbano da água.

A gestão da água e o planejamento espacial estão intrinsecamente conectados, embora tenham sido tradicionalmente separados na formulação das políticas de desenvolvimento. Decisões em relação à água têm sido feitas sem referência ao ordenamento do território (Woltjer et al., 2007).

Neste interim, percebe-se que uma nova estratégia precisa ser buscada ao se tratar de desenvolvimento, especialmente no ambiente urbano, onde os processos de mudança ocorrem de forma mais intensa. Assim, é importante aprofundar estudos e avaliações, com enfoque interdisciplinar, para qualificar a gestão urbana, a fim de assegurar a disponibilidade de água para abastecimento.

Dentro desta perspectiva, este artigo faz uma análise da expansão urbana das cidades e suas relações com a gestão da água para abastecimento. Os resultados aqui apresentados são parte de um estudo mais amplo, onde foi desenvolvido uma metodologia para a gestão urbana, visando assegurar a disponibilidade de água para abastecimento. Neste artigo, foram apresentados apenas oito indicadores (o estudo completo possui vinte e seis), chamados Indicadores de “Hidricidade”- Eficiência Urbana. Esta palavra foi criada para representar as variáveis desta pesquisa e por isso é apresentada entre aspas, ou seja, envolver aspectos de recursos hídricos, sustentabilidade e cidades. Este grupo de oito indicadores medem, de forma setorial, a eficiência urbana da cidade, no âmbito das variáveis expansão urbana e água para abastecimento.

1.1 A água e a cidade

A água é o mais importante catalisador para o desenvolvimento humano e, de fato, a história da civilização humana está intimamente ligada à forma como os seres humanos aprenderam a manipular e usar a água (Gleick 2003). A questão da água na cidade engloba o sistema de abastecimento de água para os mais diversos usos (captação, tratamento e distribuição), o esgotamento sanitário (coleta e tratamento das águas servidas) e a drenagem (água da chuva e corpos hídricos). Estes sistemas são vulneráveis às alterações climáticas e intempéries, tais como, secas e/ou inundações, e a falta de uma gestão integrada do território pode agravar estas consequências.

Somado à questão da disponibilidade de água e aos problemas de gestão, González et al. (2007) destacam que o incremento na busca por água doce tem afetado os processos e regimes hidrológicos, gerando em alguns casos, um maior fluxo de contaminantes e sedimentos em lagos e rios, degradação da qualidade da água, alteração na velocidade dos processos bioquímicos e redução da concentração de oxigênio dissolvido.

As modificações antrópicas provocam no ambiente natural efeitos sobre os recursos hídricos. Alteram os caminhos dos cursos d'água (normalmente os cursos d'água localizados nas cidades estão canalizados), modificam os processos de infiltração e escoamento superficial, pois as superfícies são impermeabilizadas, ocasionando mudanças drásticas nos regimes hídricos.

A Figura 1 mostra ilustra o impacto da urbanização sobre o hidrograma de chuva. Em decorrência da impermeabilização do solo pelas pavimentações e telhados das construções, nas áreas urbanizadas, o pico de chuva é maior, pois a drenagem fica prejudicada. Em áreas não urbanizadas, onde a superfície do terreno está mais preservada a água da chuva infiltra de

maneira mais distribuída. A Figura 2 demonstra também as consequências da retificação de cursos d'água. Quanto mais retificado foi o curso d'água maior o pico do hidrograma de jusante. Este pico revela a possibilidade de enchentes, pois a água se acumula rapidamente num mesmo ponto, sem conseguir infiltrar. A retificação e canalização de corpos hídricos é uma prática comum em corpos hídricos que atravessam as cidades.

A dinâmica das precipitações também sofre alterações, pois há geração de ilhas de calor e com isso alteração do micro clima (Silva 2011).

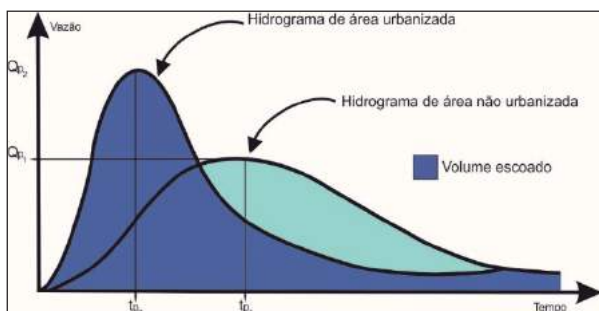


Figura 1. Gráfico Vazão de Chuva X Tempo. Fonte: Adaptado de Neto 2004, apud Miana 2010.

No entanto, o desenvolvimento traz como premissa o aumento do número de pessoas que vivem em cidade. Desta forma, é preciso estudar estratégias que promovam esta expansão urbana de forma dinâmica porém sensível a preservação da água.

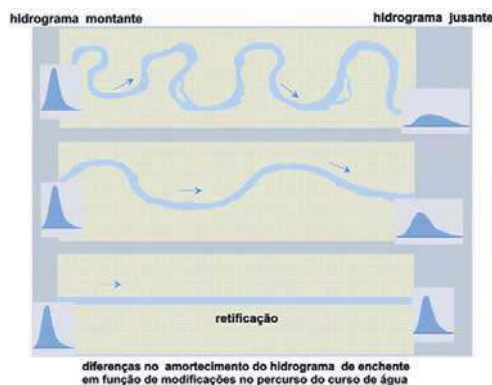


Figura 2. Retificação de cursos d'água e retificação de enchentes. Fonte: Neto 2004, apud Miana 2010.

A escassez de água potável é um dos mais graves indicadores dos impactos das atividades humanas sobre os recursos naturais. Além disso, as cidades têm que buscar seus recursos hídricos em locais cada vez mais distantes, onde ainda não estejam poluídos (Miana 2010).

Sabe-se no entanto, que essas alterações são inevitáveis à medida que a população cresce. Porém, é preciso saber como essas alterações impactam a qualidade da água em uma bacia hidrográfica e como podem ser minimizadas. Para Tong et al. (2009), objetivando proteger uma bacia hidrográfica e sistemas fluviais de maior degradação ambiental, é imperioso que haja uma melhor compreensão do meio ambiente, especialmente naquele referente aos impactos hidrológicos promovidos pelas mudanças no uso da terra.

Além disso, para a tomada de decisão no que se refere à gestão urbana, há também a necessidade de uma ferramenta confiável de avaliação. Esta ferramenta deve permitir diagnosticar a cidade e permitir ações futuras no processo de gestão urbana com vistas a assegurar a disponibilidade de água.

Para Andrade & Blumenschein (2014), no desenho urbano convencional os conceitos urbanísticos, hidrológicos e ambientais são desarticulados ou desconsiderados durante o processo de planejamento das cidades. É preciso identificar as principais fontes de água, a

dinâmica dos sedimentos, a presença de substâncias químicas e bióticas, entre outros fatores, enfim, conhecer o território. A partir de um diagnóstico, definir estratégias aplicáveis e medidas de intervenção, dando subsídios para a tomada de decisão na gestão urbana.

Baseado nisto, a gestão dos recursos hídricos deve estar integrada à gestão urbana. A tomada de decisão quanto a este novo território que abriga o crescimento populacional, deve não só buscar novas alternativas para aumentar a oferta de água, como também fazer o uso de forma mais consciente e equilibrado.

O ciclo da água é amplamente danificado pelos impactos da urbanização no meio ambiente e pela necessidade de prover serviços de água à população, incluindo abastecimento de água, drenagem, gestão e coleta de águas residuais e usos necessários às atividades humanas (Andrade & Blumenschein 2014).

Somente através de uma gestão integrada é possível prognosticar futuros cenários e nortear ações preventivas. A estratégia dos planejadores é analisar as propriedades, a distribuição e a circulação da água e, então, interpretar potencialidades e restrições de uso. O que deve ficar claro é que tais restrições devem ser respeitadas, pois a disponibilidade de água deve estar assegurada para a sustentabilidade da cidade.

Assim, conclui-se com a necessidade em definir uma estrutura de indicadores que permita avaliar a eficiência urbana da cidade, promovendo a interação dos aspectos multidisciplinares fundamentais, possibilitando a análise do processo da expansão urbana, com vistas a assegurar a disponibilidade de água para abastecimento.

2 APRESENTAÇÃO DOS INDICADORES

Os Indicadores de “Hidricidade” para avaliar a eficiência urbana, foram desenvolvidos de forma a serem eficazes, aplicáveis e generalizáveis. Teve-se o cuidado de limitar o número de indicadores, de forma que a lista fosse suficientemente abrangente, integrando os parâmetros e critérios estabelecidos.

No processo de desenvolvimento dos indicadores de “Hidricidade” optou-se por estudar aqueles que tratavam os temas sustentabilidade, recursos hídricos e gestão urbana. Foi possível constatar que não há consenso na quantidade de indicadores e concluiu-se que esta diversidade de indicadores é justificada porque o conceito de sustentabilidade é muito genérico. Apesar de muitos aportes científicos, ainda há imprecisão e generalização neste conceito.

Segundo Castro (2007), os indicadores são componentes essenciais no estudo global do processo, em relação ao desenvolvimento sustentável. Porém, há diversas definições conhecidas para eles, sem um consenso entre os estudiosos da área.

Apesar da aparente popularidade na utilização de indicadores de desenvolvimento sustentável, sua definição continua sendo muito genérica, já que a ausência de uma definição menos geral e mais universal do desenvolvimento sustentável tem dado origem a múltiplas interpretações e tem provocado uma explosão de tipos de indicadores (Tanguay et al. 2010).

No Brasil, o sistema de indicadores SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) é, atualmente, o banco de informações oficial e mais completo sobre saneamento. É gerido pelo governo federal e todos os municípios informam seus dados ao sistema. A dúvida que fica é se essas informações são preenchidas de forma correta. Apesar disso, o sistema SNIS foi usado como referencial para a definição dos indicadores de eficiência urbana da presente pesquisa. A partir dos indicadores selecionados, foi necessário fazer o corte conceitual para definir uma lista de indicadores. A Figura 3 demonstra isso de forma esquemática.

Para realizar o corte conceitual e definir os indicadores de “Hidricidade”, partiu-se do conceito de Rueda (2002): o modelo urbano que melhor se ajusta ao princípio de eficiência urbana e

habitabilidade urbana é a cidade compacta na sua morfologia, complexa em sua organização, eficiente metabolicamente e coesiva socialmente.

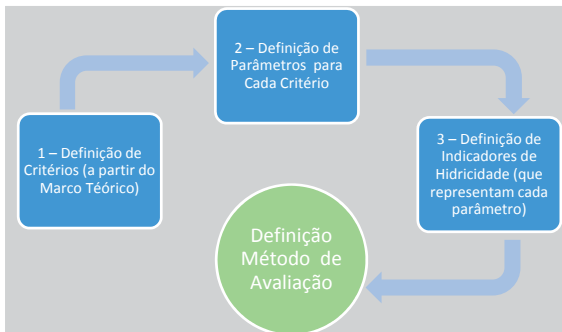


Figura 3. Esquema de Implementação.

A partir disso e da revisão bibliográfica, foram definidos os seguintes critérios: morfologia urbana, capacidade de suporte dos sistemas hídricos e eficiência nos sistemas de água. Ressalta-se que estes critérios foram definidos para o estudo completo envolvendo os vinte e seis indicadores. Neste artigo apresentou-se parte da metodologia desenvolvida, ou seja, apresenta-se os oito indicadores da temática eficiência urbana.

Os indicadores foram adaptados e sujeitos a nova definição, no entanto alguns não sofreram alterações relativamente ao preconizado pela bibliografia, enquanto que outros foram desenvolvidos para atender aos critérios definidos. Posteriormente a esse processo, foram realizadas duas ações, abaixo descritas, para assegurar que a lista de indicadores estivesse respaldada tecnicamente.

A pesquisa completa envolveu vinte e seis indicadores e utilizou-se das seguintes estratégias para assegurar a pertinência dos mesmos:

- submeter a lista primária dos indicadores a uma análise de especialistas nas áreas de saneamento, recursos hídricos, urbanismo e meio ambiente do Brasil. Os indicadores foram apresentados a cinquenta e nove profissionais (apenas trinta e quatro responderam ao questionamento) que trabalham na iniciativa privada, gestão pública e pesquisa científica. A amostra foi definida com base na distribuição equivalente dos envolvidos com as temáticas: abastecimento de água, esgotamento sanitário, urbanismo e meio ambiente. O objetivo desta ação foi validar a lista de indicadores proposta. Cada profissional consultado podia atribuir notas a cada indicador, fazer observações e ainda apontar outros indicadores que julgasse importantes para completar a lista. Este processo conferiu segurança quanto a abrangência e a pertinência dos indicadores propostos;
- aplicar os indicadores definidos em um caso de estudo experimental. O objetivo foi calcular e buscar os valores para cada indicador em um caso real e com isso medir o grau de dificuldade e a pertinência dos resultados. O processo permitiu observar que alguns indicadores previamente definidos eram pouco práticos, já que seus dados eram muito complicados de obter. Nesta experimentação, outros indicadores apresentavam resultados que agregavam muito pouco ao processo e por isso foram eliminados.

Posteriormente a este processo, a lista final de indicadores foi definida. Foi necessário um rearranjo no agrupamento previamente elaborado e foram definidos cinco grupos de indicadores: Grupo Eficiência Urbana; Grupo Gestão Operacional; Grupo Disponibilidade x Consumo; Grupo Esgoto e Legal; e Grupo Capacidade de Suporte.

Neste artigo estão apresentados apenas os indicadores do Grupo Eficiência Urbana, pois estão integrados de tal forma que permitem interpretação independente dos demais indicadores. A lista com estes indicadores é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo dos Indicadores “Hidricidade” – Grupo Eficiência Urbana. Fonte: A Autora.

Grupo	ID	Indicador	Sigla	Unidade
1 - Eficiência Urbana	I-1	Densidade populacional	Dpop	Hab./ha
	I-2	Densidade de residências	Dres	Resid./ha
	I-3	Desenho mancha urbana	Iforma	%
	I-4	Extensão rede de água por ligação de água*	Ilexa	m/ligação
	I-5	Extensão rede água por área território	Iextr	m/ha
	I-6	Número economias por área território**	Iecot	Econ./ha
	I-7	Extensão rede de esgoto por ligações de água	Ilexe	m/ligação
	I-8	Impermeabilização do solo	Iimp	%

*Quando se refere a ligações de água está referindo-se a toda a ligação entre a rede principal de água com o terreno onde está a edificação. Um terreno cuja edificação é um edifício multifamiliar tem apenas uma ligação de água ou de esgoto.

**Quando se refere a economias está referindo-se a todas as unidades de uso do solo. Uma residência, um comércio, uma indústria, cada um destes é uma economia.

2.1 Processo de cálculo para cada indicador

Nas Tabelas 2 a 9 apresenta-se o processo de cálculo para cada indicador de “Hidricidade” do grupo Eficiência Urbana.

Tabela 2. Indicador Densidade Populacional.

- 1 - Calcular a quantidade total de pessoas na mancha urbana consolidada (POPu)
- 2 - Calcular a área da mancha urbana consolidada (Aurb)
- 3 - Calcular a densidade populacional (Dpop), usando a seguinte expressão:

$$Dpop = \frac{POPu}{Aurb}$$

Onde:

Dpop = densidade populacional (habitantes/ha)

POPu = população da mancha urbana consolidada (habitantes)

Aurb = área da mancha urbana consolidada (1ha = 10.000m²)

Tabela 3. Indicador Densidade de Residências.

- 1 - Calcular a quantidade total de residência na mancha urbana consolidada (RESu)
- 2 - Calcular a área da mancha urbana consolidada (Aurb)
- 3 - Calcular a densidade populacional (Dores), usando a seguinte expressão:

$$Dres = \frac{RESu}{Aurb}$$

Onde:

Dres = densidade de residências (residências/ha)

RESu = número de residências da mancha urbana consolidada (residências)

Aurb = área da mancha urbana consolidada (ha)

Obs.: (1ha = 10.000m²)

Tabela 4. Indicador Índice de Forma.

- Com sugestão, utilizar do programa AutoCad. Desenhar a mancha urbana consolidada com base no Google Earth disponível gratuitamente na internet ou, se possuir uma base cartográfica precisa, usar esta referência:

- 2 - Desenhar a forma urbana referência com um raio de 4.370metros;
- 3 - Sobrepor a mancha urbana com a forma circular e calcular:
 - 3.1 - A área da mancha urbana consolidada (Amancha)
 - 3.1 - A área da mancha urbana que ficou dentro da forma circular (Adentro)
 - 3.2 - A área da mancha urbana que ficou fora da forma circular (Afora)
 - 3.3 - A área dentro da forma circular que não é mancha urbana (Avazios)
- 4 - Calcular a densidade populacional na mancha urbana consolidada (Dpop)
- 5 - Calcular a população da mancha urbana consolidada (POPu)
- 6 - Calcular o índice de forma (Iforma) com a seguinte expressão:

$$I_{\text{forma}} = \left[\frac{(\text{Adentro})}{\text{Amancha} \left(\text{Afora} + \frac{\text{Avazios}}{2} \right)} \right] \times \left[\frac{D_{\text{pop}}}{135} \right] \times 100$$

Adentro = área mancha urbana dentro da forma circular (ha)
 Amancha = área total da mancha urbana consolidada (ha)
 Afora = área mancha urbana fora da forma proposta (ha)
 Avazio = área sem ocupação urbana dentro da forma (ha)
 Dpop = densidade populacional da mancha urbana consolidada (hab./ha)
 Obs.: 135hab/ha é a densidade da forma circular de referência

Para analisar a desenho da cidade, definiu-se uma forma urbana conceitual para possibilitar o comparativo com os casos reais. Foi definida uma figura circular com densidade de 135 hab./ha pois é a referência mínima que abrigasse uma população de 800.000 pessoas (Rueda 2006). Desta forma, obtém-se um círculo com raio de 4.370 m e uma área de 6.000ha. A população aqui definida é uma referência adotada para o limítrofe de uma cidade considerada média, foco deste artigo. Além desta quantidade de habitantes, a cidade seria considerada grande e não mais média, mas não há uma orientação bibliográfica que defina isso com precisão.

Tabela 5. Indicador Extensão da rede de água por ligação.

- 1 - Calcular a extensão da rede de água (Lredea)
- 2 - Calcular a quantidade de ligações de água total (La)
- 3 - Calcular o Índice Extensão de rede de água por ligação (Ilexa)

$$I_{\text{lexa}} = \frac{L_{\text{redea}}}{L_a}$$

Onde:

Ilexa = índice extensão da rede por ligação (m/ligação)
 Lredea = extensão total da rede de água (m)
 La = número de ligações de água (ligações)

Tabela 6. Indicador Extensão da rede de água por área de território.

- 1 - Calcular a extensão da rede de água (Lredea)
- 2 - Definir a mancha urbana de estudo e medir a área (Aurb)
- 3 - Calcular o Índice Extensão de rede de água por área territorial (Iextr)

$$I_{\text{extr}} = \frac{L_{\text{redea}}}{A_{\text{urb}}}$$

Onde: Iextr = índice extensão da rede por área territorial (m/ha)
 Lredea = extensão total da rede de água (m)
 Aurb = área mancha urbana consolidada (ha que corresponde a 10.000m²)

Tabela 7. Indicador número de economias por área de território.

- 1 - Calcular a quantidade de economias ativas de água (Nea)
- 2 - Definir a mancha urbana de estudo e medir a área (Aurb)
- 3 - Calcular o Índice economias por área territorial (Iecot)

$$I_{\text{ecot}} = \frac{N_{\text{ea}}}{A_{\text{urb}}}$$

Onde: Iecot = índice de economias por área territorial (economias/ha)
 Nea = número de economias ativas de água
 Aurb = área mancha urbana consolidada (ha que corresponde a 10.000m²)

Tabela 8. Indicador extensão da rede de esgoto por ligação

- 1- Calcular a extensão da rede de esgoto (Lredeee)
- 2 - Calcular a quantidade de ligações de esgoto total (Le)
- 3 - Calcular o Índice Extensão de rede de esgoto por ligação (Ilexe)

$$I_{\text{lexe}} = \frac{L_{\text{redeee}}}{L_e}$$

Onde: Ilexe= índice extensão da rede por ligação (m/ligação)
 Lredeee = extensão total da rede esgoto (m)
 Le= número de ligações de esgoto (ligações)

Tabela 9. Indicador impermeabilização do solo.

Sobre a mancha urbana consolidada, procede-se da seguinte forma:

- 1- Medir as áreas correspondentes a vias pavimentadas (Apav)
- 2 - Medir a área correspondente a telhados de construções (Atelha)
- 3 - Definir a mancha urbana de estudo e medir a área (Aurb)
- 4 - Calcula-se o índice de impermeabilização usando-se da seguinte expressão (Iimp):

$$Iimp = \frac{(Apav+Atelha)}{Aurb} \times 100$$

Onde: Iimp= índice de área impermeável (%)

Apav = área de pavimentações vias (ha)

Atelha = área de telhado das construções (ha)

Aurb = área mancha urbana consolidada (ha)

2.2 Definição de boas práticas e práticas convencionais

Para obter conclusões quanto aos valores encontrados para cada indicador de “Hidricidade”, quando aplicados a uma cidade que se quer avaliar, torna-se necessária a definição de referenciais.

Este método tem como parâmetro de análise, os chamados *benchmarking*, também conhecidos por melhores práticas e práticas convencionais, que possibilitam a comparação de resultados, auxiliando e facilitando a tomada de decisão quanto a gestão urbana (Mateus eBragança 2009).

A melhor prática representa a meta ótima que um município pode alcançar. Neste estudo foram selecionadas cidades referência, com reconhecida atuação em gestão urbana sustentável e com enfoque na preservação de recursos hídricos. Alguns referenciais de melhores práticas também foram buscados no sistema SNIS. Quando não foi possível obter estas referências em cidades de porte médio no Brasil foram utilizados dados de cidades de outros países. Também foram considerados para a definição de melhores práticas, dados e manuais de metodologias de avaliação da sustentabilidade, guias e legislações.

Tabela 10. Valores adotados para Melhor Prática e Prática convencional.

Grupo	ID	Símbolo	Unidade	Melhor Prática	Prática Convencional
1 - Eficiência Urbana	I-1	Dpop	Hab./ha	135	43
	I-2	Dres	Resid./ha	85	14
	I-3	Iforma	%	70	37
	I-4	Ilexa	m/ligação	9,4	20,5
	I-5	Iextr	m/ha	158,7	139,7
	I-6	Iecot	Econ./ha	51,6	17,2
	I-7	Ilexe	m/ligação	9,4	15,4
	I-8	Iimp	%	70	50

A prática convencional é o valor correspondente ao nível mínimo, abaixo do qual não se pode considerar que uma cidade esteja preocupada com a sustentabilidade. Este nível corresponde aos níveis mínimos que regulamentos, normas e legislações deveriam conter. Porém como se trata de um método inovador, poucos são os valores de referência da prática convencional instituídos de forma legal. Desta maneira, quando os valores da prática convencional não estavam diretamente expressos em leis e manuais, foram usados valores correspondentes à média do que é praticado em alguns municípios brasileiros. A Tabela 10 apresenta os valores para melhores práticas e práticas convencionais utilizadas neste processo.

2.3 Avaliação através de ábacos

Para o processo de avaliação é adotado um ábaco que dispõe todos os indicadores de eficiência urbana propostos. A partir deste ábaco é possível tirar conclusões, de forma visual, quanto às características da cidade que está sendo avaliada. Com os *benchmarking* são desenhados os

ábacos correspondentes, que devem ser comparados aos ábacos das cidades que se quer avaliar. Assim, o objetivo da análise de ábacos é avaliar visualmente se a cidade está mais próxima à prática convencional ou à melhor prática.

Para a construção destes ábacos foi necessário utilizar o esquema, apresentado na Figura 4, onde são dispostos em eixos os oito indicadores do grupo Eficiência Urbana. Para comparativo entre os ábacos deve ser adotada escala equivalente.

A Figura 5 apresenta um exemplo de aplicação da metodologia para o caso da cidade de Caxias do Sul. Está localizada no estado do Rio Grande do Sul, ao sul do Brasil e foi selecionada pois é um exemplo de cidade que enfrentou em toda a sua história, desafios na busca de segurança quanto ao abastecimento de água à sua população. Realizou diversas ações ao longo de sua história, muito preocupada em buscar novas fontes de água, em locais cada vez mais distantes do centro urbano. Planejar a expansão urbana condicionada à disponibilidade de água para abastecimento foi uma iniciativa que Caxias do Sul teve ao longo do tempo. Apresenta-se este caso apenas como exemplo, pois o objetivo deste artigo é a metodologia e não a aplicação.

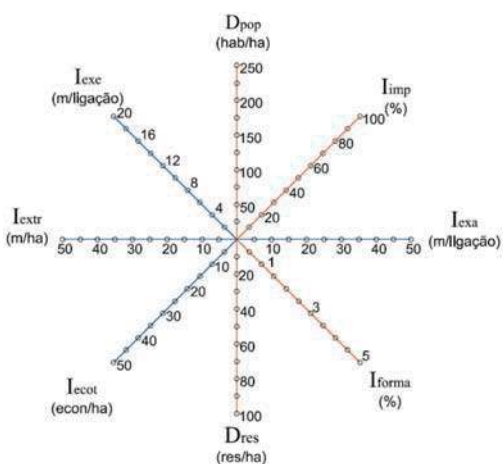


Figura 4. Ábaco base - Indicadores Eficiência Urbana.

A análise da Figura 5 permite constatar que a cidade de Caxias do Sul está muito mais próxima das práticas convencionais do que da melhor prática, não se comprovando a hipótese inicial. Na análise feita a partir dos indicadores do Grupo Eficiência Urbana observa-se que Caxias do Sul deveria buscar aumentar a sua densidade antes de promover novas expansões urbanas e, com isso, automaticamente aproximar seu ábaco ao das melhores práticas. Fica evidenciada a necessidade de uma reavaliação da infraestrutura instalada, bem como avaliar a possibilidade de melhorias no sistema de gestão e controle.

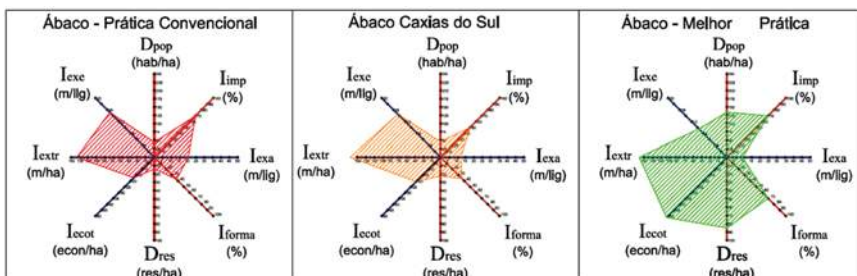


Figura 5. Ábacos comparativos Indicadores Eficiência Urbana.

Cada cidade tem as suas peculiaridades, mas os resultados na análise de Caxias do Sul não se justifica somente por estas diferenças e isso pode ser observado na simples observação dos ábacos. O que parece é que o problema de abastecer o município com água foi encarado sempre com a busca por novas fontes de água em locais cada vez mais distantes do centro urbano,

dando menos importância para as questões de gestão e eficiência na infraestrutura. Outro aspecto importante é a questão da densidade e da forma da cidade. Fica evidente, ao analisar os indicadores que associam estes aspectos, que a cidade é pouco densa e com isso a infraestrutura associada se torna mais onerosa para implantar e fazer a manutenção necessária. Caxias do Sul deve preocupar-se mais com a distribuição da população no território construído do que buscar novas fontes de água para abastecimento.

3 CONCLUSÕES

A análise dos indicadores de Eficiência Urbana na cidade de Caxias do Sul, permite constatar uma dissociação entre a gestão da expansão urbana e a gestão da água. Na busca pelos dados necessários no cálculo dos indicadores ficou claro que não há diálogo entre os órgãos responsáveis. A dificuldade na obtenção dos mesmos, a falta de comunicação entre secretarias da administração pública municipal demonstra que a gestão é setorializada e não há integração de ações na tomada de decisões.

Estas conclusões foram feitas a partir da aplicação da metodologia proposta neste artigo e são exemplos do resultado obtidos com esta pesquisa. Fica comprovada a necessidade da gestão urbana ser estratégica e confrontar a densidade da cidade com a forma de uso e ocupação do solo. Estas questões refletem diretamente nos temas do abastecimento de água. Para que essas análises sejam possíveis é necessário dispor de método prático e direto que permita diagnósticos e auxilie os gestores públicos na tomada de decisão quanto a gestão urbana.

Este conjunto de indicadores tem a função de alertar os planejadores públicos quanto a situação de sua cidade perante a eficiência urbana no uso da água. É uma ferramenta que deve ser usada por equipe técnica com formação acadêmica mínima e, através de estudos mais aprofundados, embasar decisões norteadoras do desenvolvimento da cidade.

REFERÊNCIAS

- Agudelo, Vera C.M. et al. Resource management as a key factor for sustainable urban planning. *Journal of Environmental Management*, doi:10.1016/j.jenvman.2011.05.016, 2011.
- Andrade, Liza Maria Souza; Blumenschein, Raquel Naves; A nova Ecologia da Cidade: uma conexão importantes para a ciência e o Desenho Urbano. III Seminário Nacional sobre o Tratamento de áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo, Belém, 2014.
- Castro, Leonardo Mitre Alvin de. Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água. *Belo Horizonte, MG. XV, 297f, enc. il.*2007.
- Gleick, H.P. Water use. *Annual Review of Environment and Resources* 28, 275–314, 2003.
- González, Martha L. García; Escobar, Yesid Carvajal; Escobar, Henry Jiménez. La Gestión Integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático. *Revista de Ingeniería y Competitividad*, Volumen 9, 2007.
- Mateus, R. e Bragança, L. Guia de Avaliação SBTToolPT-H. *iISBE Portugal*, 2009.
- Miana, Anna Christina. Adensamento e forma urbana: inserção de parâmetros ambientais no processo de projeto. 2010. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidad de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-19012011-092832/>. Acesso em: 04 out. 2014.
- Rueda, Salvador. Barcelona, ciutat mediterrània, compacta i complexa. Una visió de futur més sostenible, Ed. Ayuntamiento de Barcelona, 2002.
- Rueda, Salvador. Plan especial de indicadores de Sostenibilidad de la Actividad Urbanística de Sevilla. Barcelona, 2006. Disponível em: <http://www.bcnecologia.net>. Acesso em: maio 2014.
- Silva, Antônio Soares de. Solos Urbanos. In.: GUERRA, A.J.T. (org.) *Geomorfologia urbana: Bertrand Brasil*, 2011.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em <http://www.snis.gov.br/>. março de 2013.
- Tanguay, G.A. et al. Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators. *Journal Ecological Indicators* 10 (2010) 407–418.
- Tong, S. T.Y.; Liu, A. J.; Goodrich J. A. Assessing the water quality impacts of future land-use changes in an urbanising watershed. National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, Ohio, USA. *Environmental Protection Agency Civil Engineering and Environmental Systems* Vol. 26, No. 1, 2009.
- Woltjer, J; Al, N. Integrating water management and spatial planning. *Journal of the American Planning Association* 73 (2), 211–222, 2007.

Estimativa do Consumo e Considerações Sobre Uso Racional de Água em Edificação em Campus Universitário

Karinnie Nascimento de Almeida

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Ambiental, Vitória, Espírito Santo, Brasil

kaka.nascimento05@gmail.com

Jessica Carla da Silva

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Ambiental, Vitória, Espírito Santo, Brasil

jessica.carla10@yahoo.com.br

Maristela Gomes da Silva

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Civil, Vitória, Espírito Santo, Brasil

margomes.silva@gmail.com

Vanessa Gomes da Silva

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Construção, Campinas, São Paulo, Brasil

vangomes@gmail.com

ABSTRACT: Water wastage in building use afflicts not only Brazil but also most countries in the world, stressing potable water availability and supply. Water sources still suffer anthropogenic interference through improper disposal of chemical wastes and organic matter. Pioneering studies and initiatives for change in society generally begin at universities campuses, as practical experiments and knowledge production and diffusion media. The present research used the building that houses the undergraduate and graduate programs on environmental engineering at the Federal University of Espírito Santo as a case study. Its equivalent population and water consumption and wastage were estimated. The results pointed to the immediate need to implement a rational water use program at the university as a whole, since no leakage or consumption controls are implemented not only in the case studied, but also in any building within the UFES campus.

Keywords: Rational water use, Campus sustainability, case study

RESUMO: O uso irracional e desperdício de água são problemas que afligem não só o Brasil, mas todo o mundo, agravando o problema de abastecimento da população com água potável. As fontes de água sofrem interferências antrópicas adicionais causadas pela disposição inadequada dos resíduos químicos e matéria orgânica. Estudos pioneiros e iniciativas para mudanças na sociedade partem geralmente de universidades, locais onde o conhecimento é trabalhado e difundido, e verdadeiros balões de ensaio para experimentos práticos. Nesse contexto, a presente pesquisa utilizou como estudo de caso o edifício da engenharia ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, estimando a população equivalente, o consumo e os gastos com água. Os resultados da pesquisa apontam para a necessidade de implantação imediata de um programa de uso racional de água na universidade, visto que não há controle dos vazamentos e nem do consumo real de água em nenhuma edificação compondo o campus da UFES.

Palavras-chave: Uso racional de água, Campus Universitário, Sustentabilidade, estudo de caso

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Fundo das Nações Unidas para a Infância - UNICEF, 43% da população mundial tem acesso à água potável e 19%, a saneamento seguro. O desperdício e o uso irracional da água são questões que afligem, não só o Brasil, mas o mundo, agravando o problema do abastecimento da população com água potável. Além do desperdício, as fontes de água ainda sofrem agressões cometidas pelo ser humano, por meio de disposição inadequada dos resíduos químicos, esgotos e matéria orgânica, influenciando no número de casos de doenças relacionadas à água e afetando sensivelmente a qualidade de vida. No Brasil, a cobrança pelo uso da água já é uma realidade, sendo um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Os problemas em relação à água atingem até mesmo países com grandes potenciais hídricos de água doce como o Brasil. Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA, o país corre o risco de chegar a 2015 com problemas de déficit no abastecimento de água em pelo menos 55% dos municípios. Em julho de 2014, a Federação e o Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP e CIESP) divulgaram um estudo que mostra os estragos causados pela crise de abastecimento de água que atinge a população paulista, onde 67,6% do total das pequenas, médias e grandes empresas se declararam preocupadas com a possibilidade de haver racionamento de água no estado em 2014.

O estudo de caso da presente pesquisa foi realizado na Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, a única instituição federal pública de ensino superior presente no estado do Espírito Santo. O estado localiza-se na região sudeste brasileira e, de acordo com o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA o Espírito Santo possui 78 municípios com uma população de 3.314.952 habitantes distribuída em uma área de 46.095,583 km², sendo a população urbana de 2.931.472 habitantes (26,6%) e a rural de 2.931.472 habitantes (83,4%). Em relação aos recursos hídricos, o Espírito Santo está inserido nas regiões hidrográficas do Atlântico Sudeste (Bacia do rio Doce e demais Bacias) e do Atlântico Leste (Bacias do Itaúnas e São Mateus).

A presente pesquisa insere-se na meta ampla da busca de redução do consumo de água; através de minimização das perdas e desperdícios; da implantação de equipamentos, da orientação do seu uso mais racional na UFES; e da criação de um programa de racionalização institucionalizado. Mais especificamente, este trabalho analisa e caracteriza o consumo de água no edifício da pós-graduação em engenharia ambiental desta universidade, além de discutir experiências de racionalização do uso de água, em ambientes acadêmicos e públicos, que alcançaram sucesso no Brasil e no mundo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os programas de racionalização do uso de água em instituições públicas de ensino superior começaram a ser implantados no Brasil a partir da década de 90. Apesar do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA ter sido instituído em 1997, a Universidade Federal de São Paulo – USP já trabalhava o programa PURA por pelo menos dois anos antes, em uma parceria com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP. Posteriormente, algumas universidades brasileiras também implantaram programas para a uso racional de água, como é o caso dos programas Pró-Água (UNICAMP, 1999) e Água Pura (UFBA, 2001).

2.1 Programa Nacional de Combate ao Desperdício da Água - PNCDA

O PNCDA foi instituído pelo Ministério do Planejamento e Orçamento, em abril de 1997, em articulação com o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal e com o Ministério das Minas e Energia. Este programa define e implementa um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas. Trata-se,

hoje, da busca da eficiência no uso da água “em todas as fases de seu ciclo de utilização, desde a captação até o consumo final” (SILVA, TAMAKI, GONÇALVES apud NAKAGAWA, 2009 p.4). As atividades consideradas no PNDCA são campanhas de conscientização, levantamento do sistema hidráulico da edificação e dos procedimentos dos usuários relacionados ao uso da água, diagnóstico do sistema (sobretudo vazamentos), plano de intervenção (considerando campanhas educativas, manutenção do sistema, alteração de procedimentos de uso da água, substituição de componentes convencionais por eficientes, reaproveitamento da água), avaliação econômica e avaliação do impacto da redução.

2.2 Programas de racionalização de água em Universidades Brasileiras

2.2.1 Programa de Uso Racional de Água – PURA (USP-SABESP)

O PURA foi criado em 1995, em São Paulo - SP, através de um convênio entre a SABESP, a Escola Politécnica da USP (através do Laboratório de Sistemas Prediais) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). A metodologia aplicada para a implantação do programa em edificações enfatiza a importância de ações tecnológicas que visam o controle e redução do consumo de água, e é estruturada em quatro etapas: Auditoria do consumo de água, Diagnóstico do consumo de água no edifício, Plano de Intervenção e a Avaliação do impacto de redução do consumo de água.

2.2.2 Programa de Conservação de Água - Pró-Água (Unicamp)

O Pró-água teve início em maio de 1999, sendo desenvolvido pela Faculdade de Engenharia Civil – FEC, da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. O objetivo foi a implantação de medidas que induzissem ao uso racional da água nas edificações localizadas na Cidade Universitária Professor Zeferino Vaz, em Campinas - SP, inclusive com conscientização dos usuários sobre a importância da conservação desse insumo. O Programa contemplou duas fases. A Fase I considerou o levantamento cadastral, a detecção e conserto de vazamentos, a implantação de telemedição, a instalação de componentes economizadores e a avaliação do desempenho pelos usuários. Já a Fase II contemplou a análise de tecnologias economizadoras para usos específicos e implantação de sistema de gestão dos sistemas prediais no campus.

2.2.3 Programa de Uso Racional da Água na Universidade Federal da Bahia - Água Pura (UFBA)

O Programa ÁGUAPURA teve seu início no final de 2001, contando apenas com um encanador e um auxiliar, além do coordenador do projeto. A função dessa equipe era somente a manutenção corretiva e cadastramento de todas as unidades da UFBA, inclusive a unidade situada no município de Cruz das Almas, onde funciona a Faculdade de Agronomia. Em 2004, já com mais componentes na equipe, foi elaborado um sistema informatizado, conhecido como ÁGUAPURA Via Net, no qual se passou a inserir as informações adquiridas das unidades da UFBA. O principal objetivo do ÁGUAPURA era reduzir o consumo de água nas unidades da UFBA, através de ações de minimização das perdas e desperdícios, manutenção e aprimoramento da redução obtida. Além disso, visou difundir em todo o meio da Universidade conceitos sobre o uso racional da água, contribuir para a implantação de Tecnologias Limpas, e difundir entre instituições e pessoas o hábito de consumir água de forma racional (PROJETO ÁGUAPURA, 2006).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

A UFES é uma instituição autárquica vinculada ao Ministério da Educação (MEC), com autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial, e que atua com base no princípio da indissociabilidade entre o ensino, a pesquisa e a extensão, com vocação para atuar

em todas as áreas do saber. A Universidade foi fundada em 5 de maio de 1954 e, atualmente, possui quatro campi universitários (Goiabeiras e Maruípe, em Vitória; Alegre, no sul do Estado; e São Mateus, no norte do Estado) com 292 mil metros quadrados de área construída no total. A UFES oferece 90 cursos de graduação (4.975 vagas/ano e um total de 20 mil estudantes matriculados), 47 cursos de mestrado e 16 de doutorado (total de 2.500 estudantes matriculados na pós-graduação), 1.650 professores e 2.500 técnico-administrativos. As edificações que compõem atualmente a UFES podem ser classificados, de acordo com o tipo de atividade desenvolvida em: Edificações administrativas; Edificações de sala de aula e administrativo; Edificações de sala de aula; Edificações de sala de aula e de laboratórios; Edificações especiais (não contempladas nas anteriores).

A edificação escolhida como estudo de caso é do tipo sala de aula e administrativo, e foi inaugurada em 2003, tendo uma estrutura arquitetônica relativamente nova, se comparada com a maioria das edificações da universidade, que possuem em média 50 anos de idade de construção. Outra diferença é que esta edificação possui torneiras mecânicas disponíveis em seus toaletes, o que não é uma realidade em quase todas as demais edificações no campus.

O estudo de caso selecionado abriga o curso de engenharia ambiental, sendo frequentado por estudantes de graduação e pós-graduação, professores, técnicos administrativos em educação e eventuais visitantes. A quantidade anual de estudantes de graduação ingressantes no curso é 20, um valor relativamente reduzido se comparado a outros cursos de Engenharia do Centro Tecnológico, que recebem 80 novos estudantes anualmente.

3.2 Levantamento dos Consumidores

A população flutuante, em termos de consumo, é relativamente pequena para o caso da edificação do curso de engenharia ambiental da UFES, visto que não há elevado uso sazonal por usuários externos (eventos, palestras, entre outros). Diante disso, para o presente estudo, foi considerada apenas a população fixa.

Os dados referentes à população fixa foram obtidos a partir das informações coletadas no colegiado do curso, na prefeitura universitária - PU, na Pró-Reitoria de Planejamento - PROPLAN e em entrevista com a população interessada. É definido como "População Consumidora Equivalente (PE)" os usuários em tempo integral, que passam 8 horas/dia, durante 5 dias/semana; ou seja: a PE equivale à população fixa.

O estudo de população equivalente se inicia pela classificação dos diferentes tipos de usuários e pelo peso relativo atribuído a cada um deles. Dessa forma, foram considerados estudantes de graduação, pós-graduação, professores em regime de dedicação de 20 e 40 horas semanais, e técnicos administrativos em educação.

3.2.1 Graduação

Para a coleta de informações dos estudantes de graduação, foram reunidos dados sobre o número de matriculados por turma, obtidos junto ao colegiado do curso. Além disso, foi realizada outra pesquisa em paralelo, confirmando a realização das aulas nas edificações dos cursos.

Com estas informações, considerando 8 horas/dias de utilização, fez-se uma distribuição temporal dos estudantes ao longo das horas do dia com os dias da semana, visto que nos períodos iniciais e finais a carga horária de permanência nesta edificação é reduzida.

Depois de obtida a população equivalente dos estudantes de graduação, aplica-se um fator de frequência nas salas de aula de 75%, que corresponde ao mínimo exigido pela universidade para aprovação por frequência nas disciplinas.

3.2.2 Pós-Graduação

A contagem de estudantes de pós-graduação (especialização, mestrado e doutorado) considerou apenas o número de matriculados. Considerou-se, também, que os cursos possuem cargas horárias similares e o consumo, em relação aos estudantes de graduação, é menor.

Além do fator de frequência, aplica-se, para esta situação, o fator carga horária de 0,375, equivalendo, em média, a 15 horas semanais. Dessa forma, para os estudantes de pós-graduação, o fator final adotado foi de 0,28, ou 75% de 0,375.

3.2.3 Professores e Técnicos administrativos em educação

Analogamente ao fator de frequência aplicado para estudantes de graduação e pós-graduação, para os demais usuários, adotou-se um fator de permanência no local. Este fator de permanência é função da carga horária semanal de trabalho. Para os usuários que trabalham 40 horas semanais, foi considerado um fator igual a 1, enquanto atribuiu-se um peso proporcional à carga horária para os demais servidores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estimativa dos Consumidores

4.1.1 Graduação

Promovendo a normalização para uma população equivalente a 8 horas/dia, a Tabela 1 apresenta a população equivalente dos estudantes de graduação.

Tabela 1: População Equivalente

Turma	Carga Horária Semanal	Número de Alunos	AlunoXhrs	Pop. Eq.Al Semanal
2009	28hrs	21	588hrs	74
2010	84hrs	15	1260hrs	157
2011	56hrs	23	1288hrs	161
2012	35hrs	20	700hrs	87
2013	21hrs	22	462hrs	58
Atrasados	21hrs	13	273hrs	34
	TOTAL	114	4571hrs	571

Depois de obtida a população equivalente dos estudantes de graduação, aplica-se um fator de frequência nas salas de aula, adotando o peso de 75%, correspondente à frequência mínima exigida pela Universidade por estudante, por disciplina, para não reprovação por faltas. A população equivalente total dos estudantes de graduação da engenharia ambiental é:

$$\text{Pop. Equivalente. Grad} = \frac{0,75 \times 571}{5} \approx 86 \text{ alunos} \quad (1)$$

4.1.2 Pós-Graduação

Para os estudantes de pós-graduação, adotou-se um fator igual a 0,28. Sabendo que o número de estudantes matriculados na pós-graduação no momento do levantamento realizado é 76, a população equivalente dos estudantes de pós-graduação é:

$$\text{Pop. Equivalente. Pós} \approx 76 * 0,28 \text{ alunos} \approx 22 \text{ alunos} \quad (2)$$

4.1.3 Professores e Técnicos Administrativos em Educação

Vale ressaltar que os dados de carga horária foram levantados junto ao colegiado do curso e por meio de entrevista com servidores. Sabendo que há 1 funcionário de limpeza (peso 1), 2 técnicos administrativos em educação (peso 1) e 17 professores ambos com carga horária de 40 horas (peso 1), tem-se:

$$\text{Pop. Equivalente. Func} = \frac{20 \cdot 40}{8 \cdot 5} = 20 \quad (3)$$

Segundo a literatura, o consumo *per capita* de água em uma Universidade é 50 l/PE.dia.

$$\text{Pop. equivalente. Total} = \text{Pop. Equiv. Func} + \text{Pop. Equiv. Grad} + \text{Pop. Equiv. Pós} \quad (4)$$

$$\text{Pop. equivalente. Total} = 20 + 86 + 22 \approx 128 \text{ pessoas}$$

$$\text{Consumo} = \frac{128 \cdot 50 \cdot 8}{24} = 2133,33 \text{ L} \quad (5)$$

O consumo mensal em m³ é aproximadamente 64 m³. Ou seja, o consumo *per capita* de água na edificação estudada é de 16,7 l/PE.dia.

A Figura 1 representa os consumos per capita apresentados por Nakagawa (2009) ao analisar e caracterizar o consumo de água da Universidade Federal da Bahia em diferentes ambientes construídos daquela instituição. Os valores demonstrados são referentes às unidades de ensino isentas de laboratórios com equipamentos que consomem muita água, o que se assemelha ao caso particular da edificação estudada.

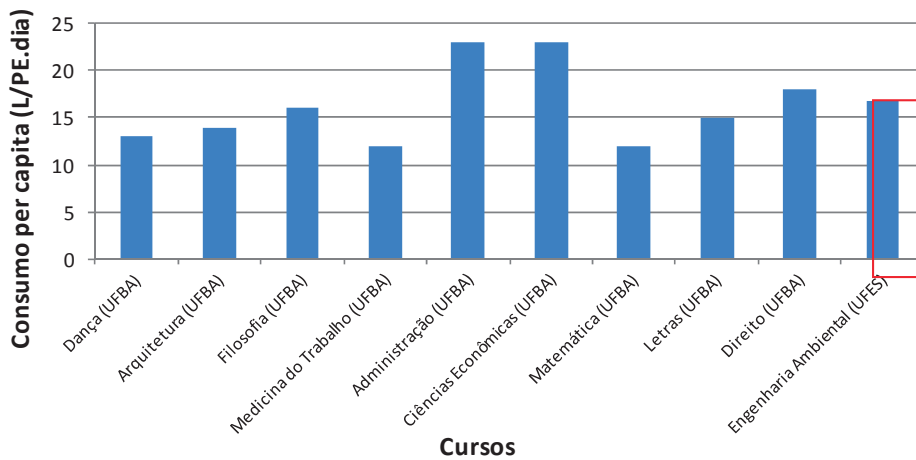


Figura 1 - Gráfico do consumo per capita de água

É possível verificar que o consumo *per capita* encontrado no estudo de caso (destacado em vermelho) não é muito diferente dos valores encontrados para edificações da UFBA, visto que a média de consumo nas nove edificações estudadas é 15,5 l/PE.dia, enquanto o valor de consumo *per capita* calculado para a edificação do curso de engenharia ambiental da UFES foi de 16,8 l/PE.dia.

Levando em consideração que o consumo de água no campus de Goiabeiras, em 2013, foi de 20.640,92 m³ e o gasto econômico total foi de R\$ 1.388.490,24, é visível a necessidade imediata de a implantação de hidrômetros individualizados e de um programa de monitoramento contínuo, que alimentem estudos de consumo real de água em cada uma das edificações do campus da UFES.

De forma geral, é de se esperar que o valor *per capita* calculado para o estudo de caso esteja em uma faixa aceitável de consumo, como foi visto na análise comparativa entre UFES e UFBA. Todavia, as peculiaridades construtivas e de uso da edificação podem interferir significativamente no resultado calculado.

5 CONCLUSÃO

As conclusões podem ser assim sumarizadas:

- O valor encontrado para consumo *per capita* de água na edificação estudada é compatível com valores encontrados na literatura, quando comparada a edificações de características semelhantes;
- Não havendo disponibilidade de dados do consumo real através de medidas diretamente com aparelhos de medição, o valor encontrado nesta pesquisa pode ser adotado para o cálculo do consumo total no edifício da engenharia ambiental. Além disso, a mesma metodologia pode ser aplicada para os demais ambientes construídos, considerando as especificidades construtivas e de uso;
- A edificação do curso de engenharia ambiental possui torneiras hidromecânicas de menor consumo do que as torneiras tradicionais encontradas em outras edificações, o que pode significar que o consumo per capita seja maior em outras construções no campus;
- Como não há mensuração do consumo de água por hidrômetros individuais na Edificação do curso de Engenharia Ambiental ou em qualquer outra edificação da UFES, o real do consumo de água em cada uma delas não é conhecido. Além disso, considerando que os maiores consumos de água são resultantes de vazamentos, é necessário um estudo que os mapeie para melhor detalhamento do cenário atual de consumo, além de permitir uma reação rápida como parte de um plano de gerenciamento;
- É imprescindível a criação e implementação de um programa de racionalização de uso de água nos campus da Universidade Federal do Espírito Santo.

REFERÊNCIAS

ABNT, 2007. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Disponível em <<https://www.abntnet.com.br/e-commerce/ssl/norma.aspx?Norma=35020>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Setor Policial Sul. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013. Brasília: [s.n], 2013.

ANA, Agência Nacional das Águas; SAS/ANA, Superintendência de Conservação de Água e Solo; FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; DMA, Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; SindusCon-SP, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo; COMASP, Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP - Conservação e Reuso da Água em Edificações. São Paulo, junho de 2005. Prol Editora Gráfica.

Corcoran, Peter Blaze; KOSHY, Kanayathu Chacko. The Pacific way: sustainability in higher education in the South Pacific Island nations. International Journal Of Sustainability In Higher Education. Flórida, p. 130-140. dez. 2009.

Da Silva, G. 2007. Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – Estudo de caso – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo UNICAMP – Campinas 2007. CEPAGRI/ Agritempo - Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/pesquisaWeb?uf=SP>>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2014.

FIESP; CIESP. Projeto “Rumos da indústria paulista”: consequências de um racionamento de água. [S.l.: s.n., 2014].

Fundo Das Nações Unidas Para A Infância. Instituto Nacional de Estatística. Relatório preliminar do Inquérito sobre indicadores múltiplos . Disponível em:<http://www.unicef.org/mozambique/MICS_Summary_FINAL_POR_141009.pdf>. Acesso em: 20 de ago. 2014.

Gonçalves, O. M. Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios. 344p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

Gonçalves, O. M.; Prado, R. T.; Oliveira, L.H.; Petrucci, A. L. Medidas de racionalização do uso da água para grandes consumidores. São Paulo, janeiro, 1999.

Instituto Estadual De Meio Ambiente E Recursos Hídricos. Bacias hidrográficas do estado do Espírito Santo. A Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 10 de ago. 2014.

Naeem, Malik; NEAL, Mark. Sustainability in business education in the Asia Pacific region: a snapshot of the situation. International Journal Of Sustainability In Higher Education. Japan, p. 60-71. set. 2010.

Nájera, Margarita Juárez. Sustainability in Higher Education. An explorative approach on sustainable behavior in two universities. 2010. 179 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doctoral Committee, Erasmus Universiteit Rotterdam, [S.I.], 2010.

Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCD. (DTA – Documento Técnico de Apoio no B3).

PROSAB Programa de Pesquisas em Saneamento Básico - Edital 04. Tema: “Tecnologias de Segregação e Tratamento de Esgotos Domésticos na Origem Visando a Redução do Consumo de Água e da Infra-Estrutura de Coleta, Especialmente nas Periferias Urbanas”, coordenada pelo Prof. Ricardo Franci Gonçalves. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória - ES. 2006.

Rocha, A. L.; Barreto, D.; Ioshimoto, E. Caracterização e Monitoramento do Consumo Predial de Água. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana, 1998. (DTA - Documento Técnico de Apoio nº E1).

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Desenvolvido pela

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 01 de março de 2014.

Santos, Joel Assunção dos; RICCIARDI, Túlio Rodarte. ESTUDO SOBRE O POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE AGUA DE CHUVA NA FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA (FEM). Revista Ciências do Ambiente On-line, São Paulo, v. 9, n. 1, p.1-7, jun. 2013. Disponível em: <<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/index.php/be310/article/viewFile/347/273>>. Acesso em: 04 mar. 2014.

Silva, G. S. Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo. 2004. 2 v. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Vitória. José Geraldo Ferreira da Silva. Incaper. Dados comparativos com a média da série histórica da estação meteorológica no município de Vitória-ES. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/opcao_estacao/vitoria_shmed.php>. Acesso em: 01 mar. 2014.

Von Sperling, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 1996. 243 p.

Diretrizes para Elaboração do Projeto Logístico de Gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) em Canteiros de Obras

Adriano Augusto Bosetti

Departamento de Engenharia Civil (DECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil
cat.arg@terra.com.br

José da Costa Marques Neto

Departamento de Engenharia Civil (DECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil
joseneto@ufscar.br

ABSTRACT: The Civil Construction is still framed by the generation of large volumes of solid waste and the many difficulties in its collection, transportation, transshipment, treatment and final disposal in appropriate environments. Waste management plans consider the political, economic, environmental, cultural and social dimensions but not guidance on the organization of the physical space of the site. The objective of this work is to relate the existing good practice for operations related to proper waste management and show how to apply them to projects of sites, designing projects aimed guidelines for the physical organization of the sites of the great generators of construction waste. The methodology applied in this research was qualitative, organizing the concepts for simulation of a representative tool of the criteria and procedures for construction of the project. The results show that is possible to apply these criteria, helping to not only minimize environmental impacts but also optimize the economic and social aspects.

Keywords: environmental management, construction waste, sustainability, construction site, project

RESUMO: A Construção Civil ainda é um setor caracterizado pela geração de grandes volumes de resíduos e pelas dificuldades de gerenciar a coleta, o transporte, o transbordo, o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada dos seus entulhos. Os planos de gestão de resíduos da construção civil (RCC) procuram considerar as dimensões políticas, econômicas, ambientais, culturais e sociais, mas não orientam sobre a organização do espaço físico do canteiro. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é relacionar as boas práticas existentes para as operações relacionadas à gestão adequada dos resíduos e mostrar como aplicá-las aos projetos dos canteiros, elaborando diretrizes de projetos voltadas para a organização física dos canteiros dos grandes geradores de RCC. A metodologia aplicada nesta pesquisa foi qualitativa, organizando os conceitos existentes para simulação de uma ferramenta representativa dos critérios e procedimentos para projeto do canteiro com foco nos RCC. Os resultados obtidos demonstram ser possível aplicar estes critérios, contribuindo para minimizar não só os impactos ambientais, mas também otimizar os aspectos econômicos e sociais.

Palavras-chave: gestão ambiental, resíduos da construção civil, sustentabilidade, canteiro de obras, projeto

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil pode ser considerada a principal indústria consumidora de recursos naturais não renováveis e conseqüentemente, uma grande poluidora e degradadora do meio ambiente. Neste contexto, a gestão dos resíduos gerados nos canteiros de obras deve

estar no centro das discussões em busca de estratégias para redução do impacto ambiental causado por atividades cujo resultado final não é considerado ambientalmente correto.

A gestão dos resíduos da construção civil (RCC) se insere nas mais diversas linhas de pesquisa da engenharia civil, arquitetura, engenharia ambiental, saneamento e gestão pública. No entanto, as abordagens até neste momento apresentadas tratam da organização dos canteiros de obras apenas como etapa da cadeia produtiva, muitas vezes voltada para a melhoria da qualidade da produção em si e outras vezes na melhoria das questões trabalhistas dos empregados.

Na outra ponta da cadeia construtiva está a indústria da reciclagem dos RCC. Com o estabelecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010, esta atividade vem ganhando força no mercado, passando inclusive para o status de negócio. A figura 1 mostra os princípios da PNRS e a reciclagem como peça chave na gestão dos resíduos, segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2014)



Figura 1. Princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010. Fonte: SÃO PAULO (2014)

Este trabalho apresenta uma visão diferente para a questão da organização do canteiro de obras, propondo critérios e procedimentos de projeto para o canteiro sustentável, voltados para a gestão de resíduos. Como organizar o layout dos canteiros para que a reutilização e a reciclagem dos RCC tenham início no próprio canteiro onde são gerados? Essa questão é fundamental para que os RCC possam ser de fato: reutilizados na própria obra; triados com a finalidade de abastecer as usinas de reciclagem como prática do processo produtivo e, por fim; dispostos de forma ambientalmente adequada contribuindo na redução significativa da degradação do meio ambiente urbano e rural e seus impactos negativos.

Dentro do canteiro de obras, o material passa por diversas etapas até o seu destino final, ou seja, do recebimento do material em obra até seu acondicionamento para remoção em forma de entulho, os insumos são transportados e manuseados várias vezes, sendo muito importante entender os fluxos destes materiais no canteiro durante sua utilização, bem como também entender os fluxos dos resíduos gerados em cada etapa do processo construtivo para o correto planejamento dos espaços que favoreçam a gestão dos RCC.

2. SUSTENTABILIDADE, TECNOLOGIA E LEGISLAÇÃO

Pela ótica da sustentabilidade ambiental, as recomendações de boas práticas enfocam o “canteiro ambiental” como um dos caminhos para enfrentamento da questão do impacto causado pela geração excessiva de resíduos da construção civil. Estima-se que a indústria da construção civil consuma de 20 a 50% dos recursos extraídos da natureza (Menezes *et al.*, 2011) e a geração dos seus resíduos tem origem, em sua maior parte, no pequeno gerador. Estima-se que 70% dos resíduos da construção civil provêm de reformas, demolições e pequenas obras, sendo os outros 30% da construção formal. (Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Cadernos de Educação Ambiental, 2014).

Além disso, nos municípios brasileiros de um modo geral, os RCC podem representar cerca de 60% da massa de resíduos sólidos urbanos (Carelli, 2014). Segundo Marques Neto (2009), a dispersão e manejo desregrados de RCC geram impactos ambientais e econômicos significativos, notadamente relacionados à degradação da paisagem urbana, formação de vetores transmissores de doenças, a obstrução e comprometimento dos sistemas de drenagem superficiais potencializando inundações e a necessidade de realizar ações corretivas onerosas de limpeza pública para coleta de resíduos dispersos em vias e logradouros. A figura 2 apresenta os níveis de gestão dos RCC, segundo a SMA-SP.



Figura 2. Níveis estruturantes da gestão dos RCC. Fonte: SÃO PAULO (2014)

Pela Resolução Nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2002), gerenciamento de resíduos é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos. Esta resolução também considera o gerenciamento de resíduos sólidos, o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de: coleta; transporte; transbordo e triagem; tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos; práticas de manejo que devem estar de acordo com um plano municipal de gestão integrada exigidos na forma da Lei Nº 12.305 (BRASIL, 2010).

Por gestão integrada de resíduos da construção civil entende-se o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos, de forma a considerar as dimensões políticas, econômicas, ambientais, culturais e sociais, com controle social sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

As principais normas, leis e decretos dedicados à gestão dos resíduos da construção civil no Brasil estão relacionados na Tabela 1.

Outras medidas classificadas como eco eficientes já vêm sendo bastante estimuladas desde a concepção dos projetos, sejam residenciais, comerciais ou industriais. Boa parte delas está diretamente relacionada ao desempenho das edificações, sobretudo nas questões de consumo de energia e emissão de carbono. Na modelagem de projetos em BIM (*Building Information Modeling*) é possível submeter os projetos a aplicativos que fazem a verificação do desempenho das soluções preliminarmente propostas e apontar possíveis problemas com os baixos índices de desempenho, altos índices de consumo de energia e água para as operações e manutenção da edificação e desta forma dar subsídios técnicos para a revisão e adequação dos projetos.

Tabela 1. Normas, Resoluções, Leis e Decretos referentes aos resíduos de construção civil no Brasil.

Normas técnicas e papel estruturante na gestão dos resíduos da construção e demolição		
Número da Norma	Nome	Aspecto da gestão abordado
NBR 15.112:2004	Resíduos da Construção Civil e volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.	
NBR 15.113:2004	Resíduos sólidos da Construção Civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.	Manejo urbano dos resíduos da construção civil
NBR 15.114:2004	Resíduos sólidos da Construção Civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.	
NBR 15.115:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da Construção Civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos	Uso dos agregados reciclados
NBR 15.116:2004	Agregados reciclados da Construção Civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural	
Marcos Regulatórios em Resíduos		
Marco	Descrição	Data
Resolução CONAMA nº307	Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil	05/07/2002
Resolução CONAMA nº348	Altera a Resolução CONAMA nº307 - inclui o amianto na classe de resíduos perigosos	16/08/2004
Lei Estadual nº12.300	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes	16/03/2006
Decreto nº54.645	Regulamenta a Lei Estadual nº12.300	05/08/2009
Lei nº12.305	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos	02/08/2010
Decreto nº7.404	Regulamenta a Lei nº12.305	23/12/2010
Resolução CONAMA nº431	Altera o art. 3º da Resolução CONAMA nº307 - estabelece nova classificação para o gesso	25/05/2011
Resolução CONAMA nº448	Altera os art. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução CONAMA nº307 - Altera nomenclaturas e prazos	18/01/2012
Decreto nº60.520	Institui o Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos - <i>SIGOR</i>	05/06/2014

Uma das formas de contribuição da plataforma BIM para a sustentabilidade na construção civil seria extrair da modelagem dos projetos as previsões de quantidade e classificação dos resíduos para a obra que se pretende realizar, a partir de indicadores de perdas para os diferentes serviços. Em seguida modelar estas informações de quantidade junto aos parâmetros de tempo e desta forma simular o comportamento dos espaços do canteiro de obras nas diferentes fases da construção, de acordo com as necessidades de manejo e acondicionamento dos resíduos gerados.

Para gerar documentos contendo as especificações técnicas de materiais e suas quantidades, além do tempo os quais deverão estar disponíveis nos canteiros de obras, a modelagem do projeto em BIM demanda do projetista conhecimento sobre os sistemas construtivos e controle de operações e processos. Associando o modelo tridimensional ao tempo e utilizando ferramentas específicas ainda a serem desenvolvidas (programas e aplicativos computacionais) para identificação e estimativa das perdas inerentes aos processos construtivos especificados em projeto, será possível fornecer à cadeia de coleta e reciclagem dos RCC e as informações necessárias para que a logística desse sistema ganhe eficiência.

As políticas de gestão de resíduos da construção civil ainda precisam avançar mais para que a questão seja tratada com eficiência e permita alcançar os resultados desejados. O Sistema Estadual de Gerenciamento *Online* de Resíduos Sólidos (SIGOR) proposto pela CETESB em 2014 (SÃO PAULO, 2014) e em fase de implantação no Estado de São Paulo é um excelente exemplo de como é possível realizar estes avanços e progredir na direção da interoperação de processos e sistemas na construção civil.

Outra importante ferramenta para promoção de construções sustentáveis são as certificações ambientais. Entre as mais conhecidas desenvolvidas no âmbito privado estão o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) do *Green Building Council* Brasil; o selo AQUA, da Fundação Vanzolini; o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) da *Building Research Establishment* (BRE); e o DNGB (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*), do Conselho Alemão de Construção Sustentável. O setor público também busca construir suas próprias certificações, como a Etiqueta Procel Edifica, da Eletrobrás; o selo Casa Azul, da Caixa Econômica Federal, entre outros. Com suas diferentes metodologias, cada um desses selos traz oportunidades de aprendizado para empresas.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa adotado foi do tipo exploratório, realizado através do levantamento de informações existentes visando sua organização, ainda que na área de desenvolvimento de projetos dessa natureza exista pouco conhecimento. Trata-se de uma pesquisa aplicada, uma vez que tem como meta a geração de conhecimento para aplicação prática do manejo de RCC por meio da criação de representações gráficas que auxiliem os intervenientes da construção civil. Para o desenvolvimento desse tipo de projeto estão sendo utilizadas algumas Normas Técnicas Brasileiras de desenho, nomenclaturas de projeto, projeto de edificações e ferramentas computacionais de projeto, o que deve contribuir para a criação de layouts específicos do canteiro para organização das diferentes fases da geração de resíduos e seu gerenciamento. A pesquisa foi motivada pela necessidade de resolver problemas concretos de gestão de RCC em canteiros de obras e pela obrigatoriedade do setor da construção civil implantar esse tipo de gestão após a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Para isso será desenvolvido projeto piloto da gestão de RCC em canteiro de obra multifamiliar, em fases diferentes da construção da referida obra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O arranjo físico do canteiro de obras para viabilizar e dar eficiência aos planos e ações voltados para a gestão de resíduos deve seguir alguns critérios e procedimentos. O primeiro fator a ser considerado é que os espaços operacionais disponíveis durante a execução de uma obra passem por sucessivas mudanças na medida em as diversas atividades e serviços forem sendo desenvolvidos, demandando atenção e planejamento para que não ocorram ocupações desordenadas que, em geral, intensificam a geração de resíduos.

A utilização dos materiais para os mais diversos serviços de construção determina o tipo de dispositivo de acondicionamento a ser utilizado para recebimento dos resíduos no canteiro, quer seja para reutilização na própria obra ou para triagem e posterior distribuição para reciclagem ou disposição final. Implica, também, nos diferentes dispositivos de carga, descarga e transporte interno. A preparação do canteiro deve considerar, para cada etapa, a necessária circulação dos materiais e operários.

As dimensões do canteiro e suas características específicas no que tange à gestão de resíduos deverão, ainda, levar em conta os modos e meios de produção específicos de cada construtora, seus quadros operacionais, os tipos de materiais e sistemas construtivos comumente utilizados e, principalmente, seus índices de perda de materiais. Portanto, somente com a elaboração de

um Plano de Gestão dos Resíduos da Construção Civil (PGRCC) será possível identificar quantos e quais dispositivos deverão ser disponibilizados no canteiro em cada fase da obra.

Na elaboração de um projeto para canteiro de obra com foco na gestão dos RCC as diretrizes devem ser divididas em dois grupos: diretrizes para caracterização da obra e seus resíduos e, diretrizes para projeto do canteiro. Após a conclusão da etapa de caracterização da obra e da sua geração de resíduos deve-se proceder com a caracterização do canteiro de obras para desenvolvimento do seu layout.

4.1 Diretrizes para caracterização da geração de resíduos

De acordo com o tipo de obra a ser realizada e com as especificações obtidas através dos projetos executivos e memoriais descritivos na etapa de caracterização da obra, a caracterização da geração de resíduos deverá contemplar os seguintes aspectos além daqueles recomendados pelas Normas e Resoluções vigentes:

- Especificar os materiais a serem utilizados durante a execução da obra, considerando: a) a disponibilidade de fabricantes locais ou o mais próximo possível do local de realização da obra para minimizar o impacto ambiental causado pelo transporte terrestre (trânsito, poluição, etc.) e b) produtos certificados, reciclados e/ou recicláveis;
- Quantificar o consumo de materiais para cada etapa da obra;
- Indicar a velocidade de consumo dos materiais quantificados para cada etapa da obra;
- Indicar a expectativa de perda dos materiais especificados e quantificados para cada etapa da obra, inclusive a metodologia adotada para cálculo;
- Indicar a velocidade de geração de resíduos para a expectativa de perda dos materiais especificados e quantificados para cada etapa da obra.

4.2 Diretrizes para caracterização do canteiro de obras

Depois de caracterizada a geração de resíduos segue a etapa final do projeto do canteiro de obras com foco na gestão dos RCC, com o seguinte roteiro sugerido e com aspectos que vão além daqueles recomendados pelas Normas e Resoluções vigentes:

- Identificar e dimensionar a infraestrutura do canteiro para recebimento de materiais;
- Estabelecer os fluxos internos para circulação de materiais para cada etapa de execução da obra;
- Estabelecer os fluxos internos para circulação de equipamentos, máquinas, veículos e operários da obra e para manejo dos resíduos (recebimento, triagem, acondicionamento, tratamento e remoção);
- Dimensionar o setor de triagem e acondicionamento para reutilização e para remoção conforme a classificação e o volume previstos a serem gerados em cada etapa da obra;
- Prever as alterações de layout conforme as necessidades de armazenagem dos RCC para as diferentes etapas da obra.

4.3 Dimensionamento e layout do canteiro

Para o correto dimensionamento e desenvolvimento de layouts adequados de um canteiro de obras racional deve ser observada a seguinte sequência (Saurin e Formoso, 2006): posição do estande de vendas; escolha do local de acesso; posição da guarita; posição de cremalheiras, guinchos e gruas; posição dos alojamentos e sanitários; posição dos almoxarifados; posição das centrais de processamento (argamassa, corte e dobra de aço, etc.) associadas a seus respectivos estoques e posição do escritório técnico.

À sequência sugerida por Saurin e Formoso (2006) acrescentamos então, com base nos resultados das caracterizações das etapas anteriormente descritas, as recomendações voltadas para a gestão dos RCC: posição da área de triagem e classificação de resíduos; posição da área de armazenamento dos resíduos a serem reutilizados na própria obra; posição de máquinas e equipamentos destinados ao tratamento dos RCC para reutilização na própria obra; posição da área de armazenamento de resíduos a serem retirados da obra para tratamento, reciclagem ou disposição final e dimensionamento dos locais de armazenamento dos RCC conforme o volume previsto por tipo classificado e por etapa da obra.

4.4 Organização do canteiro de obras para gestão dos RCC

Um canteiro de obras bem organizado otimiza os processos construtivos de um edifício, podendo assim promover a redução dos impactos ambientais, valorização dos materiais reutilizáveis ou recicláveis e também promove a redução no custo global do empreendimento. (Faria, 2008)

Assim, para organização e dimensionamento adequados à gestão dos resíduos da construção civil, os projetos de canteiros devem considerar:

- Local adequado para recebimento e armazenamento de materiais novos para evitar as perdas iniciais decorrentes de condições indevidas de estocagem, tais como ausência de local coberto adequado para estocagem de: cimento; cal; tijolos e blocos; falta de estrados para materiais ensacados; falta de locais suspensos para estocagem de aço e tubos de PVC separados por bitolas e diâmetros;
- Uso de materiais reaproveitáveis, reciclados e recicláveis para construção dos locais de armazenagem de materiais e acondicionamento de resíduos;
- Facilidade de acesso às vias públicas para transporte de entrega de materiais e saída de entulho evitando obstrução das vias e minimizando o impacto ambiental decorrente da emissão de gás carbônico, congestionamentos, etc.;
- Local específico para depósito de materiais recicláveis a serem reaproveitados por coleta seletiva, tais como papel, vidro e alumínio;
- Especificação do tipo de local ou meio de acondicionamento dos RCC conforme o tipo de resíduo, tais como baias, caçambas estacionárias, tambores, big-bags e bombonas;
- Planejamento e organização das áreas de armazenagem com aplicação do método PEPS (primeiro a entrar, primeiro a sair).

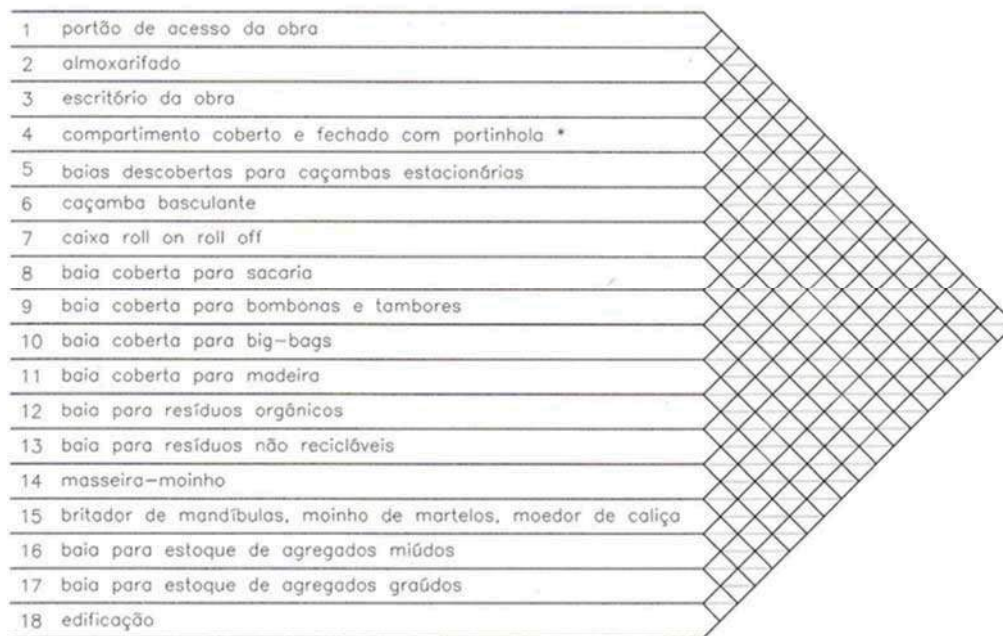
Como resultado principal desta pesquisa, apresenta-se a carta de interrelações preferenciais (fig.3) desenvolvida a partir de todas as informações agrupadas com o objetivo de facilitar o planejamento físico do canteiro de obras e a representação gráfica das instalações de manejo dos RCC. No modelo apresentado levou-se em conta todo tipo de dispositivo disponível para acondicionamento dos diferentes tipos de resíduos possíveis de serem gerados em uma obra de construção a ser realizada por um grande gerador.

Esta carta serve para listar os setores e dispositivos que deverão ser considerados no projeto. Em seguida, deverão ser feitas as análises de proximidade dos ambientes considerando as variáveis indicadas, tais como facilidades de acesso, troca de informações e dados, supervisão e controle, frequência de substituição dos dispositivos, frequência de remoção do material da obra, utilização de equipamentos comuns, redução de fluxos internos, facilidade de remoção do dispositivo do canteiro, isolamento de material contaminado e proximidade do local de reutilização – aspectos diretamente relacionados às atividades administrativas do canteiro.

Os níveis de proximidade, associados às razões para aproximação ou afastamento, analisados entre o espaço físico disponível no canteiro entre o portão de acesso e a área de construção,

indicarão a geometria, a forma de distribuição, o layout ideal para o canteiro, favorecendo a gestão dos RCC nas diferentes etapas da obra. A carta deverá ser revisada e adequada conforme o andamento da obra, considerando a possível redução de espaço livre disponível e também a descontinuidade no uso de alguns dispositivos.

CARTA DE INTERLIGAÇÕES PREFERENCIAIS



níveis de proximidade		
classificação	interligação	cor (SLP)
A	absolutamente necessária	vermelho
E	muito importante	amarelo
I	importante	verde
O	pouco importante	azul
U	indiferente	branco
X	indesejável	marrom

razões para proximidade ou afastamento	
código	razões
1	facilidade de acesso de pessoal
2	troca de informações e dados
3	supervisão e controle
4	freqüência de substituição de dispositivos
5	freqüência de remoção do material da obra
6	utilização de equipamentos comuns
7	redução de fluxos internos
8	facilidade de remoção do dispositivo do canteiro
9	isolamento de material contaminado
10	proximidade do local de reutilização

Figura 3. Modelo de carta de interrelações preferenciais (Autores)

Por meio das informações extraídas do memorial de caracterização da obra no que se refere aos materiais e técnicas a serem empregadas na construção, associando-se às estimativas de geração de resíduos (baseadas nos próprios índices da construtora), o responsável pelo projeto do canteiro de obras poderá utilizar a carta modelo apresentada para subsidiar seu projeto com informações lógicas baseadas na quantidade de dispositivos necessários, bem como por quanto tempo deverão permanecer disponíveis no canteiro.

Desta forma, a diagramação do canteiro se dá de maneira ajustada às reais necessidades do gestor de resíduos, favorecendo a redução de fluxos internos, o correto acondicionamento para reutilização no próprio canteiro ou obra, bem como para aperfeiçoar a remoção para reciclagem ou disposição final.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Por se tratar de uma instalação provisória, existe certo negligenciamento com o projeto canteiro de obras. Há, de fato, projeto para as instalações do canteiro que atendem às exigências de

segurança do trabalho e bem estar do trabalhador alojado na obra. Isso se deve às severas punições imputadas no Brasil pelas leis trabalhistas que garantem ao trabalhador da construção, condições de segurança e saúde.

Porém, foi possível concluir que o mesmo não ocorre quando o assunto é a gestão dos resíduos da construção civil. Um novo entendimento desta questão é essencial para que a visão do “local provisório” onde se depositam os “restos de materiais” ou entulho deixe de ser um alibi para a falta de planejamento e gestão e dê lugar a uma nova cultura de redução do desperdício e reaproveitamento de todo material descartado possível, seja no reuso ou na reciclagem, permitindo a geração de trabalho e renda através das cooperativas de reciclagem e, principalmente, preservando as fontes de recursos naturais que ainda são consumidas de forma desrespeitosa, podendo privar as futuras gerações de uma vida com qualidade em harmonia com o meio ambiente.

Do presente trabalho conclui-se que devem ser elaboradas diretrizes específicas para desenvolvimento e detalhamento de projetos de canteiros de obras com foco na gestão de resíduos da construção civil. Como resultado, foram elencados os principais aspectos a serem considerados pelos projetistas para realização destes projetos, bem como para elaboração de listas de verificação e padronização de formulários pelos órgãos municipais competentes, somando-se às diversas iniciativas já existentes em algumas cidades do país.

Ficou demonstrado que um projeto eficaz de gerenciamento de resíduos deve fazer parte do projeto do empreendimento desde as suas etapas iniciais, de concepção e planejamento. Da escolha do local, passando pelos fornecedores de materiais até o plano de gestão dos resíduos gerados pela realização de uma determinada obra, todas as atividades são potenciais geradoras de resíduos. A própria desmontagem do canteiro precisa ser planejada como etapa final desta gestão. Para cada etapa da obra o layout do canteiro deve estar adaptado para recebimento, triagem, classificação, armazenamento e transporte para destinação final conforme a demanda. Pelo exposto, foi possível concluir que a aplicação da carta de interrelações no desenvolvimento do layout do canteiro pode contribuir para o manejo ambientalmente adequado dos RCC conforme as diretrizes estabelecidas pelas resoluções e leis brasileiras sobre esses resíduos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP/Brasil, rede de pesquisa CANTECHIS (Convênio nº. 01.11.0056.00/FINEP), pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS

Brasil. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 05 abril 2014.

Careli, E. Resíduos da Construção exigem gestão. AECweb. Disponível em <http://aecweb.com.br/cont/n/residuos-da-construcao-exigem-gestao_2305>. Acesso em: 28 abril 2014.

Conama, Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Diretrizes e Procedimentos para Gestão dos Resíduos da Construção. Brasília: MMA/CONAMA, 2002.

Faria, R. Canteiro racional. Revista Técnica, 2009. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/151/artigo286641-1.aspx>>. Acesso em: 02 maio 2014.

Marques Neto, J. C. Estudo da gestão municipal dos resíduos da construção civil na Bacia Hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15). 669f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade do São Paulo, São Carlos, 2009.

Menezes, M. S; Pontes, F. V. M; Afonso, J. C. Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição. RQI, Edição 733, 4º trimestre, [S.L], 2011, 21p.

São Paulo. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Gestão de Resíduos Sólidos: Projeto de Apoio à Gestão Municipal de Resíduos Sólidos (GIREM). 2014. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/o-que-fazemos/gestao-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 02, maio 2014.

Saurin, T.A.; Formoso, C.T. Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos. Porto Alegre: ANTAC, 2006. (Recomendações Técnicas HABITARE, v.3).

Gestão da água em edificações através do aproveitamento de condensação do sistema de ar-condicionado: um exemplo em Vitória, Brasil

Celso Bastos

Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Vitória, ES Brasil
celsobastos10@gmail.com

Sérvio Túlio

Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Vitória, ES Brasil
servio.cassini@terra.com.br

Ricardo Franci

Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Vitória, ES Brasil
rfg822@gmail.com

ABSTRACT: In commercial and corporative buildings, the environment is acclimatized to guarantee best comfort and productivity. All water drained from the air conditioning system usually is discarded. This project evaluates the potential of use of condensed water in a institutional dental clinic, as an alternative source to the consumption of 2.600 liters of treated water, used on maintenance in general: toilet's cleaning, facades, sidewalks, parking lots and gardens. Physical-chemical parameters were analysed as well as microbiological, outputs and demands of condensed water. With a thermal refrigeration load installed of 62.75TR's, the medium output is 33 liters/hour, considering 10 hours/day of function, the production reaches 330 liters/day and within 25 days/month, the total sums 7.260 liters/month. The offer of condensed water will supply all the demand and also substitute 22.63% from water used in toilet's flushing which gives a possible and necessary use of this resource.

Keywords: Sustainable Construction, Reuse of Water, Condensed Water.

RESUMO: Nas construções comerciais e corporativas, os ambientes são climatizados para garantir maior conforto e produtividade. Toda água drenada dos climatizadores de ar, normalmente é descartada. Esse projeto avalia o potencial de uso da água de condensação em uma clínica odontológica institucional, como fonte alternativa ao consumo de 2.600 litros de água tratada, usada na manutenção geral: limpeza dos sanitários, fachadas, calçadas, garagens e jardins. Foram analisados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, vazões e demandas da água de condensação. Com uma carga térmica de refrigeração instalada de 62.75TR's, a vazão média para a água de condensada é de 33 litros/hora, considerando 10 horas/dia de funcionamento, a produção chega a 330 litros/dia, sendo 25 dias/mês, o total seria de 7.260 litros/mês. Conclui-se que a oferta de água de condensação poderá suprir a demanda da manutenção e substituir 22,63% da água utilizada em descargas sanitárias o que lhe confere um uso possível e necessário.

Palavras-chave: Construção Sustentável, Re-uso de águas, Água de condensação.

1 INTRODUÇÃO

A dificuldade de acesso à água potável, neste início de século, está nos forçando a repensar nossos conceitos de estabilidade, dependência e responsabilidade, bem como nossa percepção sobre sustentabilidade do planeta e das futuras gerações. (Victorino 2007).

Devido ao aumento do consumo de água e sua grande escassez em algumas regiões, esse líquido passou a ser considerado como um bem econômico, conforme Agenda 21, conferida em 1992. (Costa 2005). A gestão de recursos hídricos é um dos maiores desafios do presente século. A maioria das áreas urbanas enfrenta escolhas difíceis e caras soluções para atender a demanda existente e futura (Donofrio 2009).

Dado o seu impacto ambiental, econômico e social, os edifícios são uma parte significativa do desenvolvimento sustentável. É preciso implantar um racional uso de água nas edificações, de forma que a redução do consumo seja resultante de um sistema predial integrado que garanta sempre a qualidade necessária para a realização das atividades consumidoras com o mínimo de desperdício.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo propor a redução do consumo de água potável, demonstrando a viabilidade da aplicação de um sistema que capta a água condensada drenada dos evaporadores dos condicionadores de ar nos ambientes (que geralmente é descartada), e a aproveita para fins diversos como manutenção predial geral e descargas sanitárias, após conhecidos os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e definido o tratamento adequado para o uso e armazenamento pretendido.

A água tratada é usada hoje para todos os fins, com o desenvolvimento das áreas urbanas, sua demanda cresce acima da oferta disponível. Cada vez mais as cidades precisam buscar água a distâncias maiores sobrecarregando os mananciais e aumentando a poluição. Fontes alternativas e o re-uso de água, tornaram-se uma necessidades imediatas para a proteção dos mananciais e preservação do meio ambiente.

2 CONCEITO

Parte do ar respirado é composto por vapor de água diluído. Para que o vapor volte ao estado líquido, a temperatura da superfície tem que estar abaixo da temperatura de ponto de orvalho, que é temperatura ao qual o vapor de água presente no ar ambiente passa ao estado líquido na forma de pequenas gotas (condensação).

A água recuperada pelo sistema do ar condicionado depende da ocupação humana e da psicometria externa. O ambiente interno tem suas condições climáticas controladas artificialmente. O corpo humano reage metabolicamente de maneira similar a estas condições em qualquer região, liberando vapor similar, quando exercendo a mesma atividade. O ar externo tem condições psicométricas que variam de acordo com o local onde a edificação se encontra. Antes do ar ser injetado no ambiente ele passa por um processo de filtragem e refrigeração, para que sua temperatura de bulbo seco do ar insuflado não ultrapasse a temperatura de bulbo seco interna (Bastos, 2012).

Neste processo há geração de condensado (água), sendo que esta quantidade de água gerada depende diretamente das condições psicométricas externas, quanto maior for a umidade externa, maior será a quantidade de água de condensação será gerada.

A água é removida do ar pelo evaporador, como um subproduto do seu método de arrefecimento. Nenhuma parte do design desse equipamento foi projetada com a intenção de produzir água para consumo humano. Como tal, soldas de chumbo são usadas nas bobinas de cobre, e nenhuma atenção especial é dada garantindo que haja superfícies antibacterianas e antifúngicas na bandeja de condensação. O sistema todo é projetado para desumidificar o ar e rapidamente descartar a água residual e não para produzir água limpa e potável. Sendo assim, mesmo que a proposta de aproveitamento da água de condensação seja para uso não potável, há a necessidade de se conhecer os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de condensação, uma vez que será armazenada em ambiente construído e em contato de pessoas.

Há uma remota, mas possível possibilidade de contaminação da água de condensado pela bactéria *Legionella*, caso a drenagem não seja contínua e fique estagnada na bandeja interna do aparelho condicionador de água. O mesmo poderá vir a acontecer, com a bactéria *Escherichia coli*, mais conhecida pela abreviatura *E. coli*, caso algum animal de sangue quente possa vir a penetrar no evaporador e morrer dentro do aparelho.

Toda água que direta ou indiretamente fica retida em reservatórios externos ou internos, necessita receber um tratamento mínimo para garantir sua desinfecção e evitar o desenvolvimento de micro organismos e com a água de condensação não seria diferente. A operação do sistema hidrossanitário tem o manuseio de pessoas que por descuido ou falta de conhecimento adequado, poderão fazer um uso indevido dessa água imprópria, para o consumo humano.

3 MÉTODOS E CONCEPÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

A edificação proposta para o estudo de caso trata-se de uma clínica odontológica institucional, pertencente à Fundação de Assistência e Educação-FaesA atendendo cerca de 2.372 pacientes por mês gratuitamente. O prédio foi construído com quatro pavimentos, sendo subsolo, térreo, primeiro e segundo piso, totalizando 2.530,45 m² de área construída. (Figura 1).



Figura 1: fachada principal da clínica (fonte acervo pessoal do autor)

Foram instalados aparelhos do tipo *split* nos ambientes e com potência variada (Tabela 1) em função da área a ser climatizada (figura 2-(a) e (b)).



Figura 2: (a) e (b) Área de atendimento – clínica odontológica da fundação (fonte: acervo pessoal do autor)

Tabela 1 – Potência de refrigeração (Btu´s) por pavimento

Local	Potência de refrigeração	Total por pavimento
Subsolo	1x 60.000	60.000
2º piso	6x60.000 + 2x9.000+ 18.000+2x24.000	444.000
3º piso	4x60.000+ 9.000	249.000
Total (Btu´s)	-	753.000
Total (TR´s)	-	62,75

Os aparelhos condicionadores de ar tiveram sua drenagem canalizada e direcionada para um único ponto, ficando sua água de condensação armazenada em uma caixa de 500 litros exclusiva para essa água no pavimento de subsolo e em seguida sendo bombeada para ser aproveitada para usos diversos, como lavagem e manutenção geral de pisos, fachadas, banheiros e jardins. (figura 3).



Figura 3: caixa com a água de condensação armazenada no subsolo (fonte: acervo pessoal do autor).

No sistema de ar condicionado existem dois elementos principais: uma unidade interna e outra externa. A temperatura da serpentina por onde passa o ar na unidade interna fica abaixo de 12°C, fazendo com que parte do vapor contido no ar volte ao estado líquido. Considerando que, para transformar ar úmido em 1kg de água, o Calor Latente de vaporização é de 538Kcal/Kg, alterando, assim, o seu estado físico de vapor para líquido. Apenas 30% do ar que circula na serpentina entra em contato com a superfície da mesma. Normalmente a capacidade das máquinas de ar condicionado é de 30% a 70% de remoção de Calor Sensível e de 30% a 70% de remoção de Calor Latente (Figura 4).

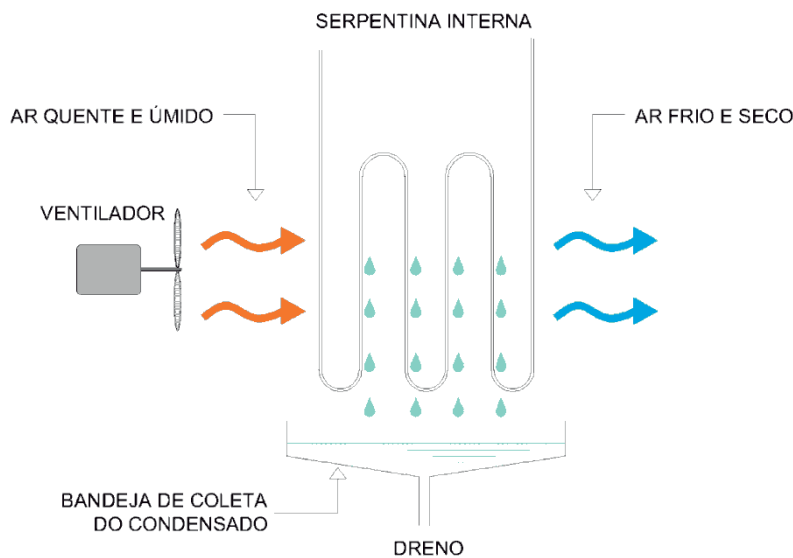


Figura 4: esquema de drenagem (fonte: acervo próprio do autor)

Para a realização das análises físico-químicas e microbiológicas da água de condensação, foram realizadas coletas quinzenais durante o mês de fevereiro e março de 2015 e verificados os seguintes parâmetros: temperatura, turbidez, alcalinidade, dureza, salinidade, condutividade, Ph, série de sólidos, série nitrogenada, fósforo, sulfato, DQO e DBO. Para os parâmetros microbiológicos, foram verificados Coliformes Totais, e-coli e Heterotróficos.

Os ensaios foram realizados no laboratório da Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, conforme as recomendações e procedimentos do Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1992).

4 RESULTADOS ALCANÇADOS

Foram levantados diversos dados da Clínica como instalações físicas, população e funcionamento, para que fosse possível dimensionar a vazão e propor a demanda para a água de condensação.

A capacidade de refrigeração instalada de 62,75 TR's e a vazão de água condensada drenada foi calculada através da média levantada durante 3 meses de medição (Tabela 2).

Tabela 2: vazão diária de água de condensação

Volume de água drenada e armazenada (litros/dia)	Consumo Diário para demanda limpeza e manutenção (litros)	Economia prevista com consumo de água (%) de manutenção	Volume de água condensada restante (litros/dia)
330	117	100%	213

Toda água restante drenada e excedente ao uso na manutenção, poderá ser usada em substituição parcial à demanda necessária às descargas sanitárias, 941,25 litros/dia, conferindo uma economia de 22,6% de água tratada. Os dados foram baseados na população diária, fornecida pela Instituição. (Tabela 3).

Tabela 3: população media diaria

População Média/Diária	Consumo Diário para demanda de descargas (litros/dia)	Volume de água condensada restante (litros/dia)	Economia prevista de água tratada (%)
135	941,25	213	22,6

Ao adotar fontes alternativas de uso de água, o gestor torna-se “produtor da água” e, portanto responsável pela gestão qualitativa e quantitativa desse insumo. A falta de gestão dos sistemas alternativos pode colocar em risco o usuário pelo uso de água com padrões de qualidade inadequados. Desta forma, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram caracterizados e conhecidos.

Quanto aos parâmetros analisados, verificou-se que em relação à portaria que regulamenta a classificação de mananciais e padrões de lançamento de efluentes (CONAMA 357-2005) que a água de condensação pode ser enquadrada na Classe 1 de águas doces. Os resultados encontrados foram listados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados das análises físico químicas

Parâmetros	Unidade	Resultados
Físico-Químicos		
pH	-	7,1
Temperatura	°C	13,51
Condutividade	µS/	25,5
Oxigênio Dissolvido	µg/L	7,62
DQO	mg/L	0,019
Salinidade	mg/L	0
Turbidez	NTU	0,7
Sólidos Totais	mg/L	17,5
Microbiológicos		
Coliformes Totais	NMP/100mL	866,4
Escherichia Coli	NMP/100mL	0
Heterotrófico	UFC/mL	88

De acordo com os resultados obtidos, infere-se que a água condensada analisada deverá receber tratamento para desinfecção uma vez que a mesma será armazenada e manipulada dentro da

edificação para o fim proposto, manutenção geral e substituição parcial da água utilizada nas descargas sanitárias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água de condensação drenadas dos evaporadores de ar é uma fonte de água com grande potencial de aproveitamento e que na maioria dos casos é desprezada sem ser utilizada. O acúmulo resultante pode fornecer uma quantidade considerável de água doce que pode ser utilizada de forma positiva substituindo parcialmente o consumo de água potável.

Como a escassez de água sendo difundida, a água de condensação está ganhando cada vez mais atenção para aplicações não potáveis. Se o potencial risco de bactérias é proveniente das águas pulverizadas estaquinadas em bandejas, com o desenvolvimento do uso, as indústrias podem rever os designs dos equipamentos reconsiderando esta questão para usar esta fonte de água como um suplemento viável e crescente.

Isso representa um resultado econômico significativo e um avanço em relação às questões ambientais. Se há fluxo suficiente para reutilizar a água que é indiretamente gerada através do uso regular diário de um edifício, e se há demanda para a consumir, a importância do uso e o incentivo a este sistema são inegáveis, especialmente quando cada contribuição para reduzir os impactos ambientais se tornaram extremamente importante no cenário global.

REFERÊNCIAS

American Public Health Association. Standards methods for the examination of water and wastewater. 15. ed. Washington, DC: APHA-AWWA-WPCF, 1992. 1268 p

Bastos, C., Arquitetura Institucional de Ensino Superior Estudo de ações sustentáveis projetadas associadas à Metodologia LEED™. Dissertação mestrado Engenharia Civil, PPGEC – UFES 2012.

Brasil. Resolução CONAMA nº 537, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União. Brasília.

Costa, D. M. A.; Barros Junior, A. C. Avaliação da Necessidade do Reuso de Águas Residuais. *Holos*, 21 (2), 81-101, 2005.

Donofrio, J.; Kuhn, Y.; McWalter, K.; Winsor, M. Water-Sensitive Urban Design: An Emerging Model in Sustainable Design and Comprehensive Water-Cycle Management. *Environmental Practice*. 11(03), 2009, p. 179-189.

Victorino, Célia Jurema Aito Planeta água morrendo de sede : uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos / Célia Jurema Aito Victorino. – Porto Alegre : EDIPUCRS, 2007.

Um Estudo do Planejamento do Fluxo de Materiais utilizando o Simulador STELLA

Phelipe Viana Ruiz

Pontifical Catholic University of Campinas, School of Engineering, CEATEC, Campinas, São Paulo, Brazil
phelipevruiz@hotmail.com

Patricia Stella Pucharelli Fontanini

Pontifical Catholic University of Campinas, Department of Civil Engineering, Campinas, São Paulo, Brazil
pspuca@terra.com.br

Lia Lorena Pimentel

Pontifical Catholic University of Campinas, Department of Civil Engineering, Campinas, São Paulo, Brazil
lia_pimentel@hotmail.com

Ana Elisabete Paganelli Guimarães de Avila Jacintho

Pontifical Catholic University of Campinas, Department of Civil Engineering, Campinas, São Paulo, Brazil
anajacintho@gmail.com

ABSTRACT: The construction sector is considered one of the biggest consumer of natural resources and one of the main productive sectors of economy. This scenario justifies the materials flow employed in construction, from the flow process systematization, with the intention to reduce the waste of inputs and improve the involved processes. The materials flow identification with its quantitative and qualitative features allow its establishment, from simulations, to get a higher level of efficiency in the processes. Were studied the application of a auxiliary supermarket in the supply chain, pointing possibilities to improve the materials flow, stock and processing times at construction site and the chain, from elaboration of simulations through the *software* “STELLA” and analysis of the proposal by the researchers in civil construction sector. It highlights the Lean Construction application and of the possibilities to theoretically simulate using the solutions proposals by the researchers.

Keywords: Civil Construction, Materials Flow, Supply Chain, Lean Construction.

RESUMO: O setor da construção é considerado um dos maiores consumidores de recursos do planeta e um dos principais setores produtivos da economia. Esse cenário justifica o estudo do fluxo de materiais empregados na construção, através da sistematização de seus processos, com o intuito de reduzir o desperdício de insumos e aprimorar os processos envolvidos. A identificação do fluxo de materiais com suas características quantitativas e qualitativas permite um equacionamento da mesma, a partir de simulações, para obter o máximo de eficiência em seus processos. Estudou-se a aplicação de um supermercado auxiliar na cadeia de suprimentos, apontando possibilidades de melhoria no fluxo de materiais, estoques e tempos de processamento na obra e na cadeia, a partir da elaboração de simulações através do *software* “STELLA” e da análise da proposta dos pesquisadores no setor da construção civil. Destaca-se a aplicação dos princípios da Construção Enxuta e das possibilidades de simulação teórica com o uso das soluções propostas pelos pesquisadores.

Palavras-chave: Construção Civil, Fluxo de Materiais, Cadeia de Suprimentos, Construção Enxuta.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente o setor da construção civil sempre apresentou problemas relativos a desperdícios e perdas em obras. O aumento da concorrência no mercado atual e a diminuição das margens de lucro obtidas criam a necessidade de maior investimento nas áreas de planejamento e controle, o que leva a realização de estudos em busca de soluções que reduzam os desperdícios e as perdas no setor.

Na construção a cadeia de suprimentos tende a ser fragmentada devido à grande variedade de projetos, fornecedores e outros recursos diretos (como força de trabalho) e indiretos (aluguel de equipamentos) necessários. Além disso, as empresas da construção civil, também chamadas de prestadoras de serviço ou empresas, tendem a ser geridas baseadas em métodos de gerenciamento de projeto tradicionais. Como o entendimento comum do gerenciamento de projeto depende do tempo, estratégias tradicionais, polícias e das diretrizes para o gerenciamento das cadeias de suprimentos na construção têm sido baseadas em abordagens temporárias. Neste sentido, os problemas encontrados nas cadeias de suprimentos na construção podem ser atribuídos ao impacto conjunto do aumento da fragmentação e da ineficiência dos métodos de gestão (Souza & Koskela 2014).

1.1 Justificativa

A globalização econômica tem promovido grandes transformações na economia mundial. Exemplos destas transformações são: o aumento da competitividade, introdução de novas tecnologias gerenciais a mudança comportamental do mercado consumidor, que se mostra cada vez mais exigente e informada.

Na última década, a construção civil brasileira vem passando por um processo de mudanças e reestruturação produtiva em diversos de seus segmentos, impactando diretamente no cotidiano dos trabalhadores e do movimento sindical do setor. Segundo Mesquita (2012), no ano de 2012 a construção civil foi responsável por cerca de 14% do PIB brasileiro, o que demonstra a importância dos estudos na área de gestão e planejamento na construção civil, devido ao seu peso na economia nacional.

Em detrimento a este novo cenário econômico, as empresas dispostas a permanecer no mercado competitivo tiveram de buscar novos posicionamentos e aperfeiçoamentos de suas cadeias produtivas e gerenciais, buscando compreender a cadeia de suprimentos como um todo, procurando por formas de minimização de gastos, prazos e desperdícios. Com isso, os estudos na área tornaram-se cada vez mais valorizados, para assim aumentar as margens de lucro e a velocidade de produção.

Atualmente, um dos principais focos dos estudos em cadeia de suprimentos tem sido a compreensão do paradigma da mentalidade enxuta ou *Lean thinking*, aplicado ao sistema de agentes, onde o objetivo principal é a viabilização dos conceitos *Lean* na estrutura logística da cadeia de suprimentos. Apesar dos diversos estudos para a compreensão e implementação da mentalidade enxuta na cadeia de suprimentos da construção civil, através da aplicação de princípios da mentalidade enxuta, percebem-se ainda poucos avanços, considerando-se a complexidade das cadeias de suprimentos investigadas (Fontanini 2009).

Os princípios da mentalidade enxuta atendem às exigências do contexto atual, além de ter como ponto de partida a eliminação de desperdícios. Inclui desde estoques de matéria-prima, do material em processamento até o produto acabado entregue ao cliente. Os sistemas de suprimentos enxutos exigem a integração no processo produtivo o que significa a minimização de desperdícios. Essa integração permite uma melhor sincronização entre oferta e demanda levando material para o canteiro (Azambuja et al. 2013).

1.2 Objetivo

Este trabalho tem como objeto avaliar os efeitos da utilização de um sistema de supermercado auxiliar em uma cadeia de suprimentos de esquadrias de alumínio em um dos agentes e avaliar o seu nível de serviço e sincronismo da cadeia, avaliando os aspectos positivos e negativos de sua utilização.

1.3 Cadeia de Suprimentos

Por definição, cadeia de suprimentos é o processo da movimentação de bens desde o pedido do cliente através dos estágios de aquisição de matéria prima, produção até a distribuição dos bens para os clientes.

A Cadeia de Suprimentos da Construção difere de várias maneiras de sua contraparte manufatureira. A sua estrutura é fragmentada, o fluxo de informações cruza as empresas de forma lenta e pouca informação é compartilhada entre elas, onde práticas competitivas são bastante frequentes e há uma necessidade de padronização da gestão de tolerância entre as cadeias de suprimentos (Azambuja & O'Brien 2009).

De acordo com Luhtala et al., citado em Souza & Koskela (2014), a cadeia de suprimentos da construção comprometendo várias organizações e abrangendo um conjunto enorme de atividades possuindo um maior nível de complexidade. Tais atividades ocorrem basicamente em três correntes, denominadas Fluxo de informações, fluxo de capital e fluxo de materiais. Para conectar tais fluxos, existem diferentes interfaces, que são as ligações entre os empreiteiros, fornecedores e projetos simultâneos.

Azambuja & O'Brien (2009) enfatizam a necessidade de uma boa gestão da cadeia de suprimentos na construção dado que os donos não conseguem atingir completamente os objetivos do projeto sem depender de empreiteiros e fornecedores trabalhando em seus projetos.

1.4 Planejamento do Fluxo de Materiais

As pesquisas no campo da Construção Enxuta são recentes, suas técnicas e aplicações estão ainda em estudo. Diversos pesquisadores no Brasil e no mundo têm buscado o desenvolvimento desta ferramenta, a qual tem se apresentado muito promissora. Os resultados após sua aplicação foram positivos, apresentaram melhores níveis de serviço.

Segundo o *Construction Industry Institute* (2011), a implementação de sistemas de informação para gestão de materiais devem facilitar a divulgação de dados atuais para uma ampla gama de usuários do sistema e pode ser aplicado em uma grande variedade de condições de projeto.

De acordo com Soto (2007), do ponto de vista do longo prazo, as organizações ligadas a construção tem de melhorar os processos de forma contínua, a fim de encontrar e utilizar a melhor prática. No entanto, mesmo a melhor prática tem uma ampla reserva de melhoria de potencial e de eficiência, ou pelo menos que continue em evolução.

Conforme Surveski (2013), a gestão do fluxo de materiais se interessa em utilizar análises adicionais para obter informações sobre o processo em estudo e utilizar estes dados para melhorar ainda mais as operações. Esta gestão pode ser implementada no meio de longos processos para se localizar onde os problemas realmente estão.

Existem dois processos principais em um projeto de construção, o processo de *design* e o de construção. O processo de *design* é a fase de refinamento de especificações onde as necessidades e desejos vagos são transformados em requisitos, através de várias etapas para o detalhamento do processo. Ao mesmo tempo, este é o processo de detecção e resolução de problemas. O processo de construção é composto por dois tipos diferentes de fluxos, o processo

de materiais e o de trabalho. O processo de materiais consiste no fluxo de materiais até o canteiro de obras e o processo de trabalho na equipe da obra. (Soto 2007).

1.5 Modelagem e Simulação

Na busca por maior eficiência de uma cadeia produtiva, uma possibilidade é a utilização de simuladores. Essa ferramenta permite criar a cadeia em um ambiente virtual e realizar diversos testes sobre ela, possibilitando comparar os diversos resultados obtidos e assim chegar ao modelo mais eficiente de produção.

Conforme Chwif & Medina (2010) quando se pensa em simular algo, busca-se obviamente simular algum sistema, um agrupamento de partes que operam juntas, visando a um objetivo em comum. Um sistema sempre pressupõe uma interação causa-efeito entre as partes que o compõem.

Para permitir a compreensão da aplicação de concepção enxuta na construção, foram criados os modelos de simulação. Os modelos de simulação se tornaram uma ferramenta de experimentação onde os princípios enxutos foram introduzidos para avaliar os impactos destes em processos mais simples (Al-Sudairi 2007).

Na Modelagem, um fluxo é a taxa de variação em um estoque. Por exemplo, em uma empresa de manufatura, o centro de processos empresariais giram em torno do fluxo de ordens, de materiais, de mão-de-obra qualificada, de máquinas e de dinheiro. O estoque de materiais por exemplo, determina o nível de estoque mantido pela empresa, onde o nível de estoque diminui com a taxa de remessas dos produtos e aumenta com a taxa de produção.

De acordo com Azevedo *et al.* (2007), Al-Sudairi (2007), ao mapear a Cadeia Construtiva através da determinação das atividades e seus tempos de ciclo, identifica-se o comportamento do processo. Sendo ainda possível realizar um comparativo entre um modelo inicial e um modelo enxuto, onde a partir destes traça uma estratégia que interpretará os resultados obtidos.

1.6 Software STELLA

O *software* STELLA é um programa de modulação flexível, com uma interface fácil e intuitiva que permite ao usuário construir modelos dinâmicos que simulam realisticamente sistemas. Dada a combinação de fácil uso e poder de modelação, o STELLA é ideal para a utilização em estudos.

Na forma mais básica, a modelagem no STELLA se dá em três etapas: construção de um modelo qualitativo, realizar sua parametrização e explorar as dinâmicas do modelo. O STELLA apresenta quatro modelos de construção básicos utilizados na modelagem dos processos: os estoques, fluxos, conectores e conversores. A versão utilizada na elaboração deste artigo foi o STELLA 9.1.2.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo proposto, primeiramente foram analisados os dados coletados relativos a cadeia de suprimentos de esquadrias de alumínio relatados na dissertação de Fontanini (2004), a qual seguia um modelo de produção denominado Empurrado-Empurrado (EE-EE) e os modelos estruturados por Ruiz & Fontanini (2014). No modelo Empurrado-Empurrado a produção começava antes da ocorrência da demanda pelo produto, ou seja, a produção dependia de uma ordem anteriormente enviada.

Após o recebimento de tal ordem, era feita a produção do produto, não existindo qualquer relação com a real demanda dos clientes. Nesse modelo, a produção ocorria isoladamente em cada agente, sendo a ordem de produção enviada ao setor responsável, que produzia os itens e depois os “empurrava” para a próxima etapa do processo produtivo, daí o nome “produção empurrada”.

Após a análise, foi realizada a elaboração do modelo para um estado futuro que consistia na implementação de um supermercado (estoques controlados) auxiliar, onde, quando a fábrica, principal fornecedora de esquadrias para a obra, não conseguia atender a demanda da obra, este supermercado auxiliar enviava o restante de material faltando. Avaliadas as cadeias, foi realizada a modelagem e simulação propostas por Fontanini (2009) com o auxílio do *software* STELLA 9.1.2, para o estado atual e futuro das cadeias acima descritas.

Na elaboração do modelo de estado futuro utilizou-se um sistema de supermercados auxiliares da cadeia de suprimentos de esquadrias de alumínio original e a implantação de imprecisão quanto às entregas do distribuidor e da fábrica para resultar em informações mais próximas à realidade. Como resultado foi realizado uma análise desta cadeia de estado futuro, a partir das simulações descritas acima, e comparando também os dados obtidos relativos aos estoques, ao tempo de reposição das esquadrias e do nível de serviço da cadeia de suprimentos.

Para a realização análise de dados utilizou-se os dados obtidos pelo simulador STELLA realizando um comparativo entre a situação atual da cadeia de esquadrias de alumínio e da cadeia após a aplicação de um sistema de supermercado auxiliar. Tais dados foram detalhados no item “Análise de Dados”.

2.1 Estudo de Caso

O estudo de caso em questão foi relativo à cadeia de suprimentos composta por cinco agentes: Fabricante de Tarugos de Alumínio (Poços de Caldas - MG); Fabricante de Perfil de Alumínio (Sorocaba – SP); Fabricantes de Esquadrias de Alumínio (Indaiatuba – SP); Obra / Construtora (Campinas – SP); Cliente Final (Campinas – SP) e um supermercado auxiliar teórico.

3 ANÁLISE DE DADOS

A pesquisa iniciou com a modelagem e posterior simulação do estado atual da cadeia de suprimentos de esquadrias. Verificou-se que o fluxo de materiais percorria os agentes de forma “empurrada”, apresentando diversos estoques entre agentes dos processos. Tal constatação é possível de se observar a partir do modelo representado na Figura 1, localizado ao final deste artigo. A cadeia de suprimentos de esquadrias de alumínio apresentou no estado atual um *Lead Time* total de 161,3 dias. Entretanto, o tempo de valor agregado observado foi de 5,2 horas, sendo que o total de etapas envolvidas foi de 28 processos. Destes, apenas 21 agregavam valor. Neste primeiro modelo obteve-se uma média de nível de serviço de aproximadamente 90,93% ao final de 360 dias simulados.

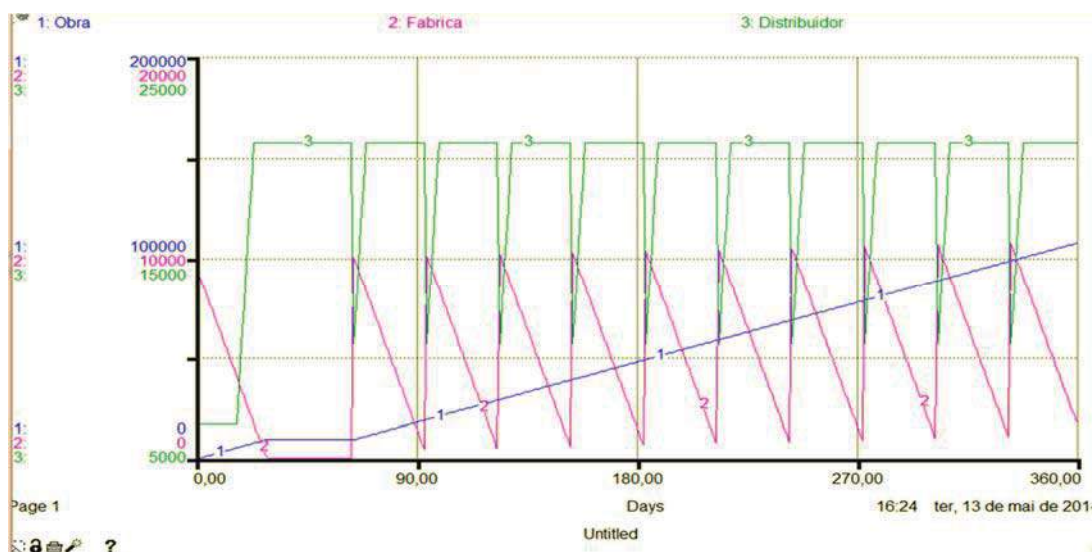


Gráfico 1. Resultado do acompanhamento de Estoques do Macro Mapa de Fluxo de Valor do Estado Atual da Cadeia de Suprimentos de Esquadrias de Alumínio EE-EE, adaptado de (FONTANINI, 2009). Fonte: Ruiz & Fontanini (2014).

O nível de serviço se manteve alto em função dos grandes estoques que os agentes foram obrigados a manter devido a incerteza de entrega do material na qualidade e dia previstos. Tal fato acarreta maiores custos e investimentos, com possível deterioração de parte dos materiais em estoque, sendo este modelo continuamente repetido nas obras, mesmo nos dias atuais. Ao analisar o Gráfico 1 observa-se os estoques crescentes na Obra e no Distribuidor sincronizados com a demanda constante das etapas planejadas. Ainda é possível observar o estoque da Fábrica (gráfico dente de serra) que oscila em função das compras programadas pelo setor de suprimentos. Aparentemente espera o estoque zerar para realizar o novo pedido, o que acarreta maiores prazos de entrega e possíveis atrasos. A estrutura do Modelo Empurrado-Empurrado (EE-EE), representado na Figura 1, é uma adaptação do modelo presente em Fontanini (2009) necessária para a aplicação dos dados presentes em Fontanini (2004).

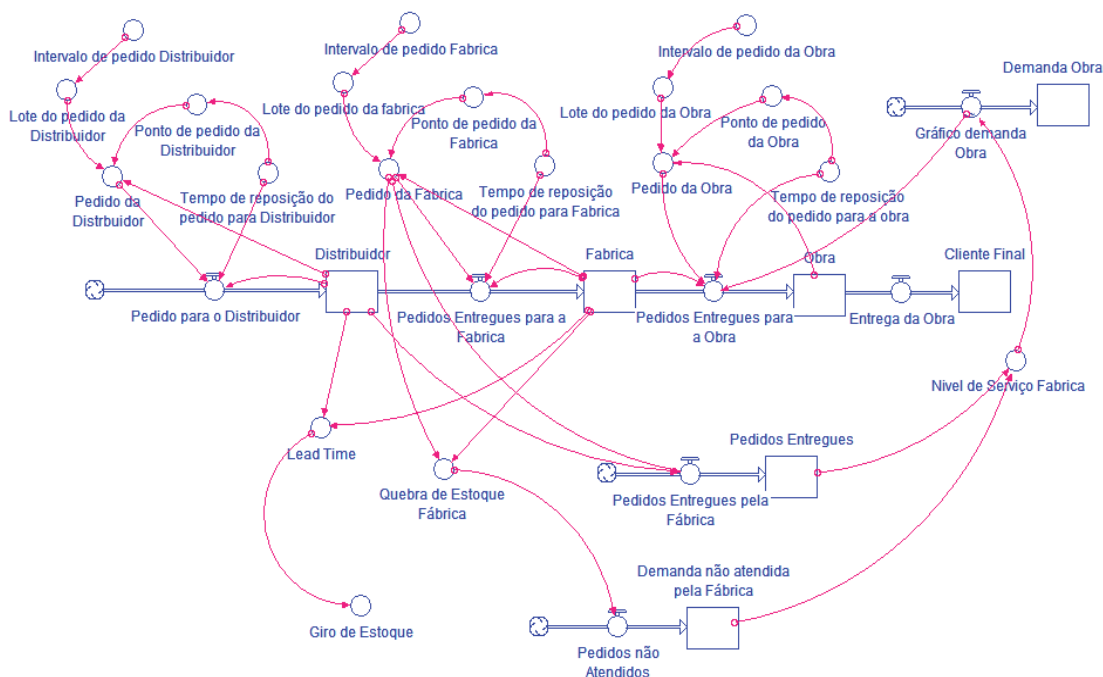


Figura 1. Modelo para o Macro Mapa de Fluxo de Valor do Estado Atual da Cadeia de Suprimentos de Esquadrias de Alumínio EE-EE, adaptado de (FONTANINI, 2009).

Na sequencia propõe-se então no estado futuro da cadeia de suprimentos de esquadrias de aluminio a utilização de um supermercado auxiliar. No modelo o supermercado auxiliar foi representado como Fábrica 2, o qual entregava à Obra o material que o a Fabrica principal não conseguia atregar. Este Modelo está representado na Figura 2.

No Gráfico 2 estão representadas ambas as Fábricas, a Obra e o Distribuidor. Nele foi implementado um sistema de aleatoriedade na entrega da Fábrica, para que está nem sempre conseguisse realizar a entrega completa, variando de 60 a 90% da demanda da Obra. No Distribuidor foi implantado uma possibilidade de 10% de atraso nas entregas. Também foi acrescido ao modelo um sistema aleatório de utilização das esquadrias na obra. Tais medidas foram tomadas no intuito de aproximar os dados obtidos nas simulações às da realidade.

É possível perceber no Gráfico 2 a diminuição dos estoques necessários à atender a demanda da Obra, resultando na diminuição de gastos com a alocação de espaços para o armazenamento dos matérias, podendo este capital ser reinvestido em outros pontos da obra, como em equipamentos ou em mão de obra. Claramente, com a implatação deste sistema, ocorreu a redução do Nível de Serviço da Fábrica e de seu Giro de Estoque, já que agora ela não possui mais a capacidade de atender por completo às demandas da Obra. Já a Fábrica 2 consegue atender a todos os pedidos realizados pela Obra aos quais a Fábrica não conseguiu.

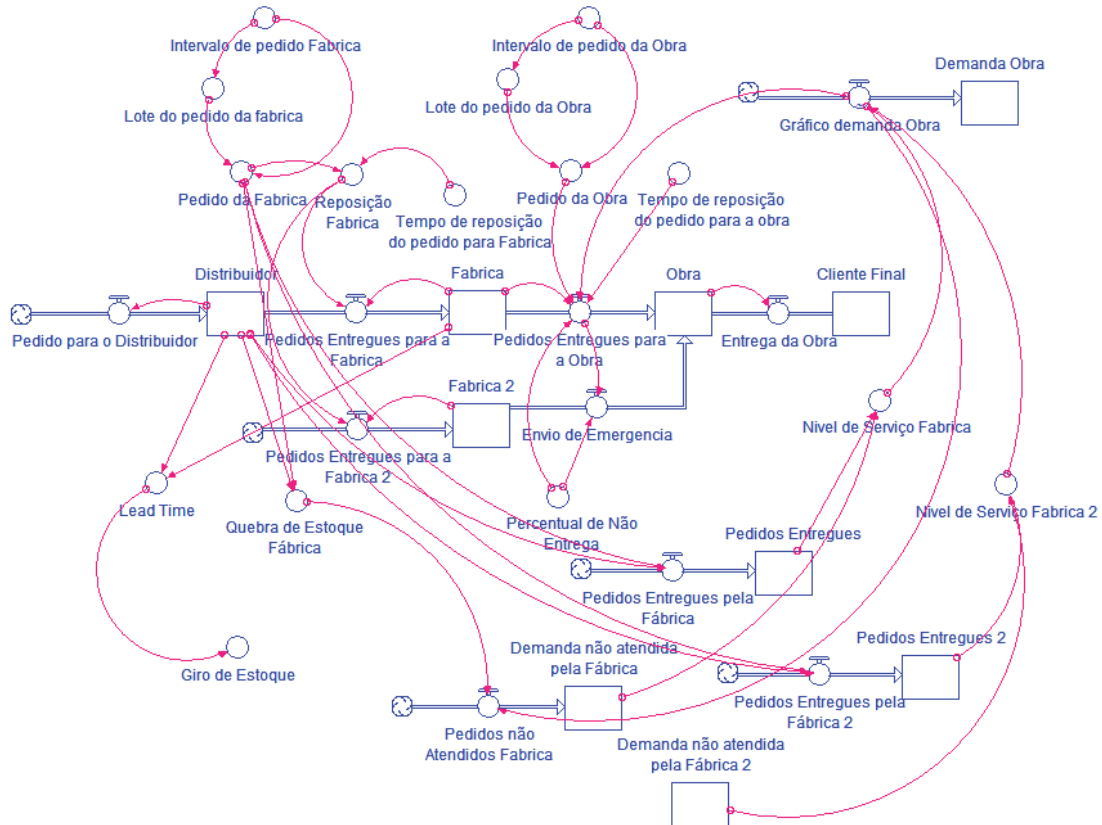


Figura 2. Resultado da utilização de um supermercado auxiliar e implantação de imprecisão na realização de entregas da Fábrica e do Distribuidor.

Por possuir um sistema de aleatoriedade foram realizadas 30 simulações e os resultados ao final dos 360 dias simulados foi obtido através da média dos resultado destas simulações. O Nível de Serviço da Fábrica resultate foi de 47,9% e o Giro de Estoque foi de 9,16. Estes número são baixos pois a Fábrica não consegue atender à toda a demanda da Obra. Já na Fábrica 2, por atender à toda a demanda da Obra que lhe é pedida, está possui um Nível de Serviço de 100%.

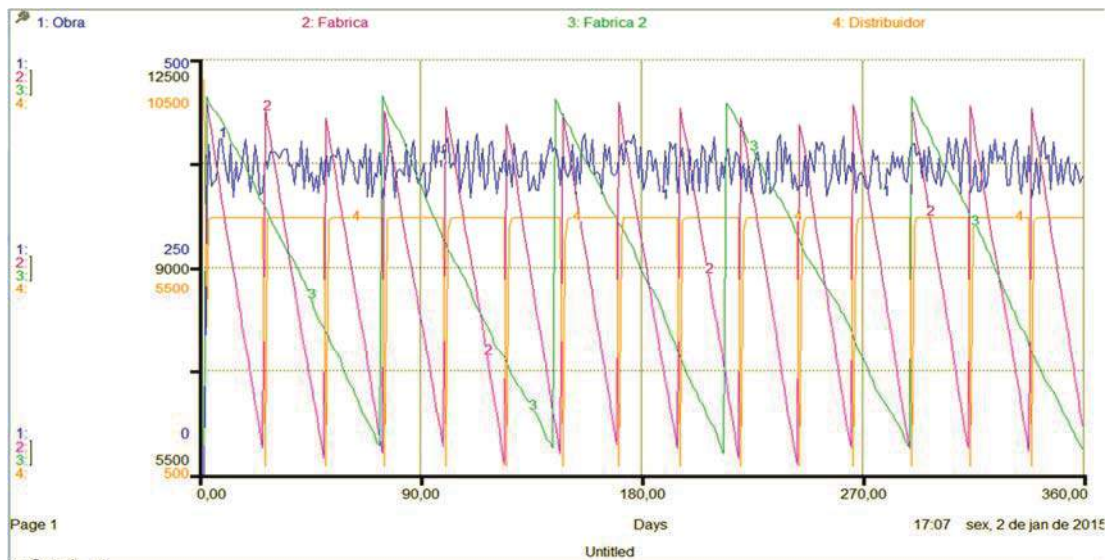


Gráfico 2. Resultado da utilização de um supermercado auxiliar e implantação de imprecisão na realização de entregas da Fábrica e do distribuidor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo de caso houve a possibilidade da aplicação da metodologia da simulação, o que garantiu a caracterização dos dois modelos. Os modelos foram elaborados de forma genérica com base nos trabalhos de Fontanini (2004 e 2009) e Ruiz & Fontanini (2014), o que possibilita sua aplicação para outras cadeias de suprimentos também.

Ao se comparar os resultados obtidos, percebe-se que no Gráfico 1, apesar de apresentar um alto nível de serviço, apresenta uma grande quantidade de material em estoque, o que acarreta gastos quanto a um local de armazenamento de material, como a locação de um galpão por exemplo. Também acarreta em material parado no estoque, possível perda de qualidade, maior prazos de entrega com possível atraso. Outra desvantagem, são os custos financeiros investidos neste material parado, o que poderia financiar outros investimentos necessários ou rentáveis. Já no Gráfico 2, observa-se um sincronismo entre a ordem do pedido e o encaminhamento do material, melhor ligando os agentes da cadeia.

No Modelo da Figura 2, onde pode-se observar a implementação do supermercado auxiliar como ferramenta *Lean*, foi obtido um alto nível de giro de estoque, no valor médio de 9,16 ao final de 360 dias. Já no Modelo da Figura 1, obteve-se um valor de 5,42, o que demonstra, mesmo com o a Fábrica não atendendo à demanda da Obra, a vantagem da implementação das ferramentas *Lean*. Com a implementação destas ferramentas, observa-se um impacto mais positivo pelos agentes mais a jusante da cadeia de suprimentos, ou seja, os agentes que tem mais proximidade com o cliente final, com maior sincronismo e com um fluxo de informações bem estruturado. Isto acarreta em um impacto positivo maior nos indicadores relativos ao tempo e estoque.

Devido a todas essas vantagens apresentadas, juntamente com o mercado competitivo atual e a diminuição das margens de lucro obtidas e de menor dinheiro investido, cria-se a necessidade de maior investimento nas áreas de planejamento e controle e de novas ferramentas e metodologias. Então há necessidade da busca de soluções que prevejam problemas como atrasos na entrega e insuficiência do material, abordados neste artigo. Isso demonstra a importância de estar preparado e de antever problemas futuros, colocando as empresas mais preparadas à frente de suas concorrentes.

5 AGRADECIMENTOS

A PROPESQ – Pró-Reitoria de Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Campinas pela bolsa FAPIC de Iniciação Científica, e disponibilização dos dados para a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Al-Sudairi, A. 2007. Evaluating the effect of construction process characteristics to the applicability of lean principles. *Construction Innovation Journal*. Vol. 7, No. 1, UK.
- Azambuja, M.; O'Brien, W.J. 2009. *Construction Supply Chain Modelling: Issues and Perspectives*. Construction Supply Chain Management Handbook.
- Azambuja, M. et al. 2013. Enabling Lean Supply with a Cloud Computing Platform – an Exploratory Case Study. Proc. 21st Annual Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr. (IGLC 21), Fortaleza: Brasil.
- Azevedo, V.S. 2010 *Planejamento de Atividades da Construção Predial Visando a Redução de Perdas de Processo na Ótica da Construção Enxuta*, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PGECIV, Rio de Janeiro, 185 p. Rio de Janeiro: Brasil.
- Chwif, L.; Medina, A. C. 2007 *Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações*. Segunda edição. São Paulo: Brasil.

Fontanini, P. S. P. 2004. Mentalidade Enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil - Aplicação de macro mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio. 259 f. Dissertação - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas: Brasil.

Fontanini, P. S. P. 2009. Análise do impacto potencial da aplicação dos princípios da mentalidade enxuta nos indicadores de desempenho da cadeia de suprimentos da construção civil a partir de simulação. 301 f. Dissertação – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura, Universidade Estadual de Campinas, Campinas: Brasil.

Global Procurement & Materials Management: An eGuide to Effective Project Execution. Construction Industry Institute, 2011. Implementation Resource 257-2, CII, Austin, TX, 188pg.

Honório, R. T., Costa, J. M., Serra, S. M. B. 2014. Interfaces, flows, and problems of Construction supply chains – a case study in Brazil. Proc.22st Annual Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr. (IGLC 22), Oslo: Dinamarca.

Melo, R. S. S., Alves, T. C. L. 2010. Investigation of the Supply Chain of Prefabricated Wooden Doors. Proc.18st Annual Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr. (IGLC 18), Haifa: Israel.

Mesquita, A. S. G. 2012. Análise da Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Teresina, Piauí. Instituto Federal do Piauí, artigo publicado pela HOLOS, Ano 28, Vol. 2, p. 58 a 65, Teresina: Piauí. Disponível em <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/835/530>>, acesso em 21 de Julho de 2014.

Ruiz, P. V.; Fontanini, P. S. P. 2014. Avaliação do Planejamento de Fluxos de Materiais no setor da Construção Civil. ENTAC: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

Soto, L. 2007. Construction Design as a Process for Flow: Applying Lean Principles to Construction Design. Bachelor of Science, Electrical Engineering, Purdue University, Lafayette, Indiana. Master of Science in Engineering and Management. 111 pg.

Souza, D. V. S., Koskela, L. 2014. Evaluation of Supply and Service of Steel Assembly of Structures. Proc.22st Annual Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr. (IGLC 22), Oslo: Dinamarca.

Surveski, R. 2013. Materials Lean Time Reduction in a Semiconductor Equipment Manufacturing Plant: Process Flow Planning. Dissertação de Mestrado – Massachusetts Institute of Technology, 92 pg. Massachusetts: EUA.

Processo de Gestão de Planejamento Sustentável na Construção Civil a partir da aplicação do Last Planner e Gestão de Resíduo da Construção

Paula Cordeiro Telles Claro

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, CEATEC, Campinas, São Paulo, Brasil.
paula.telles04@gmail.com

Patricia Stella Pucharelli Fontanini

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, CEATEC, Campinas, São Paulo, Brasil.
pspucha@terra.com.br

Lia Lorena Pimentel

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, CEATEC, Campinas, São Paulo, Brasil.
lia_pimentel@hotmail.com

Ana Elisabete Paganelli Guimarães De Avila Jacintho

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, CEATEC, Campinas, São Paulo, Brasil.
anajacintho@gmail.com

ABSTRACT: In many cases, residue or losses are the result of a poorly planned process that must return to the supply chain to guarantee its reutilization and, therefore, its reverse logistics. Considering this scenario, this paper has the purpose of analyzing the efficiency of the Brazilian Enterprise Planning System and it compares the theories offered by the Last Planner system of production. Aside from that, it also evaluates if the companies utilized Residues Management on its construction sites. To accomplish that, the authors developed questionnaires involving both themes and sent them to the engineers of building companies located in the cities of Campinas and São Paulo. With the data acquired it was possible to create preliminary charts and extract the main results to subsequently, compare them with the theories studied in the Last Planner System and Residues Management.

Keywords: Last Planner, Residues Management, Planning, Lean Construction

RESUMO: Resíduos ou perdas são, muitas vezes, o resultado de processos mal planejados e, necessariamente, devem retornar para a cadeia de suprimentos, garantindo o seu reaproveitamento e, portanto, a sua logística reversa. Tendo em vista esse cenário, o presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência do Sistema de Planejamento de empresas brasileiras de modo a compará-la com as teorias propostas do Sistema Last Planner de Produção. Além disso, se analisou se as empresas adotam a Gestão de Resíduos nas obras executadas. Para isso, as autoras desenvolveram questionários referentes aos dois temas em questão e encaminharam a engenheiros de construtoras das cidades de Campinas e São Paulo. Com a coleta de dados foi possível elaborar gráficos preliminares e extrair os principais resultados para, posteriormente, compará-los com as teorias estudadas do Sistema Last Planner e Gestão de Resíduos.

Palavras-chave: Last Planner, Gestão de Resíduos, Planejamento, Construção Enxuta

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil sofre com problemas associados a variações do processo interno e externo de gestão e planejamento que prejudicam o desempenho do projeto e interrompem o fluxo de trabalho, acarretando impactos negativos sobre a duração, custo e qualidade do

projeto (Ballard et al., 2012). Estas variações resultam muitas vezes em decisões baseadas em improvisações, inexperiências e outros fatores críticos. Além disso, várias questões que ocorrem durante o projeto demoram a ser notificado, o que resulta em estouros no custo e cronograma. Com isso, tem aumentado a necessidade de procurar soluções baseadas na filosofia Lean a fim de se obter soluções eficazes para esses problemas (Alarcón et al., 2014).

Nesse contexto, o Sistema Last Planner surgiu como uma metodologia para auxiliar nos problemas enfrentados no planejamento convencional. Segundo Ballard et al. (2012), o sistema foi criado como uma alternativa ao planejamento tradicional para trabalhar com os níveis táticos e operacionais da gestão de empreendimento. A metodologia merece destaque, pois a sua aplicação gera maior controle dos prazos da obra e, conseqüentemente, dos custos, e reduz as barreiras à execução, o que diminui as incertezas do processo.

Segundo Ballard et al. (2012) o Sistema Last Planner defende as seguintes etapas no planejamento: Planejar com mais detalhes quando você se aproxima de realizar o trabalho; Desenvolver o plano de trabalho com aqueles que vão executá-lo; Identificar e remover as limitações de trabalho antes do tempo, como uma equipe para executar e aumentar a confiabilidade dos planos de trabalho; Fazer e garantir promessas confiáveis; Aprender com as falhas do planejamento, encontrar as causas e tomar ações preventivas.

Relevante também é a Gestão de Resíduos, que merece ser considerada como aspecto importante do Sistema de Gestão de Obras. Em um meio onde o setor da construção civil vem crescendo rapidamente, aumentam as preocupações quanto à destinação final dos resíduos gerados durante a execução das obras. Segundo Koskela et al. (2014), os dois principais resíduos vêm da utilização de mais recursos do que o necessário e de saídas indesejadas durante a execução da obra.

Como o setor da construção civil é reconhecido como um grande gerador de resíduos sólidos, esses resíduos são enquadrados na denominação de Resíduos da Construção Civil (RCC), que abrange o conjunto de materiais descartados, fragmentados e os restos provenientes de serviços de demolição, reforma e construção de obras da engenharia civil (Fernandes, 2013). Os RCCs são compostos de diferentes fases de rocha, concretos, argamassas, cerâmicas de diferentes naturezas, gesso, plástico, madeira, metais de diferentes naturezas etc (Angulo & John, 2003).

Segundo Dajadian et al. (2014), é sabido que o setor da indústria da construção não é ambientalmente amigável, principalmente por consumir anualmente cerca de 40% dos recursos naturais em todo o mundo. Nesse contexto, está a importância da redução, reutilização e reciclagem dos resíduos gerados a fim de minimizar efeitos ambientais críticos (Brasil, 2002).

Este artigo tem como principal objetivo apresentar um diagnóstico do processo de planejamento de um grupo de construtoras das cidades de Campinas/SP e São Paulo/SP e compará-lo com o planejamento estruturado que o Sistema Last Planner oferece. Além disso, o artigo também teve como objetivo analisar qual o cenário e consciência que as mesmas construtoras citadas, têm em relação a gestão de resíduos.

O trabalho propõe apresentar conceitos referentes ao Sistema Last Planner de Produção e Gestão de Resíduos de Construção que serviram como base para a elaboração de questionários já realizados pelas autoras. Tais questionários foram enviados para engenheiros de planejamento de construtoras das cidades de Campinas e São Paulo. O artigo apresenta a metodologia utilizada no trabalho e, em seguida, por meio de gráficos, os resultados e sua análise. Por fim, comentam-se os resultados à luz do Sistema Last Planner e Gestão de resíduos e analisou-se o lado sustentável de ambos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Last Planner

O Sistema Last Planner, desenvolvido por Glenn Ballard e Greg Howell, é um sistema de planeamento e controle de produção usado para auxiliar na remoção de variações no fluxo de trabalho da construção, com a hierarquização do planeamento em três níveis que reduzem as incertezas das operações de construção (Ballard et al., 2012). O sistema auxilia a aumentar a confiabilidade do planeamento de trabalho semanal ao ligar adequadamente o cronograma mestre ao plano de trabalho semanal por meio do planeamento de médio prazo (lookahead) (Hamzeh & Aridi, 2013).

Segundo Ballard (2000), o sistema vem da adaptação de modelos e teorias da Engenharia Industrial, onde foi desenvolvido com o propósito de aumentar a confiabilidade dos planos e proteger a produção dos efeitos da incerteza, buscando incorporar ao processo de Planeamento e Controle de Produção (PCP) a visão de fluxo e consideração sistemática da variabilidade. Para se conseguir tal resultado, o processo de planeamento e controle é hierarquizado em três níveis: um planeamento de longo prazo (master planning), um planeamento de médio prazo (lookahead planning) e um planeamento de curto prazo, denominado de plano de comprometimento (commitment planning) (Laufer & Tucker, 1987).

No planeamento de projeto, o Sistema Last Planner permite planejar com mais detalhes conforme a data de execução se aproxima, identificando restrições durante o planeamento de médio prazo (lookahead) e removendo-as a tempo de fazer a execução do trabalho. Desta forma, aumenta a confiabilidade do fluxo de trabalho (Hamzeh & Aridi, 2013).

O primeiro objetivo do sistema é identificar o que deve ser feito a partir do Planeamento Mestre (Master Scheduling) e do agendamento de reuniões (Frandsen et al., 2014). O planeamento mestre estabelece os objetivos globais e restrições que governam o projeto como um todo (Ballard, 2000). O segundo objetivo (planeamento lookahead) é transformar o que foi planejado em um processo de planeamento factível de execução (Frandsen et al., 2014) e controlar o fluxo de trabalho (Ballard, 2000). O objetivo principal do planeamento é garantir o comprometimento do trabalho, que será feito a partir de metas estabelecidas nas reuniões de comprometimento. Essas reuniões identificam os trabalhos que devem e podem ser feitos (Frandsen et al., 2014). No Last Planner, o indivíduo que fará no campo o gerenciamento direto ou a execução do trabalho se compromete a concluir a tarefa. Em suma, o sistema identifica o trabalho que deve e pode ser feito e monitora o que será feito e o que foi feito (Frandsen et al., 2014).

Esse sistema também conta com um indicador conhecido como Percentual de Planos Completos (PPC). Ele é usado para acompanhar o desempenho do planeamento de curto prazo a fim de estimar sua qualidade em termos de confiabilidade, medindo as porcentagens de tarefas concluídas em relação às planejadas. Esse indicador não é uma medida direta do andamento do projeto, mas uma medida que representa a porcentagem de promessas cumpridas ou não, possibilitando a previsibilidade de cargas de trabalho (Ballard et al., 2012). Além desse indicador, o sistema também conta com a análise das causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho.

2.2 Planeamento e Controle de Produção Tradicional e o Sistema Last Planner

Kalsaas et al. (2014) faz uma comparação do Sistema Last Planner com o Controle de Produção Tradicional, dentre elas são destacadas:

- No Sistema Last Planner as decisões são descentralizadas e o controle é contínuo, enquanto no Sistema tradicional o plano mestre é centralizado e o controle só é realizado depois;
- No Sistema Last Planner existe uma melhoria contínua através do aprendizado contínuo, medição do PPC, análise das causas e troca de experiência, já no tradicional, as lições são

aprendidas após a conclusão de projetos;

- No Sistema Last Planner a técnica de planejamento é simples e manual, enquanto que no tradicional utiliza-se gerenciamento baseado em sistemas computacionais.

2.3 Gestão de Resíduos

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida com um indicativo de crescimento econômico e social. Contudo, esta também se constitui em uma atividade geradora de impactos ambientais (Pinto, 2005), modificando paisagens e aumentando significativamente a geração de resíduos.

Nesse atual modelo de produção, sempre há geração de resíduos, sejam para bens de consumo duráveis, como edifícios, pontes e estradas, ou não duráveis, como embalagens descartáveis (John et al., 2001). O que vem chamando atenção nos últimos anos é a falta de políticas que visam à Gestão de Resíduos.

Um dos problemas da extração contínua das matérias primas não renováveis de origem natural é sua extinção, caso essa prática continue. Além disso, com a intensa industrialização, advento de novas tecnologias, crescimento populacional e aumento de pessoas em centros urbanos e diversificação do consumo de bens e serviços, os resíduos se transformaram em graves problemas urbanos (John et al., 2001). Esses resíduos, quando depositados irregularmente, causam enchentes, proliferação de vetores nocivos à saúde, interdição parcial de vias e degradação do ambiente urbano (John et al., 2000). Segundo esses autores, o resíduo da construção é gerado nos vários momentos do ciclo de vida das construções, a saber: a) Fase de construção, b) Fase de manutenção e reformas e c) Demolição de edifícios.

Além do impacto negativo sobre o meio ambiente por meio da geração de resíduos, consumo de aterros e os recursos naturais irrecuperáveis, os custos do projeto de construção aumenta significativamente devido à quantidade de resíduos gerados (Dajadian & Koch, 2014). Em uma tentativa de proteger o meio ambiente e para melhorar a sustentabilidade da indústria da construção, regulamentos foram desenvolvidos em muitos países para minimizar os resíduos de construção. Em 2002, a Resolução n 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) definiu que grandes geradores públicos e privados são obrigados a desenvolver e a implantar um plano de Gestão de Resíduos, neste caso, de construção e demolição, visando a sua reutilização, reciclagem ou outra destinação ambientalmente correta (Angulo et al., 2009).

A reciclagem de resíduos exige que os procedimentos de manejo e estocagem passem a ser controlados, alterando processos internos de uma instalação industrial. Essas alterações podem ser difíceis de serem implantadas por limitação de espaço, de custo ou até mesmo por motivos culturais (Angulo & John, 2003).

Segundo Koskela et al. (2010), para administrar e construir de forma mais produtiva é preciso saber onde está o resíduo e como controlar e diminuir a quantidade do mesmo. Sua redução é, de fato, o principal foco de qualquer trabalho de melhoria. E essa melhoria conseguida através da eliminação ou redução de resíduo pode levar a um aumento da motivação e satisfação no trabalho (Kalsaas et al., 2013).

3 METODOLOGIA

A elaboração da pesquisa foi feita em quatro etapas: Revisão Bibliográfica; Elaboração dos Questionários para entrevista; Escolha das empresas e Análise e Discussão dos Resultados.

A Revisão Bibliográfica feita pelas autoras foi referente ao Planejamento de Obras, mais especificamente o Sistema Last Planner de Produção, e a Gestão de Resíduos de obras do setor da Construção Civil brasileira. A seleção dos trabalhos foi realizada por meio da análise dos

títulos e resumos, selecionando-se os trabalhos que estavam mais alinhados com o objetivo da pesquisa. Filtraram-se os trabalhos nacionais e internacionais publicados a partir de 2000, sendo retirados principalmente nas bases de dados da Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), do Ministério do Meio Ambiente, do IBRACON e de revistas, como a Lean Construction Journal.

Muitos pontos recorrentes na literatura foram observados, e devido à importância destacada por vários autores, as pesquisadoras compilaram os aspectos teóricos destacados do Sistema Last Planner e Gestão de Resíduos para servir como um roteiro norteador para os questionários aplicados aos profissionais do setor da construção civil. Os principais aspectos teóricos destacados foram a periodicidade com que a empresa faz o planejamento, a frequência com que são realizadas reuniões de planejamento, a existência de um controle formal do planejamento, a utilização de algum indicador de produtividade e o treinamento da equipe da ferramenta de planejamento. Quanto à Gestão de Resíduos, foi indagada se as empresas adotam, se reutiliza esses resíduos na obra e se elas tratam os resíduos sólidos antes do descarte.

Formularam-se vinte e nove perguntas fechadas e duas abertas; as últimas se referiam à eficácia ou não do Sistema de Planejamento adotado pela empresa. Os questionários foram enviados a empresas de médio e grande porte das cidades de Campinas e São Paulo. As autoras entraram em contato com os engenheiros de planejamento de uma determinada obra da empresa. Por fim, as autoras transformaram os resultados mais expressivos em gráficos para posterior discussão.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Figura 1 mostra o percentual das empresas que possuem uma área específica para definir o planejamento dos projetos. Ao analisar esse indicador verifica-se que mais da metade das empresas tem grande preocupação com a definição de uma área específica para controle dos processos. O estabelecimento de uma área específica para o planejamento é fundamental, pois ajuda com que a empresa se organize nas tomadas de decisões, já que tem uma equipe responsável por isso. Teoricamente reduz os custos uma vez que só é gasto o que for solicitado pela equipe.

Área específica de planejamento

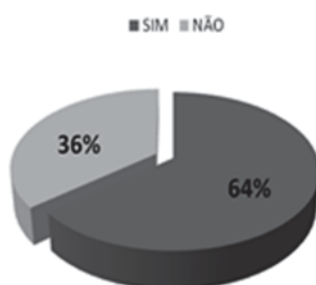


Figura 1. Área específica de planejamento

Ao analisar a Figura 2, observou-se a preocupação das empresas em adotar planejamento com certa periodicidade (mensal e semanal) para a correção de eventuais problemas observados nas reuniões semanais. A periodicidade com que é feito o planejamento é importante, pois controla continuamente as ações e assim auxilia na remoção de variações no fluxo de trabalho, resultando na redução das incertezas nas operações construtivas (Ballard et al., 2012). No caso do Sistema Last Planner, o planejamento é dividido em três níveis: planejamento de longo, médio e curto prazo (Laufer & Tucker, 1987) com o intuito de conseguir um planejamento mais eficiente e aumentar a confiabilidade das operações. Uma vez que permite planejar com mais detalhes conforme se aproxima a execução da tarefa (Ballard, 2012).

Análise Planejamento

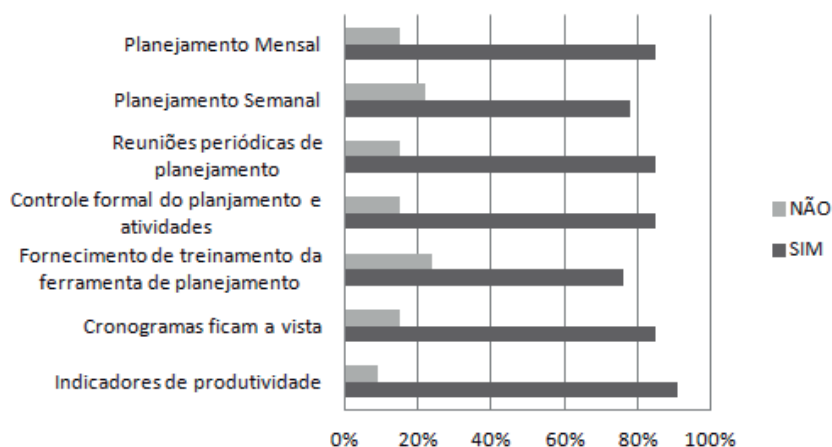


Figura 2. Análise do planejamento das empresas

O controle formal do planejamento também pode ser comprovado a partir da identificação dos indicadores, que normalmente ficam disponíveis em áreas comuns e nos sistemas informatizados da empresa.

Quanto à ocorrência de reuniões periódicas de planejamento, verifica-se que apenas 15% das empresas não a realizam. Também foi questionada às empresas qual a frequência da realização dessas reuniões, obtendo que 8% realizam reuniões trimestrais, 50% semanais e 66% mensais, sendo que algumas empresas realizam tanto reuniões semanais quanto mensais. A ocorrência dessas reuniões é importante, pois servem para estabelecer o planejamento de um determinado período e ajusta-lo conforme as necessidades que a obra vai adquirindo através do controle contínuo (Ballard et al., 2012). No sistema Last Planner, devem ser feitas reuniões semanais de planejamento para definir as metas para uma determinada semana (Frandsen et al, 2014). Metas essas estabelecidas pela equipe de planejamento e também por aqueles que vão executá-las (decisões descentralizadas) (Ballard et al, 2012).

Quando se questionou se a empresa fornecia treinamento das ferramentas de planejamento aos envolvidos na obra, em 76% das empresas, a resposta foi positiva. No entanto, algumas poucas empresas alegaram que o treinamento era dado apenas à equipe de planejamento e não a todos os envolvidos na obra. Não há dúvida que é essencial a equipe de planejamento ter treinamento sobre a ferramenta de planejamento utilizada pela empresa, porém, também é importante que a equipe que executa o projeto tenha conhecimento da ferramenta de planejamento adotada para que a mesma adquira comprometimento em cumprir as tarefas estabelecidas. Também, na perspectiva do sistema Last Planner, essa equipe participará da elaboração dos planejamentos (Ballard et al., 2012), por isso a importância de serem treinadas.

Quanto ao cronograma das atividades programadas para um determinado período, verificou-se que 85% das empresas o deixam a vista para qualquer funcionário acompanhar o desenvolvimento da obra. Verificou-se também que a maioria das empresas tem algum tipo de indicador para medir a produtividade da obra e que seus resultados são divulgados para que todos tenham conhecimento. No Sistema Last Planner, o principal indicador utilizado é o PPC responsável por apresentar as porcentagens das promessas cumpridas ou não, possibilitando prever e ajustar as cargas de trabalho (Ballard et al., 2012).

Nos questionários também se abordou o modo como as empresas se comportam quando o planejado não é o executado e se há uma análise das causas que a geraram. Em 100% dos casos a resposta foi positiva e afirmou-se que as principais causas encontradas são referente a problemas com a empreiteira, mão de obra, chuva, material, projeto, cliente e planejamento. Os respondentes afirmaram também que sempre que um problema é detectado, a equipe de

planejamento adota um tratamento às causas para que elas não se repitam. Essa é uma característica utilizada no Last Planner, onde existe uma melhoria contínua através, principalmente, da análise das causas (Kalsaas et al., 2014) que impossibilitaram a execução de determinada tarefa e tomada de ações preventivas para que elas não se repitam.

Com relação à preocupação da gestão de resíduos, as empresas já mostram um planejamento específico quanto à segregação e destinação dos resíduos. Dentro do universo amostral estudado observou-se uma preocupação de cerca de 80% dos entrevistados (Figura 4) com relação à formalização da Gestão de Resíduos. O número encontrado é relevante e comprova a necessidade de incorporar parâmetros sustentáveis nos aspectos de gestão de recursos em obra.

Adota Gestão de Resíduos



Figura 4. Gestão de resíduos

A Figura 5 mostra dois tópicos do questionário que obtiveram resultados relevantes na pesquisa. Tanto a reutilização dos resíduos em obra quanto o tratamento de resíduos sólidos antes do descarte são adotados pelas empresas em 57% dos casos. Mesmo o diagnóstico apresentando um resultado positivo, ainda existe um percentual grande de empresas, cerca de 43%, que necessitam repensar formas de reutilização e tratamento dos seus resíduos sólidos uma vez que a falta dessas ações impactam diretamente o meio ambiente, com a poluição do meio e consumo de recursos naturais irrecuperáveis, bem como aumenta o custo dos projetos de construção devido a quantidade de resíduos gerados (Dajadian & Koch, 2014).

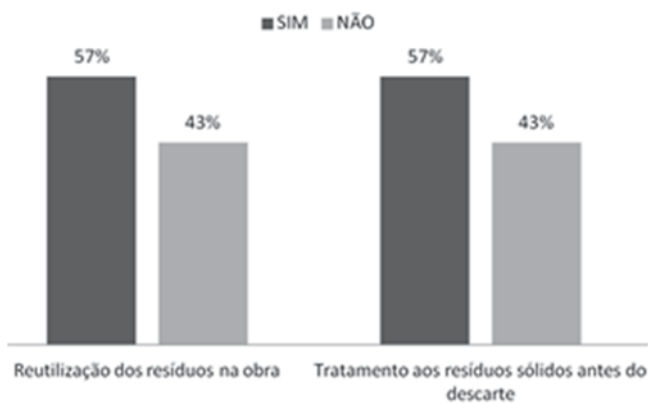


Figura 5. Análise da Gestão de Resíduos

Além desses dois tópicos também foi indagado se as empresas seguem a Resolução n 307 do CONAMA. Verificou-se que todas as empresas pesquisadas a seguem. Isso mostra que, pelo menos nos municípios de Campinas e São Paulo existe uma consciência quanto ao encaminhamento dos resíduos gerados para reciclagem e disposição final adequada (Brasil, 2002). Como mencionado por Koskela et al. (2014), as principais gerações de resíduos estão relacionadas à utilização de mais recursos do que o necessário e saídas indesejadas durante a execução da obra. Nesse sentido é importante que a empresa saiba o foco gerador desses

resíduos e administre de forma a evitá-los, quando possível, e encaminhá-los de forma ambientalmente correta quando sua geração for inevitável.

Em uma primeira análise, os resultados apresentados mostram que a maioria das empresas possui um sistema de planejamento e controle de produção coerente e adotam a Gestão de Resíduos em suas obras. Mesmo com esses resultados positivos, no entanto, todos os respondentes alegaram problemas que, considerados por eles, são relevantes a respeito do Sistema de Planejamento adotado pela empresa. Entre os mais citados, destacou-se a falta de mão de obra qualificada, que tem impacto na qualidade dos serviços e dos prazos apresentados para os clientes finais.

Os respondentes destacaram a falta de um setor direcionado ao planejamento de cada obra em particular e não um só setor geral para controlar todas as obras executadas pela empresa. Isso difere da estrutura do Sistema Last Planner, que tem um setor de planejamento responsável por cada obra e que é dividido em três níveis de planejamento (Ballard et al., 2012), que facilita o controle sobre as atividades programadas e assim reduz as incertezas do processo e aumenta a confiabilidade do planejamento (Hamzeh & Aridi, 2013).

Também destacaram que a rotatividade frequente dos profissionais que trabalham na área de planejamento impacta negativamente nas metas e nos planos de ação, que acabam sendo definidos sempre pelos seus antecessores.

Outro problema citado foi o baixo preço pago aos empreiteiros, o que os impossibilita de suprirem a obra com equipes qualificadas e em grande número, ou seja, o empreiteiro não consegue dispor de profissionais capacitados e em número suficiente, pois não consegue pagar em função do baixo preço pago a eles. Outros pontos mencionados foram o de aceitar prazos inexecutáveis para conseguir ganhar o contrato e o de algumas metas serem arrojadas demais, a ponto de serem inexecutáveis.

O problema relacionado a prazos é solucionado com a utilização do Sistema Last Planner de produção, uma vez que ele é caracterizado por fazer e garantir promessas confiáveis (Ballard et al., 2012). Isso se dá principalmente pelo acompanhamento e atualização periódica das planilhas de planejamento sempre que ela não é mais válida e por adotar um sistema de tratamento as causas geradoras de atraso na execução de tarefas, a fim de evitar que os problemas se repitam. Quanto ao problema em determinar as metas, no Sistema Last Planner, isso é difícil de ocorrer pois as metas são estabelecidas nas reuniões semanais (Frandsen et al., 2014) e a equipe participa das decisões para que não corra o risco de programar atividades difíceis de serem cumpridas (Ballard et al., 2012)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse cenário revela que muitos pontos do Sistema Last Planner têm sido adotados pela maioria das empresas, mesmo que indiretamente, enquanto outros, mesmo sendo adotados, ainda carecem se compreendidos pela equipe de planejamento, de forma a evitar que alguns problemas de planejamento se repitam. Com a comparação feita, pode-se observar que algumas dificuldades apontadas pelos respondentes, poderiam ser minimizadas se as empresas aplicassem as teorias do Sistema Last Planner em suas obras. Sendo a divisão do planejamento proposta em três níveis hierárquicos distintos, a elaboração descentralizada do cronograma, periodicidade semanal de reuniões, análise das causas e indicadores (tais como, o PPC) e treinamento da ferramenta de planejamento aos funcionários as principais são possibilidades que as empresas podem adotar para solucionar os problemas.

Já em relação à Gestão de Resíduos, o cenário apresentado pelas empresas pesquisadas foi positivo, mesmo havendo empresas que ainda precisam se conscientizar ambientalmente. Na opinião das autoras, essa conscientização só não é ainda maior, por conta de fatores econômicos e sociais, como a baixa fiscalização do Poder Público, pouco aproveitamento das pesquisas

desenvolvidas pelo Poder Privado e falta de consciência da sociedade em adquirir um consumo sustentável.

Baseado no estudo desenvolvido, observou-se que uma empresa que apresenta um ambiente organizacional mais estável, tem vantagens na implementação de sistemas de planejamento. Um sistema estável é aquele que possui solidez da mão de obra, e capacitação periódica da mesma, treinamentos e projetos de sensibilização no que diz respeito à segurança, qualidade e sustentabilidade, compromisso com a melhoria contínua e verificação contínua de metas e indicadores de produtividades.

A principal contribuição desse artigo foi apresentar como resultados, mesmo que parciais, evidências com relação a preocupação das empresas em estabelecer uma metodologia e periodicidade para o planejamento, embora ainda exista muita dificuldade em estabelecer um plano estratégico para esse objetivo.

É entendido pelas autoras que tanto a adoção de Gestão de Resíduos em obras de construção civil, quanto a implementação de sistema de planejamento eficaz, como é o caso do Last Planner, geram resultados sustentáveis para o meio em que se encontram. Isso é notado facilmente em relação à Gestão de resíduos uma vez destina corretamente os resíduos gerados na construção, reutilizando-o e reciclando-o, e evitando a utilização de mais recursos do que o necessário na obra. Em relação a implementação do sistema Last Planner, também há uma visão sustentável uma vez que reduz o custo pois organiza melhor o planejamento de forma a evitar atrasos e realização de tarefas não programadas, além de evitar o desperdício de materiais não necessários no projeto, uma vez que existe um controle sobre o que realmente será utilizado na obra (reduz as perdas). Dessa forma é possível concluir a importância de uma gestão ampla e sistêmica alinhada com o pensamento sustentável.

REFERÊNCIAS

Alarcón, L. F. et al., "Using Last Planner Indicators to Identify Early Signs of Project Performance". Proc. 22nd, Annual Conference of International Group for Lean Construction (IGLC 22), 2014, Oslo: Dinamarca.

Angulo, S. C.; John, V. M. "Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos." Coletânea Habitare 4 (2003): pp 9-71

Angulo, S. C. et al., "A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008." Ambiente Construído 9.1 (2009): 57-71.

Ballard, G. "The Last Planner System of Production Control". Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering. University of Birmingham. 2000.

Ballard, G. et al., "Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow", Lean Construction Journal, 2012, pp 15-34.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 307. 2002. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>>, acessado em 10 de janeiro de 2015.

Dajadian, S. A.; Koch, D. C., "Waste Management Models and Their Applications on Construction Sites". International Journal of Construction Engineering and Management 2014, 3(3): pp 91-98

Fernandes, M. P. M. "Apreciação de Boas práticas visando a Geração de um modelo para a Gestão municipal dos Resíduos de Construção Civil". 2013. Tese (Doutorado em Engenharia) – Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: Brasil.

Frandsen, A. et al, "Takt-Time Planning and the Last Planner". Proc. 22nd, Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 22), 2014, Oslo: Dinamarca.

Hamzeh, F. R.; Aridi, O. Z. "Modeling the Last Planner System Metrics: A Case Study of an AEC Company". Proc. 21st,

Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 21), 2013, Fortaleza: Brasil.

John, V. M. et al., "Reciclagem de resíduos de construção". Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos (2000).

John, V. M. et al., "Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil". Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Recicláveis e suas Aplicações. CT206. IBRACON. Anais. São Paulo (2001): pp 45-56.

Kalsaas, B. T. et al., "Measuring Waste and Workflow in Construction". Proc 21st, Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 21), 2013, Fortaleza: Brasil.

Kalsaas, B. T. et al., "Integrated Planning VS. Last Planner System". Proc. 22nd, Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 22), 2014, Oslo: Dinamarca.

Koskela, L. et al., "Waste and labor productivity in production planning case Finnish construction industry." Proceedings of the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 18), 2010, Haifa: Israel.

Koskela, L. et al., "The Wastes of Production in Construction – A TFV Based Taxonomy". Proc. 22nd, Annual Conference of International Group for Lean Construction (IGLC 22), 2014, Oslo: Dinamarca.

Laufer, A.; Tucker, R. L. Is Construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. Construction Management and Economics, EUA, v. 5, p. 243-266, 1987.

Pinto, T. P.; Gonzáles, J. L. R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Brasília: CEF, 2005. v. 1. 196 p. – Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios, v.1).

A medição individual de água como incentivo à sustentabilidade em áreas urbanas

Micaella Moura

Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil
micaellaraissa@hotmail.com

Simone Rosa

Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil
simonerosa@poli.br

Filipa Malafaya

Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, Pernambuco, Brasil
filipamalafaya@gmail.com

ABSTRACT: An important challenge of sustainable development applied to the construction sector and water management is reducing the consumption of this resource. The individual water metering system is a sustainable technological measure to be applied in multifamily buildings in order to reduce water waste and establish a fair charge for its consumption, with each user aware of his real consumption. The goal of this study is to evaluate the efficiency of adopting this system. For this purpose, individual water consumptions were analyzed in three condominiums, two vertical and one horizontal, located in Recife and Gravatá, Pernambuco, Brazil. Through water consumption registries of the twelve months following the individualization, it was possible to perceive an effective reduction in the use of this resource and, consequently, lower water bills to the studied residences. The results encourage investments in the implementation of individual measurement systems.

Keywords: Sustainability, Habitation, Water Consumption.

RESUMO: Um desafio importante do desenvolvimento sustentável aplicado ao setor de construção e à gestão da água é a redução do consumo deste recurso. O sistema de medição individual de água constitui uma medida tecnológica sustentável a ser aplicada às construções a fim de reduzir desperdícios e estabelecer uma cobrança justa pelo consumo de água, na qual cada usuário conhece seu real consumo. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da adoção deste sistema. Para tal, foram analisados os consumos individuais de água em três condomínios, sendo dois verticais e um horizontal, localizados na cidade do Recife e em Gravatá, Pernambuco, Brasil. Por meio de registros de consumo de água referentes aos doze meses que sucederam a individualização das contagens, pôde-se observar a efetiva redução do consumo e, conseqüentemente, da conta de água nos apartamentos estudados. Os resultados incentivam o investimento na implementação de sistemas de medição individualizada.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Habitação, Consumo de água.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o conseqüente aumento do consumo de água em grandes centros urbanos tem tornado cada vez mais comum, em todo o mundo, a adoção de medidas para tornar mais eficiente o uso da água. A medição individual de água é uma das alternativas que visa diminuir os danos ambientais causados pelo homem, além de ser uma questão de isonomia entre os condôminos.

No sistema tradicionalmente utilizado para a medição de água nos edifícios multifamiliares brasileiros, a cobrança dos serviços é efetuada pelo consumo médio obtido através do volume registrado no hidrômetro do ramal predial. O volume é rateado pelo número de apartamentos e a cobrança dos serviços é feita através da média. Este tipo de sistema de medição tradicional não incentiva, portanto, a redução do desperdício de água, visto que, mesmo que o usuário seja cuidadoso, não se refletirá em uma economia direta na sua conta de água.

A medição individualizada de água tem vindo a ser implementada em diversas cidades brasileiras. Buscar a implantação deste sistema nas edificações existentes possibilita que cada usuário tenha maior controle sobre seu consumo, o que induz a uma postura de uso racional da água.

2 A MEDIÇÃO INDIVIDUAL DE ÁGUA NO BRASIL E A LEGISLAÇÃO

De acordo com Coelho (2007), o sistema de medição individualizada de água em apartamentos consiste na instalação de um hidrômetro em cada unidade habitacional, de modo que seja possível medir o seu consumo com a finalidade de emitir contas individuais.

A adoção deste sistema tem se tornado cada vez mais frequente em alguns Estados brasileiros, mas não corresponde a uma prática comum em todo território nacional. Coelho e Maynard (1999) salientam, no entanto, que a individualização da água é uma prática comum em países europeus como Portugal, França e Alemanha. Os autores reforçam que tanto a norma portuguesa, como a alemã, citam como obrigatória a instalação de um hidrômetro por unidade habitacional.

Segundo Tamaki, Silva e Gonçalves (2006), a adoção da medição individualizada de água em uma determinada entidade deve estar diretamente ligada aos objetivos que se pretendem alcançar com a sua utilização. Nesta perspectiva, Coelho e Maynard (1999) dizem que, nos prédios multifamiliares, a instalação de hidrômetros nos apartamentos consiste na aplicação do conceito de justiça, pois permite que cada usuário pague sua conta de água proporcionalmente ao que consumiu. Sendo assim, o sistema de medição individualizada apresenta-se como uma ação tecnológica de racionalização do uso da água, contribuindo para a redução do consumo e dos desperdícios de água nos edifícios.

A ausência de uma regulamentação que estabeleça, em âmbito nacional, a obrigatoriedade da adoção do sistema de medição individualizada de água em edifícios tem feito com que as leis sobre o assunto sejam implantadas de forma isolada nos municípios. Em alguns casos, são estabelecidas leis estaduais que se sobrepõem às municipais. No Estado de Pernambuco, por exemplo, a Lei 16.759 do ano de 2002, do Município de Recife, instituiu a obrigatoriedade da instalação de hidrômetros individuais nos edifícios. A tabela 1 apresenta o conjunto de leis municipais, sobre sistema de medição individual de água, existentes nas capitais brasileiras, e sua cronologia:

Tabela 1. Leis municipais sobre a medição individualizada de água nas capitais brasileiras.

Cidade/Estado	Lei Municipal	Cidade/Estado	Lei Municipal
Aracaju/SE	2879/ 2000	Natal/RN	0238/2006
Brasília/DF	3557/2005	Palmas/TO	1245/2003
Campo Grande/MS	4463/2007	Porto Alegre/RS	10506/2008
Cuiabá/MT	5449/2011	Recife/PE	16759/2002
Curitiba/PR	10785/2003	Rio de Janeiro/RJ	112/2011
Fortaleza/CE	9009/2005	São Luís/MA	4154/2003
Goiânia/GO	8435/2006	São Paulo/SP	14018/2005
João Pessoa/PB	10423/2004	Teresina/PI	3033/2001
Maceió/AL	5821/2009	Vitória/ES	4587/1999

3 SUSTENTABILIDADE E A MEDIÇÃO INDIVIDUAL DE ÁGUA

3.1 Aspectos sociais e econômicos

Coelho e Maynard (1999) abordam os aspectos sociais, com impactos econômicos, da medição individualizada de água da seguinte forma:

Do ponto de vista do consumidor: Através da individualização da água, o consumidor passa a pagar proporcionalmente ao que consome, e não pagará pelo desperdício alheio, o que contribui para uma conscientização e redução do consumo de água. Neste contexto, o usuário bom pagador não corre riscos de ter sua água cortada devido à irresponsabilidade dos maus pagadores. A individualização também permite que os vazamentos internos nos apartamentos sejam identificados mais facilmente.

Do ponto de vista da concessionária: A instalação dos hidrômetros individuais nos edifícios tende a reduzir a inadimplência dos condomínios, pois somente é cortada a água dos maus pagadores. Outro benefício é a redução do número de reclamações de consumo, refletindo-se numa melhor imagem perante a população.

Do ponto de vista dos construtores: Para os construtores, as principais vantagens estão relacionadas com a economia nas instalações hidráulicas em projetos elaborados especificamente para o sistema individual de medição de água. Há ainda maior facilidade de venda dos apartamentos que possuem o sistema, pois ele permite a proteção dos interesses econômicos dos consumidores.

3.2 Aspectos ambientais

Com relação aos aspectos ambientais, observa-se que o sistema de medição individualizada contribui com a redução do consumo e do desperdício de água, podendo ser enquadrado, desta forma, como uma das ações sustentáveis de conservação dos recursos hídricos.

De acordo com Yamada (2001), a medição individualizada ou setorizada em edifícios se enquadra como sendo uma ação indireta de intervenção em metodologias para economia de água, tanto para o usuário como para o condomínio. O autor acrescenta que as demais opções são ações de intervenção direta aos sistemas hidráulicos prediais, as quais visam à redução e controle de desperdício de água através da atuação e manutenção de projetos hidráulicos danificados e ineficientes.

4 METODOLOGIA

4.1 Condomínio horizontal

A análise dos consumos individuais de água em condomínio horizontal foi realizada no Município de Gravatá, que está localizado na mesorregião Agreste e na Microrregião Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco. A uma distância aproximada de 80 km da cidade do Recife, Gravatá apresenta um clima agradável com temperaturas pouco elevadas no verão e baixas no inverno, fator que incentivou ainda mais o crescimento do turismo na região. A cidade é formada por vários condomínios, ocupados principalmente nos períodos de festas juninas, Semana Santa e férias escolares.

A área em estudo adotada é um condomínio residencial, localizado na Rua Henrique Gibson, S/N, Loteamento Santana- Gravatá –PE, nomeado de Privê Grenoble. Possui 22 casas e área comum com piscina, campo de futebol e salão de jogos. Cada casa possui um hidrômetro individual, a partir do qual são realizadas as leituras mensais para cálculo das contas de água de cada unidade. As contas mensais emitidas pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), porém, correspondem ao consumo total das 22 casas, obtido através da leitura de um único medidor principal, localizado na entrada do condomínio.

Mesmo com o fornecimento de uma única conta de água pela COMPESA, o condomínio optou por ajustar internamente todos os processos necessários à individualização, evidenciando a importância da conscientização dos usuários relativamente à eficiência deste sistema em termos de justiça social.

Para a execução da pesquisa neste condomínio foram realizadas as seguintes etapas:

- Seleção e caracterização de um condomínio com 22 casas, localizado no Município de Gravatá, Pernambuco, que utiliza o sistema individual de medição de água;
- Visita ao condomínio selecionado e levantamento de dados acerca do consumo de água das 22 casas nos meses de Janeiro a Novembro de 2012;
- Análise estatística dos dados e comparação dos consumos individuais de água registrados mensalmente com os valores totais fornecidos pela COMPESA.
- Discussão acerca das vantagens do sistema de medição individualizada de água sob o ponto de vista sustentável, com foco em aspectos sociais e econômicos.

4.2 Condomínios verticais

Para a realização do estudo em condomínios verticais foram realizadas as seguintes etapas:

- Seleção de dois prédios localizados no Município de Recife, capital do estado de Pernambuco, que sofreram modificação do sistema global de medição para a individualização da água no ano de 2011, e chamados neste estudo de “Edifício A” e “Edifício B”. A escolha dos dois prédios foi realizada por meio de visitas à empresa Techmetria, fornecedora do serviço de instalação da medição individualizada de água na cidade do Recife.
- Caracterização dos dois edifícios: O “Edifício A” possui dois blocos, com 15 pavimentos cada, e cada andar é formado por quatro apartamentos com cerca de 70 m², compostos de 3 quartos, sendo uma suíte, e um banheiro social. A implantação do sistema de medição individualizada neste edifício foi iniciada no mês de junho de 2011, não sendo necessária a realização de obras dentro dos apartamentos, apenas pequenos ajustes no hall social. O “Edifício B” possui apenas um bloco com 8 pavimentos, e cada andar é formado por 3 apartamentos com cerca de 100 m², compostos de 3 quartos, sendo uma suíte, um banheiro social e um banheiro de serviço. A finalização da implantação do sistema e início da medição individualizada neste edifício foi iniciada no mês de novembro de 2011.
- Coleta de dados de consumo de água: Para obtenção de dados de consumo de água nos prédios selecionados foram consultadas duas fontes. Através da empresa Techmetria, obteve-se o histórico de consumo dos hidrômetros individuais referente ao ano de 2012 e a alguns meses de 2013 em cada apartamento dos dois edifícios estudados. Na COMPESA, obteve-se o histórico de consumo para os anos anteriores à adoção do sistema de medição individualizada.
- Coleta de dados para análise de viabilidade econômica do Edifício A: Quanto aos custos envolvidos, primeiro foram obtidos os gastos mensais com água e esgoto do Edifício A e os gastos por apartamento após a individualização da água. O segundo aspecto financeiro levado em consideração para realização do projeto, foi o custo total que o prédio teve para implementar o sistema de medição individualizada. A partir da obtenção destes dados, verificou-se a viabilidade econômica da adoção da medição individual de água neste edifício através da avaliação do tempo de retorno do investimento à medida que se diminuem os custos mensais com água e esgoto após a implantação do sistema.

A figura 1 apresenta os dois edifícios adotados para realização da pesquisa.



Figura 1. Edifício A e Edifício B.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condomínio horizontal

Os resultados das análises efetuadas, referentes aos dados de consumo individual de água no condomínio horizontal estudado, reforçam a eficiência do sistema de medição individualizada como um incentivo à sustentabilidade em áreas urbanas.

A tabela 2 mostra o comportamento dos consumos Total, Médio, Máximo e Mínimo durante os 11 primeiros meses do ano de 2012 no condomínio estudado, bem como os respectivos valores de contas de água equivalentes a cada consumo, com base na estrutura tarifária da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) do ano de 2013.

Tabela 2. Variação dos consumos médios e valores equivalentes.

Mês/ano	Consumo total do condomínio	Cosumo médio/ Valor equivalente	Consumo máximo/ Valor equivalente	Menor consumo/ Valor equivalente
	M ³	M ³	M ³	M ³
Janeiro/12	253	11,50 R\$ 32,35	22,65 R\$ 69,28	0 R\$ 0,00
Fevereiro/12	207	09,41 R\$ 27,59	26,61 R\$ 84,21	0 R\$ 0,00
Março/12	299	13,59 R\$ 38,97	16,41 R\$ 47,91	0 R\$ 0,00
Abril/12	230	10,45 R\$ 29,02	12,15 R\$ 34,41	0 R\$ 0,00
Mai/12	184	08,36 R\$ 27,59	09,92 R\$ 27,59	0 R\$ 0,00
Junho/12	184	08,36 R\$ 27,59	12,49 R\$ 35,48	0 R\$ 0,00
Julho/12	115	05,23 R\$ 27,59	15,05 R\$ 43,60	0 R\$ 0,00
Agosto/12	120	05,45 R\$ 27,59	11,20 R\$ 31,39	0 R\$ 0,00
Setembro/12	161	07,32 R\$ 27,59	12,18 R\$ 19,09	1,90 R\$ 27,59
Outubro/12	230	10,45 R\$ 29,02	46,92 R\$ 184,64	1,25 R\$ 27,59
Novembro/12	276	12,55 R\$ 35,67	49,47 R\$ 197,84	0 R\$ 0,00
Valor Médio		09,33 R\$ 30,05	21,37 R\$ 70,49	0,29 R\$ 5,02

A partir da tabela 2 é possível perceber a variação do padrão de consumo nas 22 casas do condomínio. Esta variação deve-se principalmente à presença de diferentes tipos de usuários, sendo alguns, de fato, moradores, e outros que utilizam suas casas eventualmente, geralmente em fins de semana ou feriados. Percebe-se ainda na tabela 2 que o volume máximo mensal consumido por alguns condôminos chega a equivaler mais que o dobro do consumo médio registrado, a exemplo dos meses de fevereiro e julho de 2012, o que reforça a importância de se viabilizar o controle da demanda por unidade habitacional. É possível identificar, ainda na tabela 2, que os usuários com padrão de consumo mínimo não são beneficiados pela estrutura tarifária atual, na qual cobra-se um valor fixo mensal de R\$ 27,59 por qualquer volume consumido na faixa de até 10 m³/mês.

Nota-se, porém, que caso a cobrança da taxa condominial considerasse o rateio igualitário de uma única conta de água, através do consumo médio, os usuários que apresentam consumos mensais máximos seriam beneficiados, e pagariam um valor cerca de 42,63% menor do que deveriam, como mostra a tabela 3.

Tabela 3. Comparação entre os métodos de cobrança para um usuário A com padrão de consumo máximo.

Usuário A: padrão de consumo máximo M ³	Cobrança 1: através de rateio igualitário		Cobrança 2: medição individualizada
21,37	R\$ 30,05		R\$ 70,49
Valor/percentagem que deixaria de ser pago pelo usuário A caso fosse adotado o tipo de cobrança 1:	Valor R\$ 40,44	Percentual 42,63%	

Com base nos cálculos da tabela 3, verifica-se que, ao se medir o real volume utilizado por um determinado usuário e garantir que este pagará efetivamente pelo que consumiu, elimina-se a possibilidade de que alguns condôminos paguem pelo consumo de outros. Tal fato evidencia a importância do sistema de medição individual de água sob o ponto de vista social, tendo em vista que a adoção deste sistema propicia a justiça entre os condôminos, especialmente em casos em que há uma grande variação entre o consumo dos usuários.

5.2 Condomínios verticais: Edifício A

A análise do impacto da implantação do sistema de medição individualizada no comportamento dos consumos mensais de água do Edifício A baseou-se na avaliação dos consumos médios registrados dos apartamentos após a Individualização. Para isto, foram utilizados dados referentes ao histórico de consumo mensal deste prédio após a adoção da medição individual.

O Edifício A iniciou a mudança do tipo de medição de água em junho de 2011. Porém, para avaliação do consumo após a individualização, foram analisados dados de novembro de 2011 a setembro de 2012, pois, segundo a empresa Techmetria, os meses anteriores a novembro de 2011 foram meses de adaptação e ajustes da implantação do novo sistema.

A figura 2 permite a visualização da diminuição do consumo médio mensal dos apartamentos nos dois blocos do prédio após a implantação do sistema individual de medição. Nota-se que após a transição para o sistema individual de medição, houve uma redução dos consumos médios mensais dos apartamentos, passando de 11,2 m³ em novembro de 2011, para 9,3 m³ em dezembro do mesmo ano no Bloco 1. O Bloco 2 comportou-se de maneira semelhante, apresentando uma redução de 1,5 m³ no segundo registro mensal após a individualização do consumo.

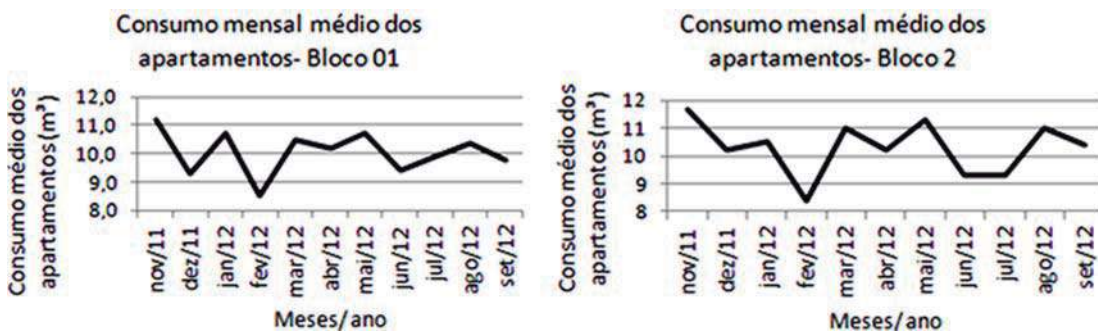


Figura 2. Consumo mensal médio dos apartamentos- Edifício A.

5.3 Condomínios verticais: Edifício B

No Edifício B, a comparação do consumo teve uma abordagem diferenciada. Neste caso, foram analisados dados de medição coletiva no período de abril de 2007 a janeiro de 2008, e dados de medição individual neste mesmo intervalo de meses para os anos de 2012 e 2013. Esta nova abordagem deve-se ao fato de o consumo de cada mês ser influenciado por características específicas, como a estação do ano a qual pertencem, feriados e período de férias escolares.

Escolheram-se os anos de 2007 e 2008 para análise dos consumos no período de medição global, pois o histórico de consumo de água da COMPESA apresentava valores atípicos para os anos de 2009 e 2010. Além disso, foram obtidas contas de água referentes a 2007 e 2008 através de visitas ao Edifício B, possibilitando a confirmação dos valores destas contas com os registrados no histórico da COMPESA. A figura 3 mostra a variação do consumo mensal de água no Edifício B nos dois períodos de medição.

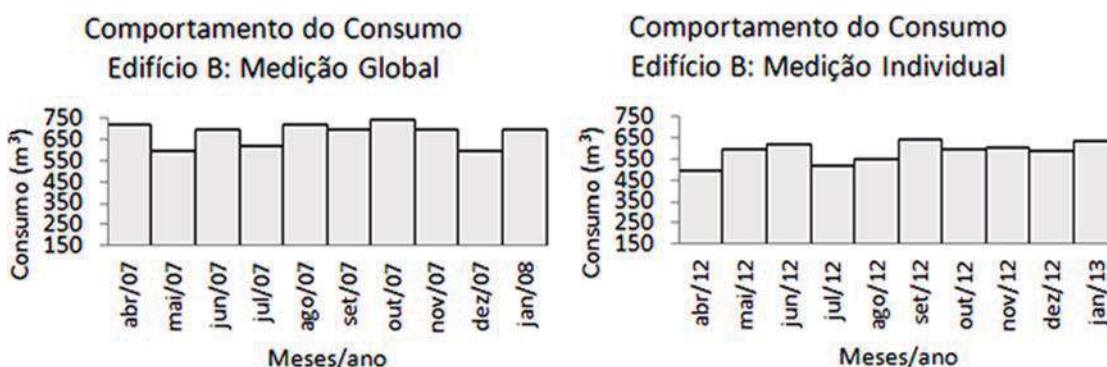


Figura 3. Comportamento do Consumo no Edifício B- medição global e individual.

Verifica-se na figura 3 que, com exceção do mês de maio, todos os meses analisados apresentaram uma redução significativa do consumo após a individualização da água. Meses que apresentam geralmente um baixo consumo, tiveram uma redução ainda maior após a implantação do sistema de medição individualizada de água. Como exemplo tem-se o mês de julho, que em 2007 registrou um consumo de 624 m³, e no ano de 2012 apresentou um consumo de 516 m³, o que indica uma redução percentual de 17,3%.

5.4 Viabilidade econômica

A análise de viabilidade econômica para adoção do sistema de medição individualizada foi feita apenas para o Edifício A dos condomínios verticais, tendo em vista que o condomínio horizontal já foi projetado com hidrômetros individuais em suas unidades habitacionais.

A partir do cálculo do valor médio das contas de água do Edifício A, para os 6 meses que antecederam, e para os 6 meses que sucederam a individualização da água, observou-se que a percentagem média mensal de economia no edifício, após a implementação da individualização, foi de aproximadamente 16%. Esta percentagem representa um valor médio mensal economizado de R\$ 1133,47 para o condomínio. A partir destes valores, fez-se o cálculo do tempo estimado de retorno do investimento realizado no Edifício A para adoção do sistema individual de medição de água, como mostra a tabela 4.

Tabela 4. Tempo estimado de retorno do investimento no Edifício A.

Custo total de implantação do sistema no Edifício A	Economia média mensal após a individualização/ Tempo estimado de retorno do investimento (meses)
R\$ 54.000,00	R\$ 1.133,47 48

Conforme a tabela 4 observa-se que o tempo médio de retorno do investimento inicial feito no Edifício A para implementação do sistema de medição individualizada é de 48 meses, ou seja, 4

anos. O tempo de retorno, no entanto, pode diminuir se forem considerados os aumentos anuais das tarifas para o cálculo das contas de água. No ano de 2013, por exemplo, houve um reajuste de 5,19% das contas de água no estado de Pernambuco de acordo com a COMPESA. Desta forma, mesmo com a redução do consumo após a individualização da água, as contas podem apresentar valores semelhantes ou superiores em relação aos meses com maior consumo médio devido ao aumento anual das tarifas.

6 CONCLUSÕES

Da análise dos dados recolhidos emerge o fato de os sistemas de medição individualizada apresentarem-se como uma ação eficaz na racionalização do uso da água, uma vez que se identificou uma redução do consumo e do desperdício de água nos edifícios estudados.

- Verifica-se deste modo a possibilidade de garantir, a cada usuário, que o valor pago das suas contas de água corresponda exclusivamente aos seus consumos individuais;
- Incentiva-se um comportamento responsável, com redução efetiva dos consumos, pois este se traduz na economia das faturas da água;
- O investimento a realizar apresenta um período de retorno de cerca de 4 anos, que poderá ser reduzido em face do aumento das tarifas de água. A amortização do investimento não contabiliza os ganhos ambientais associados à poupança em termos do tratamento das águas para consumo.

Ao término desta pesquisa, espera-se que o conhecimento a respeito da medição individualizada possa estimular a adoção deste sistema em edifícios residenciais visando à redução do consumo de água. Espera-se ainda incentivar o desenvolvimento de novas medidas sustentáveis que contribuam com a redução dos desperdícios através do uso racional da água.

REFERÊNCIAS

- Coelho, A. C.; Maynard, J. C. B. 1999. *Medição Individualizada de Água em Apartamentos*. Ed. Comunicarte. 172p. Recife, Pernambuco.
- Coelho, A. C. 2007. *Medição de água Individualizada- Manual de Consulta*. Recife, Pernambuco.
- Tamaki, Humberto Oyamada; SILVA, Gisele Sanches da; GONÇALVES, Orestes Marraccini. 2006. A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais: estudo de caso na Universidade de São Paulo. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p.63-74.
- Yamada, Eduardo Seiji. 2001. *Os impactos da medição individualizada de água em edifícios residenciais multifamiliares*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

CHAPTER 9 | CAPÍTULO 9 | CAPÍTULO 9

Sustainable building technology and management

Gestão e tecnologias de construções sustentáveis

Gestión y tecnología de construcción sostenible



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida

Poliana Cardoso

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urban, São Carlos, São Paulo, Brasil
polistm@usp.sc.br

Javier Pablos

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urban, São Carlos, São Paulo, Brasil
pablos@usp.sc.br

ABSTRACT: The aim of this article is to analyse how CAE (Environmental Certification of Buildings) systems include the LCA (Life Cycle Assessment) technique in housing types at the Brazilian context. For this purpose uses the exploratory research on literature and document review. The results show all CAE have started at least the life cycle thinking as a basis for knowledge by the various stakeholders. Some efforts have CAE more suitable for use in technical purposes, such as the BREEAM and LEED. The BREEAM classifies materials chosen on LCA approach and LEED makes ponderation of credits in categories using the method of characterization TRACI impact. It points applicability projections of LCA technique inserted in the categories related to materials, this category is considered standard for evaluation by all CAE.

Keywords: Life Cycle Assessment, Environmental Certification of Building, Impact Assessment.

RESUMO: Este artigo tem como objetivo analisar como os sistemas CAE (Certificação Ambiental de Edificações) contemplam a técnica de ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) em tipologias habitacionais no contexto brasileiro. Para este objetivo, utiliza-se a pesquisa exploratória por meio de revisão bibliográfica e documental. Os resultados mostram que todas as CAE já iniciaram pelo menos o pensamento de ciclo de vida como base para conhecimento por parte dos diversos atores interessados. Algumas CAE possuem iniciativas com propósitos mais adequados ao uso da técnica, como é o caso do BREEAM e LEED. O BREEAM classifica os materiais escolhidos por meio de abordagem de ACV e o LEED realiza ponderação dos créditos das categorias utilizando o método de caracterização de impacto TRACI. Aponta-se projeções de aplicabilidade da técnica de ACV estar inserida nas categorias relacionadas aos materiais, categoria esta, considerada como padrão para avaliação por todas as CAE.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida, Certificação Ambiental de Edificações, Avaliação de Impacto.

1 INTRODUÇÃO

A evolução dos conceitos de desenvolvimento sustentável e novos modelos econômicos fez com que o setor da construção civil se posicionasse estrategicamente frente aos impactos por ela causados, introduzindo no mercado sistemas de avaliação ambiental de edificações derivados de procedimentos de avaliação ambiental de processos ou produtos (Severo; Carvalho Filho; Sousa, 2012; Silva, 2003). Esses sistemas de avaliação são qualitativos e se baseiam no desempenho relativo ambiental de uma construção, quando comparada a outros edifícios de diferentes alternativas de concepção (Cole, 1998).

Estes sistemas surgiram na década de 90 na Europa, EUA e Canadá, com o intuito de medir o desempenho ambiental em prol do desenvolvimento da sustentabilidade. Para o contexto brasileiro estes sistemas foram trazidos de forma generalizada por não apresentarem

flexibilidade de adaptação a diferentes contextos locais, como por exemplo, o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sistema americano (BUENO, 2010), ou BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method, da Inglaterra.

Segundo Rebitzer (2004), para atingir o desenvolvimento sustentável necessita-se de sistemas e ferramentas que ajudem a quantificar e comparar os impactos ambientais dos bens (produtos) e serviços para a sociedade.

Neste sentido, a técnica de ACV se enquadra para auxiliar na avaliação de desempenho ambiental de edificações de forma a alcançar dados quantitativos. A ACV permite avaliar os impactos de um sistema de produto, sistematicamente, por todo o seu ciclo de vida.

Dessa forma o direcionamento deste trabalho tem como objetivo analisar como os sistemas CAE (Certificação Ambiental de Edificações) contemplam a técnica de ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) em tipologias habitacionais no cenário brasileiro nas fases iniciais de projeto do ambiente construído.

1.1 Desempenho Ambiental – DA

De acordo com a ABNT (2004), DA são os resultados da gestão de uma organização sobre seus aspectos ambientais, tendo como aspectos ambientais, os elementos das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Sendo a ADA (Avaliação de Desempenho Ambiental) um processo e instrumento destinado a auxiliar as decisões da gestão relativas ao DA de uma organização através da seleção de indicadores, análise de avaliação da informação em função dos critérios de desempenho ambiental, comunicação, por último, revisão e melhoria periódica deste processo.

1.2 Certificação Ambiental de Edificações – CAE

As CAE são sistemas desenvolvidos para ADA nas fases de planejamento, construção, reforma e operação de ambientes construídos (novos ou pré-existentes). Em relação à divulgação as CAE podem ser “orientadas para o mercado” ou “orientadas para pesquisa”. Para as orientadas ao mercado, as avaliações são desenvolvidas para serem de fácil acesso aos projetistas ou para divulgar a importância da dedicação contínua de melhorar a qualidade ambiental de projetos, obra e operação pelo mercado. Para os orientados a pesquisa, as avaliações evidenciam o desenvolvimento de uma metodologia com base científica aprofundada com o intuito de colaborar com novos sistemas (Silva, 2003).

1.3 Avaliação do Ciclo de Vida – ACV

ACV é uma técnica de gestão ambiental que compila e avalia as entradas, saídas e impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida (ABNT, 2009). A ACV pode ser usada para avaliar sistemas complexos como as edificações. A avaliação se baseia em quatro fases: (1) definição de objetivo e escopo, (2) análise de inventário (ICV), (3) avaliação de impactos (AICV), e (4) interpretação (ABNT, 2009).

Uma das fases considerada importante para a interpretação dos resultados é a AICV. Nesta fase os dados coletados na fase anterior (ICV) são caracterizados em resultados de impacto de indicadores associados ao sistema de produto em estudo, ampliando o entendimento de sua significância ambiental (ABNT, 2009).

2 MÉTODO DE PESQUISA E RESULTADOS

Para esta pesquisa bibliográfica e documental foram adotadas as seguintes etapas metodológicas: (i) Seleção dos sistemas CAE para discussão; (ii) Análise em relação às principais características de cada sistema CAE; (iii) Identificação em relação as categorias de avaliação com abordagem de CV (Ciclo de Vida); (iv) Identificação das fases do ciclo de vida da edificação

utilizadas nos sistemas CAE e (v) Correlação dos aspectos e impactos dos principais métodos de caracterização da fase de AICV (Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida) com as categorias de avaliação dos sistemas CAE selecionados.

2.1 Seleção dos sistemas CAE para discussão

Foram levantados os sistemas CAE mais difundidos no mundo e após foi realizada a seleção para o estudo. Os sistemas CAE foram selecionados com os critérios seguintes: aplicação ao cenário brasileiro; processo de certificação para tipologia habitacional; e tenham empreendimentos em processo de certificação ou já certificados no Brasil. Os sistemas selecionados foram: AQUA, BREEAM, Casa Azul e o LEED. O sistema DGNB não foi selecionado para este estudo em virtude de não atender ao item dois desta seleção.

2.2 Análise em relação às principais características de cada sistema CAE

Foi realizado um mapeamento com cinco itens relacionados a características de cada sistema: categorias de avaliação; aplicabilidade; metodologia de avaliação; complexidade de aplicação e sistema de classificação, os resultados são mostrados na Figura 1.

- Categoria de avaliação da CAE: identifica quais as categorias de avaliação que cada sistema CAE utiliza para avaliar a edificação submetida ao processo de certificação.
- Aplicabilidade: mostra para qual país a CAE foi desenvolvida, se foi desenvolvida levando em consideração as especificidades nacionais, se foi adaptada ao local ou ainda se foi desenvolvida para ser utilizada de forma internacional.
- Metodologia de avaliação: indica como se procedem cada etapa a seguir no processo de avaliação, se são realizados por meio da tabulação de dados e como é feito o tratamento dos dados.
- Complexidade de aplicação: assinala o grau de dificuldade para aplicação. Se o sistema utiliza de consultor, se utiliza de formulário de checklist ou questionário para cada categoria de avaliação.
- Sistemas de classificação: apresenta os níveis que os sistemas adotam para classificar o desempenho de cada edificação.

	AQUA	BREEAM	CASA AZUL	LEED
Categorias de Avaliação	1-Relação do edifício com o seu entorno 2-Qualidade dos componentes 3-Canteiro responsável 4-Gestão de energia 5-Gestão de água 6-Gestão dos Resíduos 7-Gestão da conservação e da manutenção 8- Conforto Higrotérmico 9- Conforto Acústico 10- Conforto Visual 11- Conforto Olfativo 12- Qualidade dos espaços 13- Qualidade Sanitária do Ar 14- Qualidade Sanitária da Água	1- Energia e emissões de CO2 2- Água 3- Materiais 4- Escoamento das águas da superfície 5- Resíduos 6- Poluição 7- Saúde e bem-estar 8- Gestão 9- Ecologia	1-Qualidade Urbana 2-Projeto e Conforto 3-Eficiência Energética 4- Conservação de Recursos materiais 5- Gestão da Água 6- Práticas Sociais	1-Espaço Sustentável 2- Uso racional da água 3- Energia e Atmosfera 4- Materiais e Recursos 5- Qualidade Ambiental Interna 6-Inovação e Processo do Projeto 7-Créditos Regionais
Aplicabilidade	Adaptado para aplicação no contexto brasileiro.	Desenvolvido para o Reino Unido, com aplicação internacional.	Desenvolvido para aplicação no contexto brasileiro.	Desenvolvido para o EUA, com aplicação internacional.
Metodologia de avaliação	A avaliação dá-se de maneira evolutiva ao longo da estrutura em árvore composta de Categorias, Subcategorias e Preocupações.	Avaliação sistemática, o número total de créditos ganho para cada área de critérios das categorias é multiplicado por um fator de peso ambiental, que cada uma tem nas diferentes regiões do mundo.	Avaliação dos edifícios através de uma lista de pré-requisitos (<i>checklist</i>) aos quais são atribuídos créditos baseados em uma lista de objetivos preexistentes. A classificação final é obtida pela soma dos pontos atingidos nas categorias.	Avaliação dos edifícios através de uma lista de pré-requisitos (<i>checklist</i>) aos quais são atribuídos créditos baseados em uma lista de objetivos preexistentes. A classificação final é obtida pela soma dos pontos atingidos nas categorias.
Complexidade de aplicação	Aplicação simples, no formato de questionário, aplicado por consultoria.	Aplicação simples, em forma de questionário, aplicado por consultoria.	Aplicação simples, no forma de <i>checklist</i> , de fácil preenchimento.	Aplicação simples, no forma de <i>checklist</i> , de fácil preenchimento.
Classificação	Níveis de desempenho: Base (B); Boas Práticas (BP); Melhores Práticas (MP). Nível global: Passa - 14 categorias em nível B; Bom - entre 1 a 4 estrelas em nível BP e MP; Muito Bom - entre 5 a 8 estrelas em nível BP e MP; Excelente - entre 9 a 11 estrelas em nível BP e MP; Excepcional - com 12 estrelas ou mais.	Aprovado - 30%; Bom - 45%; Muito Bom - 55%; Excelente - 70%; Excepcional - 85%.	Bronze - 19 critérios; Prata - obrigatórios + 06 critérios de livre escolha; Ouro - obrigatórios + 12 critérios de livre escolha.	Certificado - 40-49 pontos Prata - 50-59 pontos Ouro - 60-79 pontos Platina - 80 pontos e acima.

Figura 1 - Principais características de cada Sistema. Fonte: Bueno (2010) adaptado por Cardoso e Pablos (2014)

2.3 Identificação das categorias de impacto com abordagem de ACV

Identificou-se nos referenciais técnicos de cada CAE selecionada, quais categorias de avaliação abordam o ciclo de vida para materiais, componentes e/ou sistemas construtivos para edificações a serem construídas, que viabilizem o desempenho ambiental dos mesmos. Para isto, considerou-se a leitura e interpretação das categorias, subcategoria e critérios de cada CAE para edifícios novos, da seguinte forma:

- Avaliação da qualidade ambiental;
- Requisitos normativos;
- Atestem selos de qualidade de acordo com programas de qualidade ou declarações ambientais dos produtos;
- Pensamento de ciclo de vida: origem, uso e destinação final.

As categorias identificadas nas CAE com abordagem de ciclo de vida estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo das categorias com abordagem CV

CAE	Categorias c/ abordagem de cv
AQUA	Qualidade dos componentes
BREEAM	Materiais Uso da terra e Ecologia
Casa Azul	Conservação de recursos materiais
LEED	Materiais e Recursos

O sistema AQUA tem todas suas preocupações inseridas na subcategoria relacionada a qualidade ambiental dos materiais, produtos e equipamentos que serão utilizados na obra. Estas preocupações estão relacionadas a escolha dos materiais, produtos e equipamentos, na etapa de projeto e execução, que tem alguma comprovação de que sejam de qualidade e não sejam prejudiciais a saúde humana e ambiental.

Tais preocupações são pré-requisitos para se alcançar a certificação em seu menor nível. Apenas a preocupação para estudos de diferentes cenários dos produtos a serem escolhidos na etapa de projeto que a pontuação é de 1 ponto se for implementado ou se escolhido é pré-requisito para se alcançar o nível máximo da certificação.

A forma de comprovação destas preocupações é por meio de selos, certificados ou estejam em conformidade com os programas nacionais de qualidade e até mesmo com alguma declaração de qualidade.

Pode-se perceber que o AQUA trabalha a questão do ciclo de vida dos materiais com a responsabilidade voltada para os fabricantes e fornecedores dos produtos. O empreendedor que passa por esta certificação deve buscar no mercado produtos que já forneçam informações de dados ambientais quantificáveis e relevantes, sobre os aspectos ambientais, de conforto e de saúde dos produtos e materiais da construção.

O BREEAM classifica os materiais por meio de metodologia de um perfil ambiental do mesmo baseando se na Avaliação do Ciclo de vida. A escolha dos materiais, para a construção da estrutura e acabamento, deve ter origem documentada atestando que são fabricados em conformidade e de forma lícita. Outro quesito que a CAE aborda é a subcategoria “pegado do edifício” a qual visa a otimização do uso dos materiais e água. A classificação ocorre por meio de equação da relação da área interna útil da edificação com a área de maio piso da mesma.

A pontuação dessas subcategorias varia entre 1 a 6 pontos, podendo ser utilizadas para alcançar qualquer nível da certificação. A comprovação destes créditos se dá por documentação nas fases de projeto e ao término da construção.

O sistema Casa Azul tem a preocupação em reduzir o consumo de recursos naturais e aumentar a vida útil das edificações. Esta vida útil é definida por meio do resultado da influência dos materiais, microclima do ambiente natural e sobre os detalhes de construção da edificação. Um material pode ter durabilidade em determinada situação e ser menos durável em outra, no então, todos os materiais são degradáveis. A degradação pode ser retardada se o uso dos diversos materiais for adequado e o processo de degradação destes seja levado em consideração (John; Prado, 2010).

Na categoria “conservação de recursos materiais”, o referencial técnico faz menção a ferramenta ACV, como sendo para uso futuro no Brasil, onde cada fabricante deverá informar, além das características técnicas associadas a cada material, os fluxos de matéria e energia típicos, sendo estes dados a serem utilizados pela plataforma BIM (Building Information Modelling). Desta maneira o projetista no futuro, ao selecionar um produto terá as informações de dados quantitativas e qualitativas ambientais (John; Prado, 2010).

Atualmente, inseridos nesta categoria “conservação de recursos materiais”, relacionados ao ciclo de vida dos materiais e componentes estão as subcategorias “Qualidade dos materiais e componentes”, “Fôrmas e escoras reutilizáveis” e a “Madeira plantada ou certificada”. Sendo os dois primeiros quesitos obrigatórios para certificação mínima (Bronze) e a terceira pontua nos níveis “Prata” e “Ouro”.

A qualidade dos materiais e componentes ocorre na concepção do projeto por meio da seleção dos materiais e fornecedores, na etapa da construção, pela educação dos usuários e operadores. Desta maneira, os resultados positivos são obtidos por empresas que adotem sistema de gestão de qualidade na fabricação de seus produtos, a correta especificação técnica dos mesmos e que estes produtos possuam certificados de qualidade emitidos por entidades certificadoras com notória reputação ou por processo de seleção de fornecedores que inclua a análise da qualidade dos produtos.

As Fôrmas e escoras reutilizáveis incentivam a redução de impacto ambiental relacionados ao consumo de madeira serrada amazônica. O emprego de fôrmas bem projetadas e executadas com materiais duráveis aumenta a produtividade da obra e a montagem e desmontagem rápida com um mínimo de serviços de reparo e com a construção de qualidade, tais como a prevenção de vazamentos de concreto e variações de recobrimento de armaduras, que podem levar a corrosão de armaduras e falhas na estrutura (John; Prado, 2010).

Por último a questão da madeira plantada ou certificada pelo FSC e Cerflor, extraída de acordo com um plano de manejo de longo prazo, prevê e planeja a extração de forma a minimizar o impacto na floresta remanescente possibilitando a renovação. Desta maneira, evita-se a redução de estoques de carbono nas florestas e preservam-se biomas e reduzem-se as emissões de gases do efeito estufa (GEE). A plantação destas madeiras de rápido crescimento, se empregadas em aplicações de grande vida útil, retira-se carbono da atmosfera por longos períodos, colaborando para atenuar o efeito estufa (Zenid, 2009).

O sistema de avaliação do LEED é baseado a partir de uma perspectiva do edifício ao longo do ciclo de vida de um edifício em que estejam em equilíbrio os princípios ambientais, práticas estabelecidas e conceitos emergentes. A CAE LEED é a única que trabalha em sua avaliação de impactos com método de caracterização utilizados em estudos de ACV, no caso o TRACI. O método TRACI é utilizado para fazer as ponderações nos créditos das categorias.

A categoria “Materiais e Recursos” é a que está mais direcionada com as questões de ciclo de vida de materiais, trabalhando com as subcategorias relacionadas ao reuso de materiais, utilização de materiais regionais e de rápida renovação, além de pensar na questão do uso de madeira certificada. A pontuação destas subcategorias tem menor pontuação, variando de 1 a 2 pontos, sendo que nenhuma delas é considerada como critério obrigatório. A pontuação

destes vai estar relacionada a número de percentagem sobre o valor de custo total de materiais de construção.

2.4 Identificação das fases de ciclo de vida da edificação utilizadas nos sistemas

O ciclo de vida de uma edificação é constituído por processo informativo e físico. No processo físico estão as fases de planeamento e projeto. O processo físico é constituído pelas fases: extração, transporte, fabricação dos materiais, construção, uso e operação, manutenção e desativação. Este item identificou o que as CAE trabalham em cada uma destas fases do processo informativo e físico.

Estas fases de ciclo de vida estão relacionadas, neste trabalho, diretamente com os materiais, componentes e sistemas construtivos. A identificação foi realizada nas CAE considerando-se a fase em relação a estes itens, para que esta identificação se tornasse um estudo contínuo sobre o mesmo item no objeto de estudo, a edificação.

As Tabelas 2 e 3 mostram o resumo desta identificação das categorias das CAE utilizadas nas fases de ciclo de vida.

Nota-se que as fases de planeamento e projeto estão relacionadas ao a gestão do empreendimento proposta por cada CAE. Esta gestão mostra todo o direcionamento do processo de certificação, as exigências das fases de projeto e construção e, também os objetivos previstos para o perfil ambiental do empreendimento.

A fase de extração do material está relacionada em todas as CAE, as categorias que estabelecem os critérios para a seleção de material a ser utilizado na edificação. No AQUA é promovida esta fase de extração com a exigência da conformidade em relação a procedência dos recursos naturais empregados. Na CAE BREEAM e Casa Azul, além da exigência da conformidade, estas listam os materiais que devem ser considerados. O LEED propõe a reutilização de materiais, como forma de diminuir a extração de matéria-prima.

Tabela 2 – Resumo da identificação das categorias das CAE utilizadas nas fases de CV

CAE	Planejamento	Projeto	Extração	Transporte	Fabricação materiais
AQUA	Relacionado a organização e não as categorias.		Qualidade dos componentes	Relação do edifício com o seu entorno; Gestão da Energia; Qualidade dos componentes	Qualidade dos componentes
BREEAM	Gestão.	Gestão.	Materiais.	Gestão; Energia e Emissões de CO2; Transporte.	Materiais.
Casa Azul	Qualidade urbana.	Projeto e conforto.	Conservação de recursos materiais.	Qualidade urbana; Conservação de recursos materiais.	Conservação de recursos materiais.
LEED	Relacionado a organização e não as categorias.		Materiais e Recursos.	Espaço Sustentável; Materiais e Recursos.	Materiais e Recursos.

Em relação à fase de transporte, ressalta-se a mobilidade com o entorno, por meio de transportes alternativos, este aspecto é considerado por todas as CAE. Outros aspectos abordados para a fase de transporte é a escolha de materiais que estejam a 300 km ou 800 km

para as CAE AQUA e LEED, respectivamente. O Casa Azul também faz menção, porém, sem estipular distâncias. Ainda em relação ao transporte o BREEAM promove o monitoramento do nº de registros de transporte para a obra, a fim de medir as emissões de CO2.

Observa-se que na fase de fabricação, as CAE estabelecem critérios para seleção dos materiais na edificação, assim como na fase de extração. O AQUA faz menção a promoção do uso de cimento CP III e CP IV. O sistema BREEAM tem a preocupação na escolha de fabricantes “responsáveis”, os quais devem fornecer dados de fabricação de entradas ou extração dos recursos utilizados e a CAE ainda faz uma lista dos materiais a serem considerados.

Ainda em relação à fase de fabricação, a CAE Casa Azul relaciona a escolha de materiais, componentes construtivos, dispositivos economizadores de água e equipamentos geradores de energia que tenham sido fabricados por empresas em conformidade com o Ministério das Cidades e o PBQP-H.

O LEED vincula a fase de fabricação ao reuso de materiais para elementos estruturais e não estruturais, gestão dos resíduos sólidos para reuso na construção civil e também na escolha de materiais com conteúdo reciclado, para estes com o intuito de se diminuir os impactos relacionados ao processo de fabricação dos materiais.

Tabela 3 – Resumo da identificação das categorias das CAE utilizadas nas fases de CV

CAE	Construção	Uso e Operação	Manutenção	Desativação
AQUA	Relacionado a organização e não as categorias.	Canteiro sustentável; Gestão da conservação e da manutenção	Gestão da conservação e da manutenção	Gestão dos resíduos; Canteiro sustentável; Gestão da água.
BREEAM	Relacionado a organização e não as categorias.	Gestão; Energia e Emissões de CO2; Água; Resíduos.	Gestão.	Gestão; Materiais; Resíduos.
Casa Azul	Relacionado a organização e não as categorias.	Práticas sociais.	Não consta.	Conservação de recursos materiais; Gestão da água; Projeto e conforto; Práticas sociais.
LEED	Relacionado a organização e não as categorias.	Espaço Sustentável; Uso Racional da Água.	Não consta.	Espaço Sustentável; Materiais e Recursos.

2.5 Correlação dos aspectos e impactos dos principais métodos de caracterização da fase de AICV com as categorias de impacto dos sistemas selecionados

Os métodos para a classificação das categorias de avaliação de impacto de ciclo de vida das certificações ambientais escolhidos para este trabalho foram os mais utilizados atualmente e suas categorias podem ser aplicadas no contexto internacional, tendo em vista que o Brasil não possui um método específico, são eles: CML2002, EDIP97, USEtox, Impact World+. A Tabela 1 relaciona as categorias de impacto destes métodos de AICV utilizadas nas categorias de avaliação das CAE.

Tabela 1 – Relação das categorias de impacto dos métodos de AICV com as CAE
(A – AQUA; B – BREEAM; C – Casa Azul; L – LEED)

Categorias de Impacto	CML 2002	EDIP 97	USEtox	Impact World+	CAE			
	<i>Midpoint</i>	<i>Midpoint</i>	<i>Midpoint</i>	<i>Midpoint e Endpoint</i>	A	B	C	L
Mudanças climáticas	X	X	-	X	X	X	X	X
Consumo dos Recursos	X	X	-	X	-	X	X	-
Uso da terra	X	X	-	-	-	X	X	X
Uso da água	-	-	-	-	X	X	X	X
Toxicidade Humana	X	X	X	X	X	X	-	X
Diminuição de Ozônio	X	X	-	X	X	X	X	X
Criação de Ozônio Fotoquímico	X	X	-	X	X	X	X	X
Ecotoxicidade	X	X	X	X	-	-	-	-
Eutrofização	X	X	-	X	X	-	-	-
Acidificação	X	X	-	X	X	X	X	X

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da técnica de ACV nas CAE mostrou-se em passos iniciais. Todas as CAE já iniciaram pelo menos o pensamento de ciclo de vida como base para conhecimento por parte dos atores interessados. Algumas CAE possuem iniciativas com propósitos mais adequados ao uso da técnica, como é o caso do BREEAM e do LEED. O BREEAM classifica os materiais escolhidos por meio de abordagem de ACV, sendo esta, a ser comprovada com documentação de origem da fabricação. O LEED faz a ponderação dos créditos das categorias utilizando o método de caracterização de impacto TRACI (desenvolvido para o contexto da América do Norte).

Um fator importante identificado foi a questão das fases de ciclo de vida abordadas pelas CAE, em suma, quase todas propõem as fases de extração, transporte, fabricação, construção, uso e operação e a desativação nas categorias de avaliação com foco na escolha de materiais. Observando-se que as fases de planejamento, projeto e manutenção são abordadas em algumas certificações, como o BREEAM. O AQUA promove somente a fase de manutenção em suas categorias. O Casa Azul trabalha só com a categoria direcionada ao planejamento e projeto, e não com a fase de manutenção. Por fim, o LEED não direciona nenhuma categoria a respeito do planejamento, projeto e manutenção.

Destaca-se ainda sobre as categorias de avaliação CAE que relacionam os aspectos ambientais dos métodos de AICV. As CAE têm propostas correlacionadas com os aspectos de mudança climática, uso da água, diminuição de ozônio, criação de ozônio fotoquímico e acidificação. Isoladamente, as CAE BREEAM e Casa Azul relacionam questões sobre o consumo de recursos. Além, as CAE BREEAM, Casa Azul e LEED propõem categorias relacionadas ao uso da terra. Em relação a toxicidade humana, são apontados parâmetros nas CAE AQUA, BREEAM e LEED. Observa-se que os aspectos sobre a ecotoxicidade não são relacionados por nenhuma CAE.

Sabendo-se que os métodos de AICV têm categorias de impacto desenvolvidas para contexto local, regional e global, pode-se considerar para o uso no contexto brasileiro, com base na literatura existente o uso de métodos que possuem categorias com abordagem global para serem utilizados como fator de ponderação nas categorias das CAE, são eles: CML 2002 (considerado de aplicabilidade global, pois das 25 categorias, apenas duas são aplicáveis somente na Europa), EDIP 97, USEtox, Impact World+.

Outra questão relevante é o uso da tecnologia BIM para realizar avaliações de ciclo de vida, o sistema Casa Azul faz menção para no futuro a integração nas fases de projeto. No entanto, se faz emergencial para uso no processo de projeto atual, os quais já poderiam iniciar as simulações de projetos utilizando recursos do BIM.

Aponta-se sobre as projeções de aplicabilidade da técnica de ACV estarem inseridas nas categorias relacionadas aos materiais, categoria esta considerada como padrão para quase todas as CAE. Isto seria possível, se as CAE considerassem em alguma fase do empreendimento para a escolha de material a ser determinado a aplicação de um estudo de ACV como critério obrigatório.

Ainda assim, necessita-se que os dados dos estudos de ACV para o setor da construção civil e em geral, sejam adequadamente validados por especialistas e conseqüentemente os resultados reflitam os potenciais impactos do estudo.

4 AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR ISO 14031: Gestão ambiental – Avaliação de desempenho ambiental – Diretrizes*. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro, 2009.

Building Research Establishment, BRE. Building Research Establishment Environmental Assessment Method Centre. (2009). *Code for sustainable homes technical guidance*. Disponível em: <<http://www.breeam.org>>. Acesso em: 18 set. 2013.

Bueno, C. (2010). *Desempenho ambiental de edificações: cenário atual e perspectivas dos sistemas de certificação*. Revista Minerva, v.7, n.1, p.45-52.

Cole, R. J. (1998). *Charting the future: emerging trends in building environmental assessment methods*, School of Architecture, University of British Columbia. Building Research and Information, v.26, n.1, p.3-16.

Fundação Carlos Alberto Vanzolin, FCAV. (2014). *Referencial de avaliação da qualidade ambiental de edifícios residenciais em construção - processo AQUA: vs.1*. Disponível em: <http://vanzolini.org.br/download/RT_AQUA-HQE-Edifícios_residenciais.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2014.

John, V.M.; Prado, R.T.A. (Coord.). (2010). *Boas práticas para habitação mais sustentável – selo CASA AZUL*. São Paulo: Páginas e Letras.

Rebitzer, G. et al. (2004). *Life cycle assessment. Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications*. Environment International, v.30, p.701-720.

Severo, E. M. F.; Carvalho Filho, A. C.; Sousa, H. J. C. (2012). *Comparativo das principais ferramentas para avaliação do ciclo de vida de edificações*. In: Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos E Serviços, 3., 2012, Maringá. Anais... [S.l.:s.n.].

Silva, V. G. (2003). *Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica*. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

United States Green Building Council, USGBC. (2009). *Green building rating system: LEED for new construction and major renovation – with alternative compliance paths for projects outside the U.S.* [S.l.:s.n.].

Zambrano, L. M. de A.; Bastos, L. E. G.; Slama, J. G. (2004) *Gestão Ambiental e Avaliação do desempenho da edificação – estudo de caso na indústria farmacêutica*. In: I Conferência latino-americana de construção sustentável. x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído (ENTAC). 2004, São Paulo. Anais... São Paulo, ISBN 85-89478-08-4.

Zenid, Geraldo José (Coord.). Madeira: uso sustentável na construção. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas/SVMA, 2009. Publicação IPT n. 3.010. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_madeira.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2014.

Assessment of existing building to intelligent and sustainable building – a case study in a university laboratory in São Paulo, Brazil

Carolina Pardo Miceli

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Department of Civil Engineering, Campinas, São Paulo, Brazil
carol_pardo_miceli@yahoo.com.br

Patricia Stella Pucharelli Fontanini

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Department of Civil Engineering, Campinas, São Paulo, Brazil
pspucha@terra.com.br

Rosa Cecche Lintz

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Department of Civil Engineering, Campinas, São Paulo, Brazil
rosaclintz@ft.unicamp.br

Lia Lorena Pimentel

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Department of Civil Engineering, Campinas, São Paulo, Brazil
lialp@puc-campinas.edu.br

Ana Elizabete P. G. A. Jacinto

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Department of Civil Engineering, Campinas, São Paulo, Brazil
anajacinto@gmail.com

ABSTRACT: The development of the construction sector has forwarded the search of new technologies to increase the optimization of the systems involved in construction work. Most failures in the building system originate in the processes of conception and execution. The right definition of the requirements system is essential for the success of an intelligent “green” project. The necessary requirements to be considered are: quality, patterns, target cost, economics input, technological level, durability, safety, operational methods and maintenance. This paper was started with the bibliographical research and identification of the applicability of bioclimatic zoning concepts and their performance in buildings to make them more sustainable. In this case study, the soil laboratory of the P.U.C.C.A.M.P. (Pontifícia Universidade Católica de Campinas), was analyzed with the purpose of identifying possible results of the application of the norm ABNT-NBR (The Brazilian Association of technical standards-Brazilian standard) 15220, which regulates the thermal performance of buildings and the norm ABNT-NBR (The Brazilian Association of technical standards-Brazilian standard), which regulates the performance of housing constructions. Finally, the paper suggests measures to be taken for more sustainable building options for the acquisition of an environmental certification of quality, ensuring the reform of construction methods in accordance with sustainability criteria.

Keywords: Thermal Comfort, Bioclimatic Zone, Sustainability

RESUMO: O desenvolvimento do setor da construção tem impulsionado a busca de novas tecnologias para proporcionar a otimização dos sistemas envolvidos no trabalho civil. A maioria das falhas em sistemas de construção se origina nos processos de concepção e execução. A correta definição de requisitos do sistema é essencial, para o sucesso do projeto inteligente e verde. Existem alguns requisitos gerais na definição dos sistemas de construção que necessitam ser considerados, tais como: padrão de qualidade, custo, economia de insumos, nível tecnológico, durabilidade, segurança, facilidade de operação e manutenção. Na presente pesquisa é realizada a pesquisa bibliográfica e, a identificação da aplicabilidade de conceitos de

zoneamento bioclimático e desempenho em edifícios, para torná-los mais sustentáveis. Como estudo de caso, foi analisado o edifício dos laboratórios de solos da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (P.U.C.C.A.M.P.), localizada em Campinas - SP. Identificando alguns possíveis resultados com o uso das normas da ABNT-NBR 15220 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – Normas Técnicas) Desempenho térmico de edificações e ABNT-NBR (Associação Brasileira de Normas Técnicas – Normas Técnicas Edificações Habitacionais - Desempenho. Por fim, são sugeridas medidas a serem tomadas para obtenção de certificação ambiental, garantindo a reforma da edificação em conformidade com os critérios de sustentabilidade.

Palavras-chave: Conforto Térmico, Zoneamento Bioclimático, sustentabilidade

1. DEVELOPMENT

1.1 Sustainable Buildings

The concept of sustainable buildings incorporates not only the concepts of intelligent buildings but also the concepts of Lean Construction, which demands a concern with the reduction of waste during the construction process and the maintenance of the buildings.

For GODFOURD et. al. (2004), by understanding and engaging the processes of creating the built environment it is possible to seek inspiration from Nature not only about materials and mechanisms but about risk. The author points out that a sustainable construction must consider all the life span of a building, trying to project on the environmental quality not only performance quality but also values for the future generations.

For GODFOURD et. al. (2004), sustainable building involves considering the whole life of buildings, taking environmental quality, functional quality and future values into account. Sustainable building design is therefore the thoughtful integration of architecture with electrical, mechanical and structural engineering resources. In addition to express concern for the traditional aesthetics of massing, orientation, proportion scale, texture, shadow and light, the facility design team needs to be concerned with long-term costs: environmental, economic and human. Buildings contribute to the quality of life much more than we realise.

According to MARTINEZ (2009), the concepts of sustainability are being implemented in the field of civil engineering in order to reduce energy consumption and its inherent waste tackled by the Lean Construction methodology. These new sustainable construction are known as “green buildings”.

MARTINEZ (2009) states that the green buildings are conceived within the concept that they should threaten the environment as little as possible. This concept encompasses the whole process, from the choice of materials to be utilized in the construction phase to the environmental maintenance costs of the building throughout its utilitarian life.

1.2 Intelligent Buildings

According to CASTRO E NETO (1994 apud MESSIAS, 2007), the concept of intelligent construction has evolved a lot, and studies show that this concept walks hand-in-hand with the concept of construction sustainability. Intelligent buildings, according to the IBI (Intelligent Building Institute of the United States) are buildings that offer a productive and economical environment based on the optimization of four basic elements: structure (structural components of construction, architectural elements, interior finishings and furniture); systems (ambient control, heating, ventilation, air conditioning, lighting, safety and electrical power); services (voice communication, data, images, cleaning) and the management (tools to control the building) of the interrelations among them.

An “intelligent” construction needs to provide the users with comfort, safety, and above all, economy, not only related to the direct costs (water, light, telephone), but also related to the indirect costs, such as maintenance and operation; in addition to having in its conception all the studies of the environmental issues, sustainability, as well as the efficient utilization of resources and technologies.” (MESSIAS, 2007)

Intelligent buildings actually present a tendency towards costs compatible with the greater consuming market, having been planned according to a preliminary integrated project.

1.3 Environmental Comfort

According to PINTO et. al. (2009), the concept of environmental sustainability implies in decreasing the environmental impact that a construction causes in its natural surroundings; yet granting the life quality of those who live or go there. For this purpose to be achieved, one of the most important factors is the reduction of energy consumption, which is a limited resource badly utilized in the constructions. Although the Brazilian population still presents a low consumption of energy - compared to other countries – there is still potential for its growth. The NBR (Brazilian Standard) 15220 Thermal Performance of Buildings, proposes the assessment of thermal performance of buildings, which may be done either during the project phase or after its accomplishment. The assessment of the construction must be performed with the help of “in loco” measurements of variables representing performance, while the project assessment may be done with the help of computer simulation or through the verification of compliance with the construction directives. The NBR (Brazilian Standard) 15220 – part 3 presents recommendations of construction directives and detailing of strategies of passive thermal conditioning, based on fixed conditions and parameters.

1.4 Thermal Performance In Buildings – NBR 15.220

The standard is divided into five parts, the first indicates the definitions, symbols and units; the second defines methods of calculation of thermal transmittance, thermal capacity, thermal delay and solar factor elements and components of buildings; the third part presents the Brazilian they and zoning as well as their constructive guidelines; the fourth part deals with the measurement of thermal resistance and thermal conductivity by hot plate principle protected and the fifth and final part discusses the measurement of thermal resistance and thermal conductivity by meter. The NBR 15,220 establishes, besides, that the evaluation of thermal performance can be made both in the design phase, as after the construction. In the present work was made an analysis of the architectural plans of the building, and characteristics of the materials.

3. METHODOLOGY

For the development of the case study, a research was made to understand the sustainability and other important concepts of thermal comfort applied to the theme. Thermal comfort was the first criteria chosen to be analyzed, due to the facility to perform the diagnosis, and promote improvements based on the concepts of sustainable projects. There was also a study carried out on the bioclimatic zoning of the region of Campinas, and calculations were done to evaluate the thermal performance of a building which has as its function to accommodate students attending experimental classes about the subjects of soil and construction materials at the P.U.C.C.A.M.P. (Pontifícia Universidade Católica de Campinas). The methodology applied comprehended the following stages: (i) knowledge of the in force norms for deeper technical studies of bioclimatic zoning; (ii) definition of the necessary parameters for the projects; (iii) calculations of thermal performance and bioclimatic zoning. To meet the requirements of items (ii) and (iii), the construction directives were studied in order to comply with the bioclimatic zoning of the city of Campinas, where the laboratory is located. Here they are:

The city of Campinas is located in the Brazilian Bioclimatic Zone 3, according to the NBR (Brazilian Standard) 15220 – Thermal Performance of Buildings. This zone’s presents as its main characteristic the fact that it is a solar heating zone, for which the norm establishes the following construction directives:

- medium sized ventilation openings and shading of the openings allowing the penetration of solar light during the winter;
- light external barriers reflecting natural light on the walls; light isolated barriers on the top floor;
- strategies of passive thermal conditioning for the summer and crossed ventilation; solar heating of the building and heavy thermal barriers for the winter (thermal inertia).

The parameters of Thermal Performance specified for the Bioclimatic Zone of Campinas are:

- thermal delay ≤ 4.30 ;
- solar factor ≤ 4.00 .

According to ABNT/CB-02 Project 02:135.07-001/2:2003, thermal performance in buildings - calculation methods of thermal transmittance, thermal capacity, thermal delay and solar heat factor of elements and components of buildings.

ISO 6946:1996: Building components and building elements - thermal resistance and thermal transmittance - calculation methods.

Example of calculation: Wall with concrete blocks pasted, without plastering

Table 1 – Calculation methods

Data	Formulas
Total heat resistance	$R_t = R_{se} + R_t + R_{ss} = 0,13 + 0,1526 + 0,04 = 0,3226 \text{ (m}^2\text{.K)/w}$
Thermal transmittance	$U = 1/R_t = 1/0,3226 = 3,09 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$
Wall heat capacity	Section A (concrete): $A_a = 0,02 \times 0,19 = 0,0038 \text{ m}^2$ $C_{ta} = (e.c. P)_{concrete} = 0,14 \times 1,00 \times 2400 = 336 \text{ KJ/m}^2\text{.K}$ Section B (concrete + Air Chamber + concrete): $A_b = 0,165 \times 0,19 = 0,03135 \text{ m}^2$ $C_{tb} = \sum_{i=1}^3 e_i \cdot c_i \cdot P_i = (e.c. P)_{concrete} + (e.c. P)_{air} + (e.c. P)_{concrete}$ Despising the heat capacity of air Chamber, has been: $C_{tb} = 0,02 \times 1,00 \times 2400 + \emptyset + 0,02 \times 1,00 \times 2400 = 96 \text{ KJ/(m}^2\text{.K)}$ Therefore, the heat capacity of the wall will be: $CT = 3X A_a + 2X A_b / (3X A_a / C_{ta} + 2X A_b / C_{tb}) =$ $CT = 3 \times 0,0038 + 2 \times 0,03135 / (3 \times 0,0038 / 336 + 2 \times 0,03135 / 96) = 929 \text{ KJ/(m}^2\text{.K)}$
Thermal delay	$R_t = 0,1526$ $B_0 = C_t - C_{text} = 929 - 0,02 \times 1,00 \times 2400 = 881$ $B_1 = 0,226 \times (B_0 / R_t) = 0,226 \times 881 / 0,1526 = 1304$ $B_2 = 0,205 \times ((\lambda.p.c)_{ext} / R_t) \times (R_{ext} - (R_t - R_{ext} / 10)) = 0,205 \times ((1,75 \cdot 2400 \cdot 1,00 / 0,1526) \times (0,02 / 1,75 - (0,1526 - (0,02 / 1,75)) / 10)) = -15,16$ (is disregarded, because it resulted in negative value). $\varphi = 1,382 \times R_t \times \sqrt{B_1 + B_2} = 1,382 \times 0,1526 \times \sqrt{1304} = 7,65 \text{ hours}$
Solar factor	$FS_o = 4 \times U \times \alpha$ Using external color white ($\alpha = 0.3$), has: $FS_o = 4 \times 3,09 \times (0,3) = 3,7\%$ With $\alpha = 0.5$, has: $FS_o = 4 \times 3,09 \times (0,5) = 6,18\%$

Where:

Rt: is the thermal resistance of surface to surface, determined by the expression.
 Rse e Rsi: are the external and internal surface resistances, respectively and are obtained through the table A.1 it's norm in part 2.
 Cta: thermal capacity of component for each section (a, b ... n)
 e: layer thickness
 c: specific heat
 P: apparent bulk density
 Ctb: thermal capacity of component for each section (a, b ... n)
 Ct: thermal capacity of the components
 A: area (a or b)
 Rext: external thermal resistance
 Λ : thermal conductivity
 φ : thermal delay of a component
 FSo: Solar factor of opaque elements
 α : thermal absorptivity of component
 Ctext: capacidade térmica total do componente

4. CASE STUDY

Following the study of the concepts of sustainability and the Norms of Thermal Comfort in project, this case study opt to study and diagnose a building used for academic activities for the classes of Engineering in the field of Soils and Geotechnics and Construction Materials. The laboratory of Geology and Soils of the CEATEC(Center for science, technology and environmental) complex in located on the Campus 1 of the Pontificia Universidade Católica de Campinas in the city of Campinas. The laboratory comprises 3 distinct spaces: a classroom with six long benches for experiments, a classroom in the back for expository classes and a mezzanine lodging small rooms available for the Faculty staff. In addition, the building contains several pieces of equipment as well rock and soil samples.

The laboratory dimensions are 11.75 m X 13.20 m. The outside covering of the construction is composed of several materials (wall masonry, wood and glass of doors and windons). The Table below presents the measurements of the criter covering area of the laboratory.

Table 2 – Areas composing the outer covering of the building

Materials	Dimensions		Total measurement in square meters
	m	m	
Cement blocks			281.69
Wooden door	2.10 X	0.90	1.90
Iron gate	3.30 X	3.40	11.22
Glass windows	(1.50 X (2,10 X	13.20)+ 13.20)	47.52

Table 3 shows the calculations of Solar Factor for the laboratory and images 1 to 4 present views of the inside and the façade of the building.

Table 3 – Solar Factor of the laboratory

	Laboratory of Soils		FS	Pondered
	m ²	%m ²		
Block	281.60	0.82	6.18	5.08
Glass	47.52	0.14	14.60	2.03
Wood	1.90	0.01	0.30	0.00
Iron	11.22	0.03	8.76	0.29
	342.24			
			Solar Factor	7.40



Image 1 – Laboratory Façade; Image 2 –Internal View; Image 3 – View of the Mezzanine

5. ANALYSIS OF RESULTS

The calculations of thermal performance were done to analyze the outer covering of the laboratory building; the thermal resistance, the total thermal resistance and thermal transmittal and thermal capacity.

It was observed that the parameter Solar Factor does not meet the requirement dictated by NBR(Brazilian Standard) 15220 of the bioclimatic zoning for the region of Campinas, which mandates that the solar factor must be equal or inferior to 4.0. Therefore, the outer covering of the building as it is does not comply with the norm. In order to obtain the adequate values for the bioclimatic zone, a modification was made in the calculations of solar factor, based on the new specifications of the project, such as:

- change to white wall paint -> $\alpha = 0.20$;
- reduction of glass partitions.

Table 4 – Contributing Areas and Solar Factor

Construction Material	Contributing Area %	Solar Factor (SF)
Concrete blocks	82.00	5.06
Wood	1.00	0.30
Iron	3.20	0.27
Glass	14.00	1.40
Total		7.03

Table 5 – project suggestions

Settings	Solar Factor (SF)	Perception of Comfort	Sustainable Improvements Suggested
Actual Setting	7.93	Thermal Comfort Compromised and insufficient lighting.	Alteration of external paint to white; Reduction of 10m ² of glass windows; Legislation directed to the maintenance of materials in order to stimulate the energetic efficiency and include fiscal benefits in the equipments of consumer goods that are utilized in the environment; Alteration of the outside
Setting 1	5.1	Thermal Comfort with potential improvement of the	

Settings	Solar Factor (SF)	Perception of Comfort	Sustainable Improvements Suggested
Setting 2	4.00	Great improvement of thermal comfort and lighting in the classrooms.	point to white; Reduction of 15m ² of glass windows and shading of 10m ² of windows in the mezzanine area; Redistribution of windows throughout the building; Investigation and diagnosis of the problem for the discussion of alternatives and decision taking with systems of energy saving; Protection awning for sunny days.

6. FINAL CONSIDERATIONS

The considerations presented in the two scenarios had the purpose of looking for an improvement in the quality and comfort of the activities performed in the soil laboratory. The crossed ventilation was also pointed as a viable solution; however, a new positioning of the existing openings should be foreseen. In addition to complying with the specified construction directives for the bioclimatic zone 3, the reduction of the glass roofing, the modification of the wall paint as well as a possible reorientation of the windows would allow the new project to meet the thermal parameters proposed by the norm. Therefore, we conclude that, for the building to become sustainable, it is necessary to know the available techniques for the adaptation of the building, but it is also necessary to carry out an assessment of the construction in agreement with the technical norms in force, aiming at a possible environmental solution. The research has pointed at the importance of assessment of the existing buildings, and the possibility of easily indicating changes that will promote the comfort and the sustainability of the environment. It's necessary to emphasize that the concept of environmental comfort, correctly applied in all constructions and other technologies, aims at the reduction of energy consumption, not only the energy necessary for comfort, but also the energy available and sustainable to all. For example, the implementation of solar energy collectors, green roofs, the positioning of the construction according to the orientation of the project as far as the reflection of solar rays is concerned, as well as the utilization of plants in open patios to cool the environment. To achieve keep and preserve a pleasant environment for everything and for all who live in and go to the building, it is necessary to correct the mistakes that worsen the environmental problems, thus minimizing and controlling the impact with viable technologies adequate to each singular environment.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). NBR (Norma Brasileira) 15220: Desempenho térmico de edificações: CB-02. Setembro 2003. Parte 1. 7p.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). NBR (Norma Brasileira) 15220: Desempenho térmico de edificações: CB-02. Setembro 2003. Parte 2. 21p.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). NBR (Norma Brasileira) 15220: Desempenho térmico de edificações: CB-02. Setembro 2003. Parte 3. 24p.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). NBR (Norma Brasileira) 15572: Ensaios não destrutivos – Termografia – Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos
- Brasil. Portaria Inmetro nº 372, de 17 de setembro de 2010. Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002100.pdf> > Acesso em: JUL/2014.
- Godfaurd, J.; Clements-Croome, D.; Jeronimidis, G. 2004. Sustainable building solutions: a review of lessons from the natural world. 320 – 328f.

Hilgenberg, F.B. 2010. Sistemas de certificação ambiental para edifícios estudo de caso: Aqua. 149f.

Lins, Clarissa. 2011. Sustentabilidade Corporativa: desafios – Clipping - O Globo: Economia. 67f. In: *Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. II Encontro Em Boa Companhia*. Rio de Janeiro: São Conrado.

Martinez, M. F. B. 2009. Avaliação Energética visando a certificação verde. 126f.

Messias, Alan Fernandes. 2007. Edifícios “Inteligentes”: A domótica aplicada à realidade brasileira. 43f.

Neves, R. P. A. 2002. Tecnologias utilizadas nos edifícios inteligentes. 144f.

Pinto, L.V.C.; Rodrigues, H.C. Pimentel, L.L.; Lintz, R.C.C.L. M. J. A. 2009. Habitação de interesse social sustentável em argamassa armada. In: *ELECS 2009 – V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*. Recife: Pernambuco.

United States Environmental Protection Agency. 2010. Water Management Plan Revision 1, Region 1. 15f. Plano de Gerenciamento – USA, EPA.

Microgeração Renovável no Contexto de Edificações Verdes no Brasil

Mauro D. Berni

Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Estado de São Paulo, Brasil.

mberni@unicamp.br

Jane Tassinari

Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Estado de São Paulo, Brasil.

janetassinari@gmail.com

Paulo C. Manduca

Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Estado de São Paulo, Brasil.

manduca@unicamp.br

ABSTRACT: Zero energy buildings is a terminology used to describe a building with zero energy consumption and zero carbon emissions. Green building is one whose goal is the most efficient use of resources to reduce social and environmental impacts. This work is a literature review of technologies commercially available for onsite renewable microgeneration. For the Brazil case, assesses the implementation of public policies and regulatory frameworks for microgeneration in buildings. In addition, microgeneration can be an alternative to meet the growing energy demand with supply constraints in a sustainable manner. Preliminary results of this work show that the adoption of efficiency standards for equipment, intelligent controls and building codes that include energy and thermal comfort of buildings, represent lower costs to society and consumers.

Keywords: Microgeneration, Regulatory Frameworks, Green Building, Environmental Impacts

RESUMO: Edificação de energia zero é uma terminologia empregada para caracterizar um edifício com consumo zero de energia e zero de emissões de carbono. Edificação verde é aquela cujo objetivo é a utilização mais eficiente dos recursos com a redução de impactos sociais e ambientais. Este trabalho faz uma revisão bibliográfica das tecnologias comercialmente disponíveis para microgeração *onsite*. Para o caso Brasil, avalia-se a implementação de políticas públicas e marcos regulatórios para a microgeração em edificações. Além disso, a microgeração pode ser uma alternativa para atender o crescimento da demanda de energia com restrições na oferta de maneira sustentável.

Palavras-chaves: Microgeração, Marcos Regulatórios, Edificações Verdes, Impacto Ambiental

1. INTRODUÇÃO

Décadas de desenvolvimento tecnológico demonstram que as tecnologias de energia renovável para geração *onsite* e conforto térmico, como os painéis solares fotovoltaicos e os coletores termossolares, podem tornar-se comercialmente viáveis na busca da chamada “descarbonização da economia” ou “economia de baixo carbono”. Enquanto o mundo industrializado repensa suas estratégias, os países emergentes como o Brasil possui a oportunidade de aprendendo com os erros passados, construir sua economia em bases sustentáveis. A GD é definida como a modalidade de geração de eletricidade que contempla a coincidência espacial entre o ponto de geração e o ponto de carga, conectada à rede elétrica

de distribuição ou em sistemas isolados. Para este trabalho são consideradas como modalidades de geração distribuída de pequeno porte: i) microgeração distribuída - central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW, conectada na rede de baixa tensão da distribuidora; e ii) minigeração distribuída - central geradora de energia elétrica, com potência instalada maior que 100 kW e menor ou igual a 1 MW, conectada diretamente na rede da distribuidora, em qualquer tensão.

Pequenos geradores conectados próximos às cargas podem trazer diversos benefícios para o consumidor, dentre eles: menor nível de oscilação da frequência e/ou tensão; maior garantia do suprimento energético em situações de interrupção no fornecimento de energia pela concessionária de distribuição local; paridade tarifária, quando o custo de geração da fonte instalada for equivalente ao custo da tarifa final paga pelo consumidor à distribuidora.

No Brasil, os debates acerca da geração de energia elétrica revestem-se de maior relevância na medida em que, ao longo dos anos, a evolução demográfica e o crescimento da atividade econômica têm resultado em um constante aumento do consumo de energia elétrica no País. Diante desse quadro, é preciso pensar em alternativas que respondam à necessidade de expansão e diversificação do parque gerador elétrico, e é nesse contexto, que esta inserida a microgeração e minigeração distribuída renovável no contexto de edificações verdes no Brasil.

2. METODOLOGIA

A metodologia foi baseada na literatura e em documentos obtidos a partir de uma pesquisa de informações disponibilizadas na literatura sobre o tema microgeração e geração descentralizada, incluindo as tecnologias emergentes. A principal fonte de dados foi o banco de publicações do *ISI Web of Knowledge*, denominado *Web of Science*, acessada via portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (www.periodicos.capes.gov.br), a partir de parâmetros de busca tendo como chave: Microgeração, Marcos Regulatórios, Edificações Verdes, Impacto Ambiental.

3. CONVERSÃO DE ENERGIAS GERADAS JUNTO À ESTRUTURA DA EDIFICAÇÃO

As principais fontes de energia, utilizadas na era contemporânea, vêm do petróleo, do carvão, do gás natural e de elementos radiativos. Juntas elas representam 57% da matriz energética mundial (EIA, 2013). A energia gerada por hidroelétricas em 1973 participava com 2,1% , em 2012 com 2,3%. Biocombustíveis e resíduos avançaram significativamente neste período, de 2,3% para 5,2%. No entanto foram energias geotérmicas, solar, eólica e das marés que percentualmente tiveram o maior crescimento, de 0,2% para 1,5%.

Na edificação contemporânea deverão estar contidos os conceitos e princípios físicos do abrigo protetor e regulador, capaz de transformar as distintas condições ambientais, mas inovadoramente incorporando o conceito de desempenho, eficiência e autonomia energética. No desempenho da edificação está a avaliação da energia incorporada, desde os materiais construtivos até os sistemas autônomos e renováveis de geração de energia, passando pela produtividade, operacionalidade, adequabilidade, adaptabilidade, longevidade e reciclagem das estruturas e sistemas adotados, relacionando-os com as questões sociais e econômicas e a responsabilidade com o ambiente gerado, construído e modificado.

Os aspectos de sustentabilidade em edificações, quanto à geração *onsite* e de *smart grid*, envolvem ações amplas que visam realizar a conservação e uso racional de energia promovendo qualidade de vida com responsabilidade socioambiental; fomentar a GD de energia; e aferir a sustentabilidade das propostas arquitetônicas da tipologia em foco, apresentando a valoração “*benchmarking*” destes projetos via comparação de indicadores por fonte de energia e/ou uso final.

As edificações possuem um papel crucial no consumo de energia dos usos finais ao longo da sua vida útil, pois 80% da energia consumida no ciclo de vida da edificação ocorrem durante seu uso. Condicionamento de ar, refrigeração, aquecimento e iluminação são os principais usos finais em edificações comerciais, de serviços e residenciais. Os equipamentos eletroeletrônicos de escritório e domésticos têm adquirido importância cada vez maior em função de sua continuada evolução de eficiência. O setor de construção é a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente, consumindo recursos naturais, insumos energéticos e gerando resíduos em proporções muito maiores do que as demais atividades econômicas. Sistemas de gerenciamento e medição possuem papel importante como medidas de uso racional da energia. A medição “inteligente” permite ao consumidor gerenciar seu consumo a partir das informações apresentadas, sendo possível obter economias de energia entre 10% e 15%. Já os sistemas de gerenciamento da energia em edificações podem reduzir de 10% a 20% o consumo de energia. Regulações para novas edificações e *retrofits* despontam nos países emergentes como uma solução efetiva e a oportunidade para a implantação de tecnologias mais eficientes. Regulamentações como padrões de eficiência energética, etiquetas, certificações e acordos voluntários tem sido implementados como forma de mitigar a construção de novas usinas hidroelétricas para a geração de eletricidade.

Com os conceitos inovadores de concepção das edificações, as energias poderão ser geradas no sítio ou junto ao corpo do prédio, através da integração de tecnologias que se utilizam dos recursos naturais e geram calor e eletricidade (Figura 1). A diminuição dos impactos ambientais e a diminuição da emissão de carbono vêm da menor utilização das energias fósseis.



Figura 1 Cadeia de energias que poderão ser utilizadas e convertidas junto à edificação.

A introdução de conceitos energéticos inovadores nas edificações, como os de *zero energy buildings*, *of-the-grid energy building* *smart gridbuilding*, contemplam a substituição das tecnologias tradicionais por concepções que incorporem a GD que considere as demais fontes de energias como a solar, a eólica, a geotermia e a biomassa para a conversão em energia térmica e eletricidade.

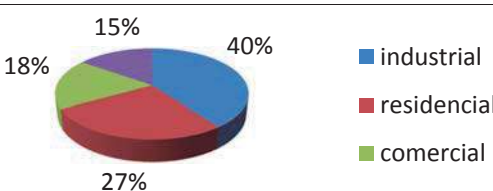
O grande potencial dos recursos solares no Brasil aliado ao desenvolvimento e adoção em escala de tecnologias de geração combinada de calor e energia, como por exemplo o aproveitamento térmico através de coletores solares para a geração de frio e calor, a geotermia através do calor e frio do subsolo, da eletricidade proveniente dos aerogeradores eólicos, dos sistemas fotovoltaicos e da biomassa, deverão estar integrados às ações do uso racional e eficientes dos novos projetos de edificações, sobretudo com o fomento do marco regulatório em vigor.

4. A CONJUNTURA ENERGÉTICA BRASILEIRA

No Brasil a participação na matriz energética da geração de energia renovável, eletricidade por fonte hidráulica, é de 75,2%, seguido de gás natural (8,5%), biomassa (6,9%) (BEN,2013). A grande parte do consumo de energia elétrica no país ocorre no setor residencial, comercial e de serviços assumindo uma participação de 45,48%, sendo 27% no setor residencial e 18% no setor comercial e de serviços (Tabela 1). A energia elétrica produzida é consumida em iluminação, climatização, aquecimento de água, equipamentos eletro eletrônicos, como também na operação e manutenção das edificações.

Tabela 1. Consumo de energia elétrica por setor no Brasil em 2013

SETOR	CONSUMO (MWh)
Residencial	124.895.527
Comercial	83.695.391
Industrial	184.608.578
Outros	70.135.667
TOTAL	463.335.163



Com base nas ações e informações do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO), Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), por arcabouço provido pela Lei 10.295/2001, Lei de Eficiência Energética e a reposição do estoque de equipamentos ao final de sua vida útil, a eficiência dos novos equipamentos pode aumentar em torno de 0,5% ao ano. A substituição das lâmpadas incandescentes existentes, banidas desde 2013, conforme cronograma para exigência de índices de eficiência energética para lâmpadas incandescentes, por outras com consumo específico menor, ter-se-á um aumento anual de eficiência de 8,5%, prevendo-se para 2016 e 2021, respectivamente um ganho estimado de 18,6% e de 56,5%. Para o ar condicionado a previsão é 5,1% em 2016 e 8,6% em 2021 (EPE, 2014).

5. O ARCABOUÇO REGULATÓRIO PARA A EDIFICAÇÃO

A diversidade climática no extenso território e o calor intenso que caracterizou o verão brasileiro de 2014 tem pressionado a demanda por eletricidade nos segmentos residencial, comercial e de serviços, para o uso final de ventiladores e condicionadores de ar, caracterizando a inadequação da edificação para as atuais mudanças climáticas. O potencial de conservação de energia, estimado por Eletrobras/Procel pode chegar a 30% para edificações brasileiras já existentes, se houver uma intervenção tipo *retrofit*. Isto resulta do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (Procel Edifica) instituído em 2003 atuando de forma conjunta com os Ministérios de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil.

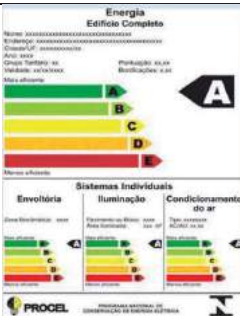
A criação do Proce Edifica teve como objetivo incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente. A economia estimada de redução no consumo energético na edificação brasileira é de até 50% para as novas edificações, desde que sejam adotadas tecnologias energeticamente eficientes desde a concepção inicial do projeto, comparada com uma edificação concebida sem uso dessas novas estratégias (Procelinfo, 2014).

O Procel Edifica vem estabelecendo ações para a redução do consumo de energia através de práticas que torne compulsório o seu engajamento, adoção e inspeção. A partir de 2010 entrou em vigor uma regulamentação (dispositivo legal complementar à Lei 10.295/2001 de Eficiência Energética) para a classificação do nível de consumo energético das edificações. Foram estabelecidas duas classificações.

A primeira para edifícios comerciais, de serviços e públicos (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C, Inmetro/ Portaria n° 372 de 17set2010), e a segunda para edificações residenciais (RTQ-R). A concessão de uma Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para as edificações será obtida por meio da avaliação de projeto e da avaliação *in loco* da edificação construída, realizada por laboratórios acreditados pelo INMETRO (Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – Inmetro/Portaria n° 395 de 11out2010). A classificação da eficiência energética da envoltória é estabelecida como sendo obrigatória para a edificação completa. A classificação do nível de eficiência energética do sistema de iluminação e do sistema de ar condicionado pode ser estendida para um pavimento ou conjunto de salas e também subsolos. Para a classificação geral as avaliações parciais recebem pesos distribuídos conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Avaliação parcial do nível de eficiência energética de edificações comerciais e de serviços brasileiras e Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para Edificações

Quesito	Peso
Sistema da Envoltória	30%
Sistema de Iluminação	30%
Sistema da Envoltória	30%



A partir da Resolução 482 de 17 de abril de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Brasil dispõe de marco regulatório sobre o modo de conexão à rede e sistema de compensação de microgeração e minigeração distribuída. Neste caso, por exemplo as gerações fotovoltaicas poderão ser integradas à edificação e poderão ter um retorno financeiro na forma de compensação de energia elétrica, ou seja, uma forma de *netmetering*.

6. MICROGERAÇÃO E EDIFICAÇÕES

6.1 Retrofit

Nos *retrofitings* a serem realizados no Brasil a combinação de diversas tecnologias de geração de energia a partir de fontes renováveis, aliada ao marco regulatório da geração distribuída vai contribuir para ampliar o número de edificações verdes.

Os níveis de temperatura, dentro das zonas de conforto, poderão ser obtidos também com integração das estratégias estabelecidas para a envoltória da edificação, em uma simbiose com as demais tomadas de decisão adequadas para a zona bioclimática na qual esta inserida a edificação. Estas ações abrangem igualmente a adoção de equipamentos eficientes e sistemas inteligentes, casos de sensores ocupacionais, térmicos e lumínicos, entre outros, bem como utilização de práticas que potencializem as condições físicas de materiais e tipologias construtivas para a contribuição do aquecimento ou resfriamento dos ambientes da edificação. Por exemplo, a classificação com Nível A estabelecida pelo PROCEL Edifica estimula o uso da água quente fornecida por coletores solares, aquecedores de gás do tipo instantâneo, caldeiras de gás e aquecimento de água por bombas de calor. Os equipamentos deverão se regulamentados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem PBE com os maiores níveis de eficiência energética, quer seja para a produção como para o armazenamento da água quente (Inmetro, 2014).

6.2 Sistemas fotovoltaicos na edificação

Décadas de desenvolvimento tecnológico demonstram que as tecnologias de energia renovável para geração *onsite* e conforto térmico podem se tornar comercialmente viáveis na busca da chamada “descarbonização da economia”. A tecnologia de geração de energia a partir da conversão fotovoltaica é feita através de módulos fotovoltaicos dispostos em arranjos em série e em paralelo com um desempenho de acordo com os níveis de irradiação do local. Através do efeito fotovoltaico, células solares convertem diretamente a energia do sol em energia elétrica de forma estática e renovável. Os sistemas solares fotovoltaicos integrados as edificações urbanas dispensam os custos de preparação do terreno, fundações, sistemas de suporte estrutural, distribuição elétrica e conexão à rede, pois a envoltória da edificação proporciona a área e estrutura de suporte para a instalação da tecnologia. A instalação elétrica predial passa a ser a interface do gerador fotovoltaico com a rede elétrica convencional (Rüther, 2004).

O estado da arte de com a Agência Internacional de Energia considera a tecnologia como desenvolvida. A produção mundial atualmente é dominada pela tecnologia de silício multicristalino. O custo do kWh fotovoltaico na Alemanha para pequenas instalações (< 10 kWp) varia de 0,14 euros no sul (mais ensolarado) a 0,20 euros no norte (menos ensolarado). Nos Estados Unidos o preço médio de um sistema fotovoltaico é de 4 mil dólares.

As tecnologias de filmes finos são promissoras para uma aplicação em larga escala da energia solar fotovoltaica por demandarem pouca energia e matérias primas em sua fabricação e pelo seu grande potencial de redução de custos. O Brasil, no entanto, não produz células fotovoltaicas e não possui programas governamentais de incentivo, financiamento e apoio às instalações.

No Brasil existem apenas algumas instalações fotovoltaicas com integração à edificação que foram projetadas e desenvolvidas por pesquisadores de alguns centros de excelência ligados a universidades públicas (Figura 2). O primeiro sistema integrado à arquitetura e interligado à rede pública é de 1997 e foi instalado no Departamento de Engenharia Mecânica no campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis, Estado de Santa Catarina. Em 2009 foi instalado um sistema interligado à rede no Aeroporto Hercílio Luz também em Florianópolis. Em 2001 o Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP) instalou na fachada do prédio de sua administração um sistema solar fotovoltaico de 6,3kWp, repotenciado, posteriormente para 12kWp.



Módulos na cobertura na UFSC,1997.



Módulos como marquesinas na USP, 2001.

Figura 2. Primeiras instalações fotovoltaicas em edificações no Brasil. Fonte: Rüther, 2004.

Em função da Copa do Mundo de Futebol em 2014, alguns estádios esportivos receberam módulos integrados na arquitetura, como o Estádio do Mineirão em Belo Horizonte, MG, que foi dotado de uma potência de 1.4 MW e com cerca de seis mil módulos (Figura 3).



Figura 3. Instalações fotovoltaicas no Estádio do Mineirão em BH, Minas Gerais. Foto: Imprensa MG, 2014

6.3 Aquecimento solar de água

China e União Europeia lideram a capacidade de instalação de sistemas de aquecimento solar de água, 180 GW e 32,5 GW representando 82% do mercado mundial (Mauthner e Weiss, 2012). No caso das Américas Central e do Sul, o Brasil destaca-se com 5,2 milhões de m² instalados. O Brasil conta com uma razoável rede de fabricante e fornecedores de equipamentos solares. A garantia dos padrões de confiabilidade, durabilidade e desempenho dos produtos é dada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e pelo Selo Procel Eletrobras de desempenho energético (Figura 4). O mercado brasileiro de aquecimento solar está dividido entre o uso residencial, 79%, e uso nos setores da indústria, comércio e serviços, 21%. No setor residencial a destinação é exclusivamente para o aquecimento da água para fins sanitários.

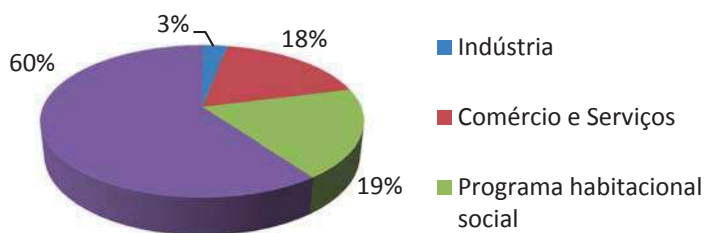


Figura 4 - Distribuição percentual do mercado de aquecimento solar brasileiro por setor. Fonte: Abrava, 2014

Nos últimos anos, o uso do aquecimento solar em habitações de interesse social ganhou impulso devido aos programas de eficiência energética, supervisionados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e ao Programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal, que passou a ser obrigatório a partir de 2011 para residências unifamiliares.

Embora a maturidade do mercado nacional de aquecimento solar, o fator de penetração dessa tecnologia nas residências brasileiras é praticamente insignificante, de apenas 0,4% em comparação com o uso do chuveiro elétrico, de 73,4% (Pereira, 2012). Os sistemas instalados são de coletores fechados, faixa de temperatura de até 60°C e com funcionamento por termosifão em 90% das residências. O setor de comércio e serviços responde por apenas 9% da área total de coletores instalados no país, o que mostra o grande potencial a ser explorado nas faixas médias de temperaturas de até 90°C. Existe um esforço dos setores governamentais, pesquisadores e fabricantes para a disseminação desta tecnologia. O programa Minha Casa, Minha Vida é considerado um orgulho para os pesquisadores e técnicos, referindo-se à obrigatoriedade, a partir de 2011, da instalação desses sistemas nas residências participantes do Programa, executada e financiada por instituição bancária governamental.

6.4 Geração de refrigeração

Refrigerar o ar de um determinado local é baixar sua temperatura para o nível de desejado. O condicionamento do ar é o estabelecimento de determinadas condições ambientais necessárias a um processo qualquer, de um ou mais recintos. Quando destinado ao conforto humano ele deverá atender às condições de conforto dos ocupantes (zona de conforto estabelecida para o local), com o controle simultâneo do ar quanto à sua temperatura, movimentação do ar,

umidade relativa, grau de pureza (odor e germes) e limpeza (poeira). O ar condicionado é, portanto, o ar resultante do processo de condicionamento com uma qualidade desejada. A refrigeração e o condicionamento de ar das edificações brasileiras tradicionalmente são feitas através de sistemas de compressão de vapor, absorção e adsorção de fluidos refrigerantes. Os sistemas de refrigeração por compressão de vapor necessitam de energia elétrica. Os sistemas de absorção e adsorção necessitam de energia térmica e de energia elétrica, porém a quantidade de energia elétrica necessária é por volta de 10% daquela requerida pelos sistemas de compressão de vapor. A Figura 5 mostra as possibilidades de geração de eletricidade no Brasil.

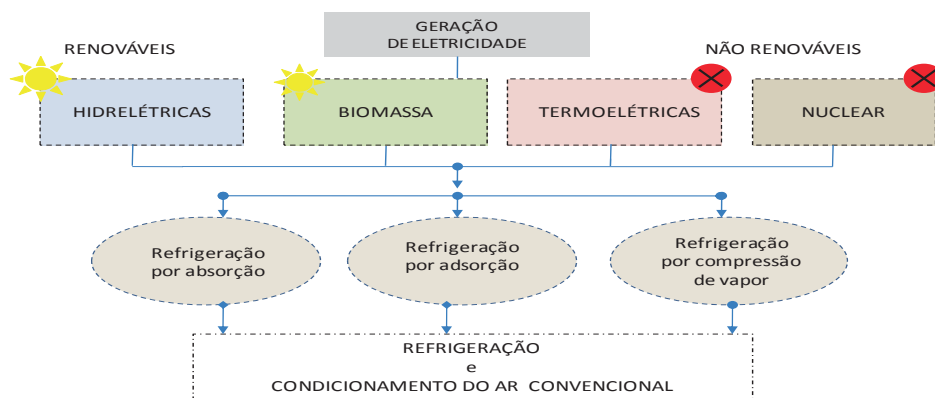


Figura 5 Geração de eletricidade e calor para os sistemas de refrigeração e condicionamento de ar no Brasil.

Para os sistemas inovadores de refrigeração a energia elétrica pode vir de fontes renováveis, como a gerada por aerogeradores eólicos, por sistemas fotovoltaicos, pela eletricidade vinda da queima de bagaço de cana de açúcar, do biodiesel e a da proveniente de recursos hídricos como a hidroeletricidade. A energia térmica pode ser proveniente de rejeitos térmicos de processo ou fonte “gratuita”, como a solar, por exemplo, ou pode vir de fontes geotérmicas e da energia das marés (Figura 6). As tecnologias mais inovadoras utilizam da integração de conceitos físicos como o aproveitamento da convecção e aquecimento diurno e esfriamento noturno de superfícies.

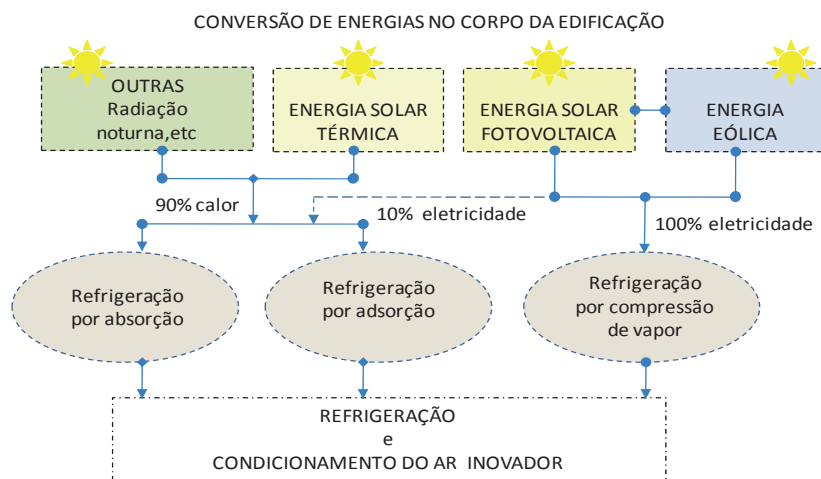


Figura 6 Geração de eletricidade e calor para os sistemas de refrigeração e condicionamento de ar inovador.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aumentar a participação das fontes renováveis como elemento primário na geração de energia elétrica é uma tendência mundial. Contudo, o custo elevado da implantação de sistemas baseados em fontes renováveis em comparação aos sistemas tradicionais ainda é um fator que dificulta a participação efetiva dessas fontes na matriz energética brasileira. O cenário de

microgeração de fontes de energia renováveis no Brasil parece ser bastante favorável em face do potenciais existentes.

Nos últimos anos tem havido ações no sentido de reduzir barreiras regulatórias e econômicas, algumas estratégias e mecanismos de incentivo. Estão sendo desenvolvidos e implantados, por exemplo políticas de incentivos. Cada política reduz uma ou mais barreiras que impedem o desenvolvimento das fontes de energia renováveis como, por exemplo, barreiras técnicas, econômicas e regulatórias. Os incentivos à microgeração vigentes dão-se diretamente pela aplicação da Resolução Normativa nº 482, da ANEEL e indiretamente pela desoneração fiscal na aquisição de módulos e painéis fotovoltaicos nas alíquotas de ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados).

A Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da ANEEL, estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e, também, o sistema de compensação de energia elétrica. As distribuidoras tiveram até 13 de dezembro de 2012 para adequar seus sistemas comerciais, elaborar ou revisar normas. São utilizados como referência, os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais. Após aquela e em conformidade com as normas técnicas, as distribuidoras são obrigadas a atender todas as solicitações de acesso à rede, nos termos da seção 3.7, módulo 3 do PRODIST. A unidade geradora de energia elétrica com potência instalada até 100 kW, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras, que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, é caracterizada como microgeração distribuída conforme disposto na resolução. O sistema de compensação da energia elétrica gerada é conhecido como *net metering*. A unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica terá o consumo faturado, referente à energia elétrica ativa, pela diferença entre a energia consumida e a energia injetada, conforme o posto horário. Caso a energia ativa injetada no posto horário seja superior a energia consumida, a diferença deve ser compensada em outros postos horários dentro do mesmo ciclo de faturamento, observando a relação entre os valores das tarifas. O excedente não compensado no ciclo de faturamento corrente será abatido do consumo medido em meses subsequentes e terá validade de 36 meses após a data do faturamento. A energia ativa injetada que não tenha sido compensada na própria unidade consumidora poderá ser utilizada para compensar o consumo de outras unidades atendidas pela mesma distribuidora, cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação, ou caso as unidades sejam reunidas por comunhão de interesses de fato ou de direito. Os custos referentes à adequação do sistema de medição correrão por conta do interessado em ingressar no sistema de compensação de energia elétrica.

A presença de fontes intermitentes, com as características anteriormente descritas e com capacidade considerável na rede, altera a lógica de controle de tensão da rede de distribuição. Em momento de intensificação da potência entregue por essas fontes, a direção do fluxo de potência na rede pode sofrer uma inversão, produzindo uma elevação da tensão nos pontos em que está sendo injetada na rede. Nesta situação, a lógica de controle convencional deve ser alterada para manter as tensões em todos os pontos da rede dentro dos limites operacionais. Essa alteração de lógica é complexa devido à intermitência da geração exigindo um processo automático de adaptação dos controles ao nível de geração das diversas fontes. Reguladores de tensão capazes de se adaptar a essa situação já começam a ser disponibilizados no mercado.

A minigeração e a microgeração distribuídas estão chegando ao Brasil, trazendo grandes vantagens, como a redução de perdas, menor necessidade de grandes projetos de geração, oportunidades maiores de participação dos consumidores no atendimento à demanda, etc. Porém, trazem consigo problemas técnicos e econômicos que precisam ser bem equacionados e resolvidos para permitir um crescimento adequado desse tipo de geração. As tecnologias de

redes elétricas inteligentes estão sendo introduzidas no país, as quais fornecem os recursos tecnológicos indispensáveis para um desempenho adequado da minigeração e microgeração conectada às redes de distribuição de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

ABRAVA. O Mercado Solar Térmico. Revista Sol Brasil. Edição 24/07/2014. Disponível em: <http://www.newsflip.com.br/pub/abravadasol//index.jsp?edicao=3702>. Acessado em julho de 2014.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Disponível em: www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf.

BEN, Balanço Energético Nacional 2013, Empresa de Planejamento Energético, EPE, Ministério das Minas e Energia, MME, Brasília, DF, 2014.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética, Série: RECURSOS ENERGÉTICOS, NOTA TÉCNICA DEA 19/14, Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil: Condicionantes e Impactos, Rio de Janeiro, outubro 2014, 64 p., Disponível em www.epe.gov.br

EIA. International Energy Agency, Key World Energy Statistics, 2013. Disponível em: www.iea.org/publications. Acessado em Maio de 2014.

Imprensa MG, Foto de Renato Cobucci obtida em <http://www.brasilemanhanews.com.br>. Acessado em maio de 2014.

INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, <http://www.inmetro.gov.br/>, acessado em julho de 2014.

Mauthner, F., Weiss, W. 2012. Solar Heat Worldwider: Markets and contribution to the energy Supply 2012. Edition 2014. Solar Heating & Cooling Programme, International Energy Agency. Disponível em: <http://www.iea-shc.org/solar-heat-worldwide>. Acessado em junho de 2014.

Pereira, E. M. D. Aquecimento solar: panorama da evolução do mercado. In: *Energia Solar para aquecimento de água no Brasil: Contribuições da Eletrobras Procel e Parceiros*. Vasconcellos e Limberger (Org.). Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2012, p. 15 a 26.

Procel Info. Centro Brasileiro de Informações de Eficiência Energética. <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acessado em junho de 2014.

Ruther, R. *Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligadas à rede elétrica pública no Brasil*. Florianópolis: UFSC-LABSOLAR, 2004. Disponível em: www.fotovoltaica.ufsc.br/.../6/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf. Acessado em julho de 2014.

Estudo comparativo entre as normas ISO 21931:2010, NBR 15575 e os requisitos das Certificações AQUA e LEED

Maria Livia Costa

Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. Programa de Engenharia Industrial. Salvador, Bahia. Brasil.
cmarialivia@gmail.com

Manuela Almeida

Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portuga
malmeyda@civil.uminho.pt

Rita Dione Araújo Cunha

Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Laboratório de Madeiras/ Departamento de Construção e Estruturas, Salvador, Bahia, Brasil.
ritadi@uol.com.br

Sandro Fábio Cesar

Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. Programa de Engenharia Industrial. Salvador, Bahia. Brasil.
sfcesarpaz@uol.com.br

ABSTRACT: The construction sector is responsible for generating large environmental impacts in order to minimize these impacts , environmental standards and seals for the construction were created. This article presents a comparative study between the preliminary requirements of ISO 21931 : 2010 Sustainable Building , the requirements of AQUA- HQE stamps , LEED and the Performance Standard NBR 15575 : 2013 . For this, a literature search was conducted to carry out a comparative analysis of the requirements of each of them in order to know those common to all of them. As a result of this work was identified that the standard of performance, the AQUA seal and LEED are well aligned with the sustainability criteria , comfort and health of the user , and has the ISO 21931 standard has some of these items as options.

Keywords: Sustainable construction, certification, construction, buildings, ISO 21931, AQUA.

RESUMO: A construção civil é um setor responsável pela geração de grandes impactos ambientais, visando minimizar esses impactos, foram criadas normas e selos ambientais para a construção. Este artigo apresenta um estudo preliminar comparativo entre os requisitos da Norma ISO 21931:2010 de Construção Sustentável, os requisitos dos selos AQUA-HQE, o LEED e a Norma de Desempenho NBR 15575:2013. Para tanto, foi realizado uma pesquisa bibliográfica para realizar uma análise comparativa dos requisitos de cada uma delas, tendo em vista conhecer aqueles comuns a todas elas. Como resultado deste trabalho foi identificado que a norma de desempenho, o selo AQUA e o LEED estão bem alinhados com os critérios de sustentabilidade, conforto e saúde do usuário, e já a norma ISO 21931 possui alguns desses itens como opcionais.

Palavras-chave: Construção sustentável, certificações, construção civil, ISO 21931, AQUA.

1 INTRODUÇÃO

A gestão dos empreendimentos na construção civil tem sido alvo de grandes transformações, tendo em vista a necessidade de se construir com uma melhor produtividade, reduzindo prazos e custos, otimizando os processos na obra para reduzir os resíduos gerados. Também cresce a pressão para que as construtoras atendam a legislação ambiental vigente no país, já que a construção civil é geradora de um grande impacto ambiental.

As preocupações com os impactos ambientais gerados pela construção dos edifícios ou unidades habitacionais devem ser identificadas, desde a fase de concepção e planejamento, até a construção das unidades e durante a operação. Para assegurar e contribuir com o processo de atendimento da responsabilidade ambiental e social nos processos construtivos e nos seus produtos, já estão disponíveis vários selos nacionais e internacionais que verificam os recursos consumidos, a eficiência energética do edifício e os resíduos gerados durante a construção, bem como o conforto e a saúde das pessoas que o utilizam. Em 2013, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) publicou a Norma de Desempenho NBR 15575 que contempla vários requisitos que são exigidos para uma construção sustentável.

Nos últimos anos, evidenciou-se a importância do setor da construção para o desenvolvimento econômico, social e ambiental. O setor é um dos maiores segmentos industriais geradores de grandes volumes de emprego, renda, impostos, participando do crescimento do país com a construção de infra-estrutura, saneamento, habitações e tendo uma participação importante no Produto Interno Bruto (PIB) de 5,8% conforme (IBGE, 2011).

De acordo com dados da Fundação João Pinheiro, publicados no (Construbusiness, 2015), o déficit habitacional em 2013 era de seis milhões de moradias. Em função deste número expressivo de unidades que precisam ser construídas no Brasil, o governo federal criou o Programa Minha Casa Minha Vida com o objetivo de reduzir esta falta de habitações no país.

De acordo com (Telo e Ribeiro, 2012), a cadeia produtiva da Construção tem impactos ambientais difusos e de longo prazo, com muitas particularidades locais, o que os tornam difíceis de serem mensurados, mas os resultados apresentados, mesmo que variados, sempre se mostram significativos em escala global. Entre esses impactos, a construção é responsável por 12% do consumo total de água. A cadeia produtiva tem emissões significativas de gases de efeito estufa: a produção de cimento é responsável por 5% e o uso de energia em edifícios é de 33%. As atividades de construção geram 40% de todos os resíduos gerados pela sociedade.

No Brasil, o processo de certificação de construção sustentável vem aos poucos se intensificando e por isso há algumas certificações ambientais sendo utilizadas pelo setor da construção civil, tais como: a ISO 14001, que é uma norma de certificação do sistema de gestão ambiental utilizada por empresas de qualquer segmento. Segundo dados do (INMETTRO, 2015), há apenas 5 construtoras com certificados válidos. A certificação da ISO 14001, não garante que a construção da obra seja realizada considerando os critérios de sustentabilidade.

Em função da grande necessidade de construções habitacionais no país, o maior banco de financiamento de casas populares a CEF (Caixa Econômica Federal), criou um sistema de avaliação sócio ambiental para empreendimentos habitacionais, denominado Selo Azul. Este selo busca reconhecer os empreendimentos que adotam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, objetivando incentivar o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação e seu entorno. (Jonh & Prado, 2010).

Os critérios do Selo Azul estão estabelecidos em 6 categorias: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão das águas e práticas sociais. O selo possui 3 classificações bronze, prata e ouro, tendo em cada um deles critérios obrigatórios e outros de livre escolha.

Para participar do selo o empreendimento precisa ser habitacional e financiado pela CEF, o que limita sua aplicação no país.

Outro selo utilizado é o de rotulagem ambiental da SUSTENTAX, baseado na ISO 14004:2004, que tem como objetivo facilitar para os consumidores a identificação de produtos sustentáveis e complementarmente, garantir a qualidade e sustentabilidade para especificadores, compradores e usuários. Este selo possui os seguintes itens de avaliação: qualidade funcional e

ambiental do produto, salubridade e segurança do produto, responsabilidade social do fabricante, responsabilidade ambiental do fabricante, responsabilidade do fabricante na comunicação. Também são avaliados os atributos complementares relativos às características de projeto, fabricação e comercialização. (Sustentax, 2015).

Visando uma melhor eficiência energética o país criou o SELO PROCEL, Programa de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Este selo foi criado para avaliar o padrão da eficiência energética das edificações, integra o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), conforme padrões do INMETRO.

Em 2010 foi publicada a Portaria INMETRO 372 visando uma revisão dos requisitos técnicos do programa que tem com o objetivo criar condições para etiquetagem a nível de eficiência energética dos edifícios.

Além das iniciativas citadas acima, os Estados ou Prefeituras têm criado programas de incentivo, como no caso de Salvador o IPTU verde, onde o incorporador ao dar entrada no empreendimento poderá apresentar as premissas ambientais que serão utilizadas no empreendimento e com isso pode obter até 10% de desconto no IPTU (Imposto Territorial Urbano).

Cada uma das iniciativas acima contribuem para o processo de prevenção da poluição, mas cada uma delas tem seu foco determinado, desta forma neste artigo compara-se os selos AQUA e LEED, a Norma ISO 21931, que são voltadas para a certificação de uma construção sustentável, desde a fase de projeto até a fase de obra, uso e manutenção, e que possa ser aplicada por qualquer tipo de empreendimento, seja ele comercial, residencial ou de serviços e que considere todo ciclo de vida de uma construção, verificando-se ainda a aderência da Norma de Desempenho com os requisitos de uma construção sustentável.

Este artigo tem como objetivo apresentar e comparar os requisitos da Norma ISO 21931:2010 – Construção Sustentável, da Norma de Desempenho NBR 15575 com os requisitos dos selos AQUA_HQE HQE - Haute Qualité Environnemental, de origem francesa e adaptada à legislação brasileira, e o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) utilizados para certificações de edificações. Através de um levantamento documental, foi realizada uma análise dos itens contemplados em cada uma delas, comparando-se com os requisitos da Norma de Desempenho, buscando verificar as lacunas nas diversas categorias. Como estudo preliminar, este artigo resulta na elaboração de uma relação de revisões a serem feitas no processo para certificação da construção sustentável no Brasil, ainda que a Norma de Desempenho já possa ser considerada um instrumento de grande utilidade apesar de não ser uma norma certificável.

2 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS PARA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

No contexto brasileiro há muitos desafios a serem enfrentados pelas organizações que buscam a certificação de construção sustentável. Entre eles citam-se a falta de profissionais especializados; a falta de fornecedores de materiais, elementos e componentes de construção sustentáveis; dificuldades de destinação adequada dos resíduos de construção; a concentração dos fornecedores de materiais no eixo Rio-São Paulo, que causa impacto nos processos de certificação do norte, nordeste e centro-oeste. Some-se a isso, a conceituação frágil de material sustentável por parte de fornecedores que confundem sustentabilidade com termos como “ecologia”, “alternativo”, “baixa qualidade”. Também existe um entendimento equivocado por parte dos clientes de que o produto sustentável é mais caro. Por fim, ainda há falta de acesso de metodologias sustentáveis para as pequenas e médias construtoras.

Por outro lado, a construção sustentável deveria ser fortemente estimulada no país, devido à grande necessidade de construção de novas unidades habitacionais. De acordo com (Barros & Fabricio, 2011), em pesquisa realizada em 25 empreendimentos certificados pelo LEED e AQUA, a maior parte das edificações foram realizadas por empresas de grande porte e todas eram de

uso comercial. Apenas um empreendimento foi construído por uma empresa de pequeno porte e outro por uma construtora de médio porte.

O certificado demonstra o desempenho do edifício e os esforços feitos para a redução do consumo de água, energia, CO₂ e matérias primas, e para o aumento da qualidade de vida das pessoas envolvidas, assim como no momento da construção o canteiro de obra também realiza ações para reduzir os impactos ambientais.

Alguns dos objetivos comuns dessas certificações são: a definição de “edificação sustentável” através de um padrão de medida; o estímulo de práticas sustentáveis no setor da construção civil; o aumento da consciência do consumidor sobre os benefícios das edificações sustentáveis; a valorização do empreendimento; a promoção da liderança ambiental de empresas no ramo da construção civil. A seguir serão apresentados métodos de avaliações para certificações de construções sustentáveis AQUA, LEED, e ISO 21931-1 – Construção Sustentável e suas respectivas características. Também é apresentada a Norma de Desempenho NBR 15575 e depois uma comparação dos seus requisitos e dos métodos de avaliações.

2.1 A Certificação AQUA-HQE

A Certificação da Construção Sustentável - Processo AQUA-HQE atesta a alta qualidade ambiental do empreendimento, realizada e evidenciada por meio de auditorias independentes. No Brasil, a Fundação Vanzolini, que trabalha com a certificação de Sistemas de Qualidade, desde 1990, é quem emite o selo AQUA-HQE para as demandas de certificação. De acordo com o Referencial Técnico do Processo AQUA, para se obter a certificação, o empreendedor deve estabelecer o controle total do projeto em todas as suas fases - Programa, Concepção (Projeto), Realização (Obra) e Operação (Uso), por meio do sistema de Gestão do empreendimento (SGE), para que sejam atendidos os critérios de desempenho da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE). A certificação é concedida, ao final de cada fase, mediante verificação de atendimento ao Referencial Técnico.

O Referencial Técnico – Processo AQUA-HQE é a adaptação para o Brasil da “Démarche HQE”, da França e contém os requisitos para o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e os critérios de desempenho nas categorias da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE). Os requisitos do SGE exigem o comprometimento com o perfil de QAE objetivado, o acompanhamento, análise e avaliação da QAE ao longo do empreendimento, entre outros. O SGE avalia o sistema de gestão ambiental implantado pelo empreendedor e o Referencial da Qualidade Ambiental do Edifício avalia o desempenho arquitetônico e técnico da construção.

A implantação do SGE permite definir a Qualidade Ambiental visada para o edifício e organizar o empreendimento para atingí-la, ao mesmo tempo em que permite controlar o conjunto dos processos operacionais relacionados às fases de programa, concepção e realização da construção. Já a Qualidade Ambiental do Edifício estrutura-se em 14 categorias (conjuntos de preocupações), que se pode reunir em quatro famílias:

- Eco-construção: relação do edifício com o seu entorno, escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos, canteiro de obras com baixo impacto ambiental;
- Gestão da energia: gestão da água, gestão dos resíduos de uso e operação do edifício, manutenção - permanência do desempenho ambiental;
- Conforto: conforto higrotérmico, conforto acústico, conforto visual, conforto olfativo;
- Saúde: qualidade sanitária dos ambientes, qualidade sanitária do ar, qualidade da água.

O Processo AQUA fornece parâmetros de análise para o gerenciamento dos impactos do edifício sobre o ambiente exterior (ecoconstrução e ecogestão), assim como para a criação de um espaço interior sadio e confortável, sendo compatível não só com a realidade dos projetos comerciais, como dos habitacionais no Brasil.

2.2 Certificação Ambiental com base na Norma ISO 21931:2010

A Norma ISO 21931-1 estabelece diretrizes para uma avaliação ambiental de uma construção sustentável. A organização deve declarar o escopo da certificação, sendo para uma obra nova, uma reforma, aquisição de um prédio, projeto e construção, avaliação de uma construção existente, desconstrução. O objetivo da avaliação do desempenho ambiental da construção pode variar, dependendo das circunstâncias e dos diferentes cenários, devendo-se levar em consideração: a aquisição dos materiais de construção, o projeto e a construção de novas construções, melhoria da operação das construções existentes durante a fase de uso, o projeto para “retrofit” e melhoramento dos equipamentos durante a fase de operação e análise do desempenho ambiental das construções existentes.

A norma se divide em três grandes questões a serem atendidas e que são requisitos obrigatórios: os impactos ambientais (globais e locais); os aspectos ambientais (globais e locais); o gerenciamento dos processos nas fases de construção, operação e manutenção.

São considerados como requisitos voluntários os aspectos sociais, relacionados à saúde e de conforto do ambiente interno e externo. Em relação ao conforto, para o ambiente interno são observadas as condições do ar interno, as condições higrotérmicas, as condições visuais, as condições acústicas, as características da água, a intensidade dos campos eletromagnéticos, a concentração de radiação. Já para o ambiente externo observam-se a carga dos ventos, o ruído, odor, proteção de solar.

Como requisitos da ISO 21931:2010 uma construção sustentável deve avaliar os seguintes itens: uso da energia; consumo de água; vida útil da construção; produtos, incluindo tipos, quantidades, suprimento e logística, estimativa de vida útil; processo de construção; serviços de manutenção, reparos e melhoramento dos equipamentos; fim da vida, incluindo demolição/desconstrução, reutilização, reciclagem e descarte final; comportamento dos ocupantes na fase de operação; localização da construção e a influência do transporte para os usuários; gerenciamento da construção e os efeitos do consumo de energia e o consumo de água, produção de resíduos, incluindo comissionamento dos sistemas de construção; infraestrutura disponível; uso do solo no local da construção (canteiro de obra).

2.3 A certificação LEED

O LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um sistema de certificação criado pelo conselho americano U.S. Green Building Council (USGBC) em 1993, a partir da experiência inglesa com a criação da certificação BREAM. O USGBC é uma organização sem fins lucrativos que congrega representantes de diversos ramos da construção com o objetivo de promover construções sustentáveis por meio da definição de padrões de sustentabilidade em construções e planejamento urbano.

O LEED está baseado em requisitos legais americanos, promovendo projetos que reduzem a poluição, economizam energia, racionalizam o uso da água e utilizam materiais reciclados e não agressivos. Os critérios de avaliação definidos têm como objetivo o desenvolvimento de edifícios de alto desempenho e sustentáveis. Tais critérios estão divididos nas seguintes categorias: espaço sustentável; eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos; qualidade ambiental interna; inovação e processos.

2.4 A Norma NBR 15575

A NBR 15575 - Norma de Desempenho entrou em vigor no Brasil, em julho de 2013, um avanço para melhoria da segurança e da qualidade das edificações no país. Com ela foram definidos parâmetros objetivos e quantitativos que podem ser mensurados e avaliados. Todos os envolvidos na cadeia construtiva como projetistas, fornecedores, incorporadores, construtores e os próprios usuários deverão se adequar para atender a norma. Ela estabelece três critérios

de desempenho: Mínimo, Intermediário e Superior. Os novos projetos de edificações, que forem aprovados após a publicação da norma, obrigatoriamente devem atender pelo menos o nível mínimo de desempenho. Os projetos devem ser elaborados, buscando a utilização da iluminação natural e adotar soluções que reduzam o consumo de energia, através do uso de energias alternativas. Também deve ser pensado na facilidade para realização da manutenção predial.

A Norma é composta de seis partes. A primeira refere-se aos requisitos gerais onde são descritas as exigências dos usuários sobre segurança estrutural, segurança contra fogo, uso e operação; habitabilidade (estanqueidade, conforto acústico, térmico, lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil e antropodinâmico) e sustentabilidade (durabilidade, manutenção, impacto ambiental).

A segunda parte é relativa aos requisitos para sistemas estruturais – Os projetos estruturais possuem suas normas específicas e as mesmas devem ser atendidas. Esta parte também estabelece critérios para ações decorrentes do uso e ocupação, havendo exigências relacionadas à segurança e utilização, estabilidade e resistência do sistema estrutural, deslocamentos e fissuras nas estruturas, deslocamentos admitidos e limites de falhas para vedações verticais, impacto de corpo mole, impacto de corpo duro, ações atuantes em parapeitos e guarda-corpos, resistência e capacidade de peças suspensas, ações transmitidas por portas às paredes internas e externas, solicitações em pisos e coberturas, atuação de sobrecarga em tubulações.

Os requisitos para sistemas de pisos perfazem a terceira parte e inclui o desempenho para sistemas de pisos interno e externos, levando-se em consideração a interação com os demais componentes do sistema, tais como a laje, o contrapiso e o revestimento. Estabelece níveis mínimos com relação ao ruído entre pisos das unidades, estanqueidade e limites para superfícies planas.

A quarta parte da norma corresponde aos requisitos para sistemas de vedações verticais internas e externas, estabelecendo critérios para questão de acústica entre unidades, isolamento entre hall e apartamentos, fixação de peças suspensas e para desempenho térmico.

Os requisitos para sistemas de cobertura estão na quinta parte da norma e se referem basicamente ao que já era exigido nas normas existentes para coberturas, reforçando a questão da segurança contra incêndio. A cobertura deve realmente garantir estanqueidade, segurança e resistência a impactos, proporcionando isolamento sonoro, desempenho térmico adequado e absorção da radiação solar.

Por fim, a sexta parte da norma fala dos requisitos para sistemas hidrosanitários que devem atender às normas vigentes de instalações de água quente e fria, prevendo a pressão e a vazão de água compatível com a quantidade de usuários, estimulando o reuso da água e também tratando da questão do conforto acústico relativos a ruídos de tubulações e equipamentos. Com relação a aspectos antropodinâmicos, a norma prevê que as peças e componentes das instalações devam ser confortáveis e seguros para o usuário manusear.

3 COMPARAÇÃO ENTRE OS REQUISITOS

Apresentam-se seguir os requisitos de duas normas e os dois selos estudadas resumidos na tabela 1 e uma comparação entre as mesmas. Verifica-se que ambos estimulam as empresas a buscar uma nova forma de construir, procurando aproveitar recursos naturais, reduzindo desperdícios, buscando conforto para os usuários e fazendo empreendimentos mais duráveis. O que difere em cada uma delas é o grau de exigência em função do nível de desempenho que a empresa quer atender.

Tabela 1: Comparação entre as normas e selos estudados

Itens contemplados	ISO 21931	AQUA	NBR15575	LEED
Localização e Implantação da Construção	Localização da construção	Relação do Edifício com o Entorno	Avaliação do Entorno	Terrenos Sustentáveis
Processo Construtivo e Produtos.	Processo de Construção e Produtos	Qualidade dos Componente	Durabilidade e Manutenibilidade, Conforto Táctil e Antropodinamico.	Materiais e recursos
Manutenção da Construção.	Gerenciamento da construção e canteiro	Canteiro Responsável	Adequação Ambiental	Materiais e Recursos
Consumo de Energia.	Uso da Energia	Gestão de Energia	Adequação Ambiental	Energia e Atmosfera. Uso de energia renovável.
Consumo de Água	Consumo de Água	Gestão de Água	Adequação Ambiental	Uso Racional de Água
Gestão dos Resíduos	Gerenciamento da construção e canteiro	Gestão de Resíduos	—	Materiais e Recursos
Ciclo de Vida	Vida útil, Serviços de Manutenção.	Gestão da Conservação e Manutenção	Durabilidade e Manutenibilidade	—
Condições de Conforto Higrotérmico	Condições do ar interno.	Conforto Higrotérmico	Desempenho Térmico	Qualidade do Ambiente Interno
Conforto Acústico	Condições Acústicas	Conforto Acústico	Desempenho Acústico	Qualidade do Ambiente Interno
Conforto visual e Lumínico	Condições visuais	Conforto visual	Desempenho lumínico	Qualidade do Ambiente Interno
Qualidade do ar	Qualidade do ar	Conforto olfativo	Saúde, Higiene e Qualidade do Ar	Qualidade do Ambiente Interno
Qualidade dos Espaços e Acessibilidade	—	Qualidade dos Espaços	Funcionalidade e Acessibilidade	—
Saúde, Higiene e Qualidade do Ar	Odor	Qualidade Sanitaria do ar	Saúde, Higiene e Qualidade do Ar	Qualidade do Ambiente Interno
Qualidade da Água	Característica da água	Qualidade Sanitaria da Água	Utilização e Reuso de Água	—

A Norma ISO 21931:2010, por exemplo, é genérica: seu texto não é tão prescritivo como o do LEED e do AQUA, sempre tratando da minimização de aspectos e impactos ambientais e não existem níveis para serem alcançados. Com relação às demais, o empreendedor deve prever qual o nível que pretende atingir com aquele projeto.

É importante esclarecer que a Norma de Desempenho tem o objetivo de verificar o desempenho dos sistemas e que os selos LEED, o AQUA e a Norma ISO são requisitos com parâmetros objetivos para uma certificação de uma construção sustentável e que também analisam o desempenho. Fazendo-se uma análise de cada um dos requisitos, que foram comparados, podemos observar que:

Com relação ao item de localização do empreendimento, há sempre uma preocupação para que a obra cause o mínimo de impacto ambiental e que o uso do solo seja feito de forma sustentável, sendo necessário um plano de prevenção da poluição, a verificação da facilidade de transporte

e estímulo ao transporte alternativo, a conservação das áreas naturais, o controle de água de chuva.

Na certificação do Selo AQUA e na NBR15575 o processo construtivo deve considerar a vida útil desejada da edificação, atendimento a lei de acessibilidade, o uso de materiais de fabricantes legais, como aqueles pertencentes ao PBQP_H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat)

Em todos os sistemas analisados será necessário realizar a obra com um Canteiro Sustentável, sendo necessário a realização de ações para reduzir os impactos ambientais e sociais, causados pela instalação do canteiro, desta forma esta previsto minimizar incômodos para vizinhança de ruído, poeira, riscos de poluição, controle do uso de água e energia, proteção de vegetação, gestão de resíduos, tratamento dos efluentes, etc.

Com relação ao uso de energia, este é o item que todas as normas possuem exigências, buscando a redução do consumo, a melhoria do desempenho energético, emprego de energia renovável. Construir edifícios com eficiência energética é comum aos sistemas de certificação na construção sustentável AQUA e LEED, esta é uma questão que preocupa a todos, o recurso energia esta cada vez mais caro e mais escasso e promover economia de energia dando conforto aos usuários é o que se espera de um bom projeto de uma edificação.

O uso de água, também é uma preocupação geral, inclusive até por se evidenciar cada vez mais a escassez deste recurso. Desta forma, estão presentes em todas as normas exigências de redução do consumo, reaproveitamento de água de chuva e águas servidas, gestão de águas pluviais.

Relativamente à minimização dos resíduos da construção, a NBR15575 não prevê a questão da gestão de resíduos da construção, porém no Brasil, toda obra terá que se preocupar com este item, em função da exigência do Conama 307/2002, e todas as demais normas exigem uma gestão de resíduos, buscando a prevenção da poluição. Quanto à vida útil e gestão da manutenção, consenso geral que o edifício seja concebido de modo que se garanta uma vida útil mínima e que proporcione facilidade de manutenção durante o uso e operação. O LEED, contudo, não faz exigência de durabilidade.

Com relação aos itens de conforto acústico, térmico, luminico, conforto visual e ruído são itens necessários nos sistemas para que se tenha uma boa pontuação, sendo o AQUA bem mais detalhado no item de conforto acústico, térmico, lumínico e visual. Lembra-se aqui que o LEED atende à legislação americana, que para a eficiência energética, isso faz muita diferença.

Os itens de qualidade dos espaços e de acessibilidade estão presentes no AQUA e na norma brasileira de desempenho, tendo em vista que esta é uma necessidade no Brasil. Como estas normas foram produzidas para atender a realidade e legislação brasileiras, isso está presente.

A qualidade do ar e da água estão presentes em todos os sistemas estudados e trata da importância de uma boa ventilação na unidade habitacional, de uma água de qualidade, já que esses itens são importantes para a saúde do usuário.

A ISO 21931 prevê o levantamento dos aspectos e impactos ambientais do local do empreendimento e de toda a construção. Leva em conta o gerenciamento dos processos de construção, operação e manutenção, a análise do ciclo de vida, considerando-se antes da entrega e após a entrega da construção (operação). Também a norma evidencia os aspectos sociais, tais como saúde e conforto prevendo a análise das condições acústicas, higrótérmicas, concentração de radiação, condições visuais, características da água, intensidade de campos eletromagnéticos, presença de humidade, carga de vento, ruído e odor. No entanto, esses aspectos são voluntários e adicionais, não sendo obrigatória a sua contemplação, diferindo das demais normas que buscam o atendimento do conforto da habitação.

4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

A partir deste estudo, pode-se observar que os sistemas de avaliação de certificação sustentável e mesmo a Norma de Desempenho estão direcionados para contribuir com o desenvolvimento sustentável da sociedade, tendo como itens em comum nas certificações estudadas a questão da localização do empreendimento, o processo produtivo, gestão de materiais, o consumo de energia e água, a gestão dos resíduos. No Brasil há muitos problemas relacionados ao conforto das habitações, como o conforto térmico, acústico, qualidade sanitária dos ambientes e acessibilidade, estando esses ligados a qualidade de vida do usuário. Destaca-se que os itens que tratam do desempenho, conforto e qualidade dos espaços e acessibilidade estão presentes de forma obrigatória no selo AQUA e na Norma de Desempenho, com exigências de atendimento a NBR 9050 e o Decreto Lei 5296 de acessibilidade. No LEED esses itens não estão presentes, assim como a questão da durabilidade dos materiais manutenção e vida útil.

Embora seja um instrumento de certificação importante, a Norma ISO 21931-1 prioriza como obrigatórios os requisitos relacionados aos impactos ambientais, aos aspectos ambientais e ao gerenciamento dos processos nas fases de construção, operação e manutenção, em detrimento aos aspectos sociais ligados à saúde do usuário e ao conforto do ambiente. Uma vez que seu objetivo é relativo a uma avaliação ambiental de uma construção sustentável, questiona-se a não contemplação obrigatória de itens tão fundamentais para a sustentabilidade ambiental como a saúde e o conforto do usuário.

Apesar de na Europa a questão do desempenho ser um tema antigo e já consolidado nas suas edificações, no Brasil, este é um tema novo e necessário para que o país possa avançar no sentido de melhorar a forma de construir, dando mais segurança e conforto ao usuário. A NBR15575 está alinhada com todo o movimento de sustentabilidade existente em todo o mundo e nas normas de certificações ambientais, sendo um grande salto de qualidade na forma de se construir no Brasil, principalmente se a construção alcançar o nível Superior constante nos seus critérios de desempenho. Vale ressaltar ainda, a questão da necessidade do estabelecimento da vida útil dos sistemas e da durabilidade, que, a partir da publicação dessa norma de desempenho, se faz necessário nos projetos. Esta ação ajuda a inibir que as empresas especifiquem materiais de baixa qualidade e com pouca durabilidade, fortalecendo os demais requisitos para uma construção mais sustentável.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR15575:2013 - Edificações Habitacionais: Desempenho Parte 1 à 6. Rio de Janeiro: ABNT.

Barros, A.D.M.; Fabricio, M.M. Certificação Ambiental de Edifícios LEED e Processo AQUA: micro, pequenas e médias empresas. In ELECS, 2011. Vitória: ELECS.

Construbusiness 2015. Antecipando o Futuro. Brasil 2022: planejar, construir, crescer.

Fundação Vanzolini. S/D. Referencial Técnico de Certificação - Sistema de Gestão do Empreendimento para Edifícios em Construção – In *Processo AQUA-HQE*. São Paulo.

Fundação Vanzolini. S/D. Referencial da Qualidade Ambiental – Edifícios Residenciais em Construção. São Paulo.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. 2011. Pesquisa Anual da Indústria da Construção V21, 2011. São Paulo. ftp://ftp.ibge.gov.br/Industria_da_Construcao/Pesquisa_Anual_da_Industria_da_Construcao/2011 Acessado em 23/06/14.

Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO. 2015. Dados de Certificações por código NACE. http://www.inmetro.gov.br/gestao14001/Rel_Certificados_Validos_Codigo_Nace. Acessado em Abril, 2015.

Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO. 2010. Portaria No 372 de 17 de Dezembro.

<http://www.procelinfo.com.br/main.asp> Acessado em 20/06/14.

Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO. 2013. Portaria No 50, de 01 de fevereiro.
<http://www.procelinfo.com.br/main.asp>. Acessado em 20/06/14.

International Organization for Standardization – ISO. 2010. ISO 21931-1. Sustainability in bulding construction – Framework for methods of assessment of the enviromental performance of construction Works – Part 1 :Buldings. Geneva:ISO.

John, V.M, Prado, R.T. Boas Práticas para habitação mais sustentável. In *Selo Azul*. São Paulo.

LEED. www.gbcbrazil.org.br. Acessado em Junho.2014

Sustentax . 2015. http://www.selosustentax.com.br/pdf/como_identificar.pdf . Acessado em Abril, 2015.

Telo, R.; Ribeiro, B.F. 2012. Guia CBIC de Boas Praticas de Sustentabilidade na Industria da Construção Civil.

Analysis of Portuguese Residential Buildings' Needs and Proposed Solutions

Erika Tinoco Guimarães

University of Minho, CTAC Research Centre, Guimarães, Portugal

erika.tguimaraes@gmail.com

Luis Bragança

University of Minho, Department of Civil Engineering, CTAC Research Centre, Guimarães, Portugal

braganca@civil.uminho.pt

Manuela Almeida

University of Minho, Department of Civil Engineering, CTAC Research Centre, Guimarães, Portugal

malmeida@civil.uminho.pt

Ricardo Mateus

University of Minho, Department of Civil Engineering, CTAC Research Centre, Guimarães, Portugal

ricardomateus@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The Portuguese housing sector experienced a significant growth throughout the 20th century, particularly in the last quarter, after the democratic revolution in 1974. In fact, the number of buildings built between 1970 and 1990 is more than one third of the buildings actually existing in Portugal. Therefore most of them were built before the publication of the first regulation concerning the energy efficiency in buildings. Regarding this scenario, it would be expected that rehabilitation activities would represent most of the current construction activities. However, given some remaining barriers from old social policies, this situation is not observed; actually building retrofitting is the least significant sector, accentuating the degradation level of major part of the Portuguese housing stock. Several studies show that the main problems are found in the building's envelope elements, such as roofs and façades. Based on this context, the aim of this paper is to introduce some examples of building retrofitting systems that, adapted to the Portuguese main needs and requirements may represent sustainable solutions to overcome the identified needs of Portuguese buildings' envelope.

Key-words: Housing Envelopes, Energy Retrofitting, Portugal, Sustainable Retrofitting.

1 INTRODUCTION: OVERVIEW OF PORTUGUESE HOUSING MARKET

The Portuguese building stock grew almost 11 times between 1919 and 2001, being the highest rate between 1971 and 1990, as shown in Figure 1. According to the last available data (INE, 2011), in 2011 there were almost 1.48 residential units per family, from which 19.3% are seasonal residences and 12.5% are unoccupied. In last two decades, the Portuguese building sector was very active: 5.9% of the existing buildings have less than 10 years and, between 2001 and 2011, the average rhythm of construction reached 51 000 new buildings per year. However, between 2005 and 2011, due to the crisis in the construction market, this number slightly declined to 41 874 new buildings per year (INE, 2011).

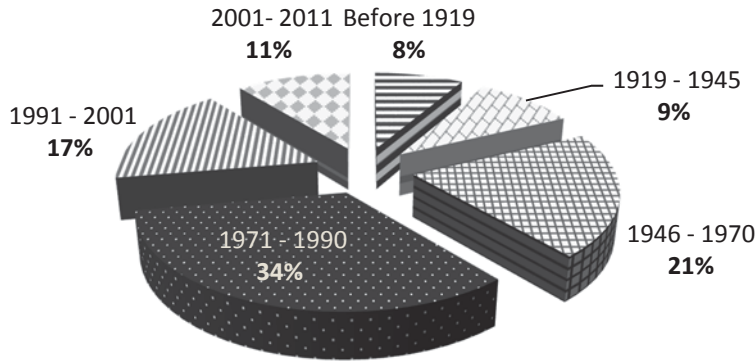


Figure 1. Existing buildings (INE, 2011)

Housing rent prices were frozen for long periods of time along the 20th century, mainly after the 1974 democratic revolution, what lead progressively to a huge lack on the renting market and significant decay of the housing stock. Although minimized within the 80's, this situation produced permanent distortion in the housing market. Although the total number of rented dwellings dropped about 21% after the 1980's, according to the IV General Housing Census (INE 2001) the percentage of dwellings occupied by owners and tenants remained almost the same. However ownership expenses can be twice as great as renting ones, it is noticeable the tendency of the Portuguese population in purchasing a house of their own instead of renting it. Beyond quality, the prices of dwelling depend mostly on the construction location. Portuguese government is making efforts in renewing the rental housing market, not only to promote the rehabilitation of existing buildings but also to promote people's mobility.

However, rehabilitation remains the less significant sector in the national market, as figure 2 shows. This low activity can be explained by the old rental policy, the inflation rates and lack of public incentives, which made economically unfeasible the execution of maintenance or retrofitting works by the owners. The small investment in building conservation and rehabilitation justifies the high degradation level not only of the façades but also of the other building elements.

■ Construction ▨ Rehabilitation ■ Engineering works

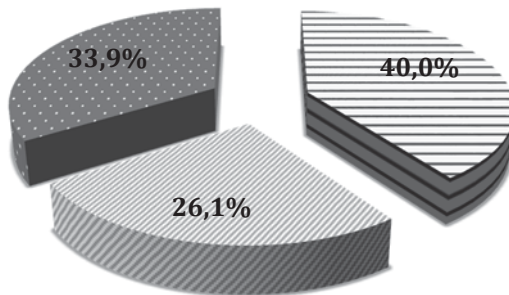


Figure 2. Investment in the Portuguese construction sector (INE, 2011)

According to data published in the 2011 Census, about 25% of the Portuguese buildings built after 1946 require some kind of reparation. The remaining 75% do not show reparation needs due recent maintenance interventions, provided by owners. Façades, including windows, represent about 30% of the buildings' needed interventions, having its deterioration factors closely related with the type of coating materials used. Regarding the needs at the level of indoor comfort, mainly thermal comfort, studies concluded that most building stock must be thermal retrofitted (INE & LNEC, 2013; Rodrigues & Freire, 2014; Brás et al, 2015).

Taking into account the characteristics of the Portuguese housing market and how they affect the quality of urban buildings, namely at the level of inhabitant's comfort, it is indispensable to

study and implement new building retrofitting solutions. Given the importance of envelopes in the building's degradation process, the current work presents some refurbishing systems commonly adopted throughout European union. Nevertheless, before attempting to implement popular systems to the specific Portuguese market, it is necessary to properly characterize the requirements that the solutions have to fulfil. In this sense, this paper will start focusing the most common problems identified on multi-storey housing envelopes and the related Portuguese legislation.

2 MAIN NEEDS AND REQUIREMENTS IN PORTUGUESE BUILDING ENVELOPES

2.1 Structural Aspects

Reinforced concrete system is the most common building's structural solution in the second half of the 20th century. Critical situations on structural behaviour are not commonly reported in construction pathologies (INE, 2001), as the scarcity of occurrences may be related to the application of strong safety factors in the structural design. The main source of structural problems is the poor quality of foundation works and it affects mostly vertical envelop's elements, since the foundation's movements can cause cracks that compromise aesthetics, sealing and insulation properties. In façades and balconies, some problems could also be observed regarding insufficient protection of reinforcement steel bars. Upon long-term exposure the corrosive process developed on the bars can compromise the buildings' structural stability.

In Portugal, seismic activities are mostly observed in the South of mainland territory and Azores islands. Since Lisbon's great earthquake of 1755, seismic behaviour has been considered in the design of constructions, according to the seismic risks of each region. The first regulation on structural safety of constructions was published in 1958 (Decree-law n^o 41658, of May 31st, 1958) and considered, beyond static loads, dynamic loads of wind and seismic actions. The regulation was later updated towards its adaption to the general use of reinforced concrete structures (decree-law 47 723 of may 20th, 1967).

2.2 Building Physics Aspects

2.2.1 Thermal and Moisture Insulations

Before 1990, thermal insulation was a great issue in Portuguese buildings given the lack of regulations on the subject. Until then, the U value of building envelopes was very high because the use of insulation materials was not common.. Integration of different insulation materials and inappropriate insulation can lead, depending on the construction system, to the existence of thermal bridges, and therefore, to moisture condensation that effects inhabitant's health and promotes the degradation of building materials. Due to rainwater permeation, resulting from inappropriate sealing, moisture problems are also common in roofs and external walls, thus contributing for the prejudicial effects mentioned before. Another cause is related to deficient ventilation in compartments where high humidity levels are produced (bathrooms, kitchen and laundry areas).

RCCTE (Decree-Law 40/90 from the 6th February) was the first legal document concerning thermal performance and aimed the promotion of the general quality of the buildings, assuring better hygienic and comfort conditions and controlling the energy consumption for acclimatisation and hot water systems. In 1998 another regulation was published, concerning the building thermal performance envisaging over sized acclimatization systems and therefore the energy consumption. RSECE (Decree-Law 118/98 from the 7th May) was targeted to buildings with significant energy consumption for heating or cooling and was applicable mainly in buildings with over 25 kW installed.

Together, RCCTE and RSECE specifications intended to promote the improvement of the thermal quality of the buildings without increasing the energy demand and not rationalizing the consumption. The recommendations included passive cooling techniques, efficient solar collection practices and natural ventilation strategies to improve the indoor comfort. With the publication of directive 2010/31/UE, in 2013 the Portuguese regulations concerning thermal performance of buildings were updated, with the publication of a new decree-law (decree-law 118/2013, of August 20th) that extinguished the former regulations and resumed in a single document the Building Energy Certification System (SCE), the Regulation on energy performance for Residential Buildings (REH) and the regulation on energy performance for Commercial and Services Buildings (RECS).

As nearly 80% of the building stock was built before the publication of the first thermal regulation, the performance of thermal and moisture insulations are inadequate in the majority of cases. In spite of that, rehabilitation activities in view of the energy retrofiting are not yet common practices, what means that there is still a great effort to be done in the near future.

2.2.2 Noise Insulation

Providing adequate levels of acoustical comfort is a recurrent problem of Portuguese buildings. Major part of conventional constructions systems provide satisfactory insulation of vertical partition elements, thus the main complains are related to the interface between commercial and dwelling areas due to inadequate airborne sound insulation. For envelopes, in most causes, insulation issues are related with the quality of windows and other openings.

Until 2007 there was not a proper application of acoustic regulation codes. Since then, the approval of RGR (Decree-law nº 9/2007, from January 17th) enforced rigid requirements regarding the protection against sound and noise pollution, as shown in Figure 3.

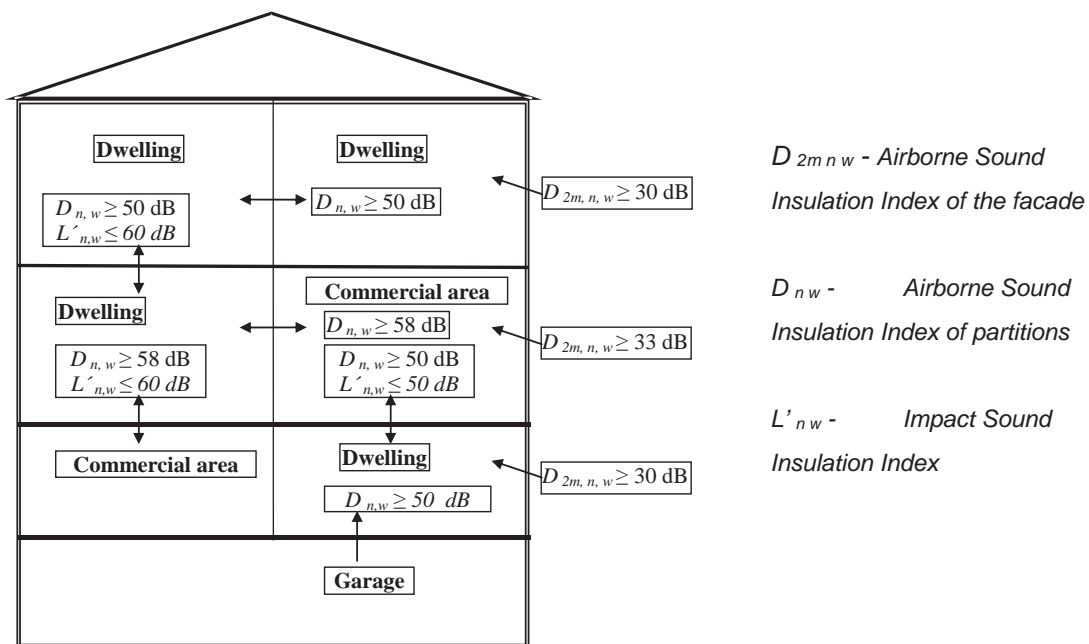


Figure 3. Sound insulation Requirements (Decree-law nº 9/2007, from January 17th).

2.3 Functional Aspects

According to Almeida *et al.* (2007), the functional quality of the majority of the multi-familiar dwellings is a significant short come of these buildings. Portuguese regulation on functional aspects is sufficient to maintain minimum conditions of inhabiting in living areas. Projects are developed in order to fulfil just the minimum acoustic and thermal comfort conditions, which is

feasible due the mild climate and low noise pollution in the majority of the Portuguese territory (Bragança *et al.*, 2005).

Another general problem is that constructions usually don't consider future maintenance costs, which becomes a major concern of their inhabitants after 15 or even 10 years of use. This aspect is neglected even on projects promoted by governmental social housing policies. Ownership regime is the main determinant of the functional aspects of urban houses: housing owners are free to perform adaptations and modifications, cases in which greater involvement in maintenance and supervision are observed. In central and historical urban areas and in Social Housing, where tenants pay very small rents, owners do not have the necessary financial income to refurbish the dwellings. Tenants are sometimes the responsible for urgent refurbishments, but don't invest in significant reconstruction works, as they don't own the property. Changing the rent policy is one of the major concerns of the government after the occurrence of some accidents involving building ruining.

3 TECHNICAL SOLUTIONS TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF PORTUGUESE BUILDINGS ENVELOPES

3.1 ETICS

ETICS stands for External Thermal Insulation Composite Systems and the first solutions were developed in the 1950s (Wetzel, 2007). The system is composed of rigid boards of insulation materials (polystyrene and concrete foams, mineral and wood fibres, etc.) attached to a supporting base through plastic adhesive, and externally covered with reinforced rendering (fig. 4). Some solutions also consider intermediary support bases, with rail mounting, whenever the base-surface does not have mechanical properties adequate for sustaining the system. An extensive variant of external cladding has been developed since the development of the first ETICS, including plasters (synthetic resins, cement, and plastic minerals) and tiles (ceramic, bricks, stones) finishing.

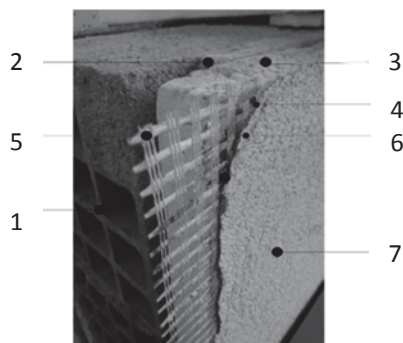


Figure 4. Components of a ETICS system: 1) base wall 2) Adhesive Layer 3) Insulation Board 4) Regularization layer 5) Rendering 6) Regularization Primer layer 7) External Coating (Plaster) (Perdigão, 2013).

As Wetzel (2007) concluded, ETICS has proven to increase the protection of external walls, improving considerably the thermal, moisture and noise insulation of the envelopes were they have been applied. For thermal insulation, the improvement of the U-value of a construction enveloped with ETICS is dependant on the thermal conductivity and thickness of the used insulation material (fig 5). The weather protection is particularly determined by the renderings, since most systems use water-repellent materials. Noise insulation properties are mainly related to characteristics of used elements (revetment, supporting system and type of fixation). Although external sound insulation is reportedly improved, the overall acoustic results are debatable. Users relate that, as the insulation improvement regarding external noises, the basic noise level is slightly reduced, what would enlarge the perception of disturbs from inside of the building (neighbouring dwellings).

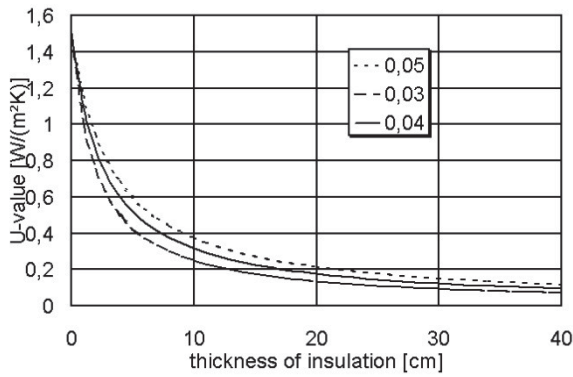


Figure 5. Variation of an external wall's U- value after fitting ETICS with different thermal conductivity insulation materials (Wetzel, 2007).

3.2 ETIDS

External Thermal Insulation Dry Systems (ETIDS) became popular in the end of the 1980's. It can be seen as a simplified version of ventilated coated façades. It is mostly used on refurbishments of three-layered external walls of large dimensions (Plewako *et al.*, 2007), and it's fixation is recommended on concrete elements. The system, applied directly on existing walls, consists of an internal insulation layer, bolted to the concrete base-wall, and an external layer, fastened on previously fixed bearing strips (fig.6). The external layer is commonly made of folded steel sheets, but fibre-cement boards are recurrent alternatives. Combinations with other external systems are also a possibility to attend aesthetic requirements. Top and bottom areas, edges and openings are covered with additional sheets or strips.

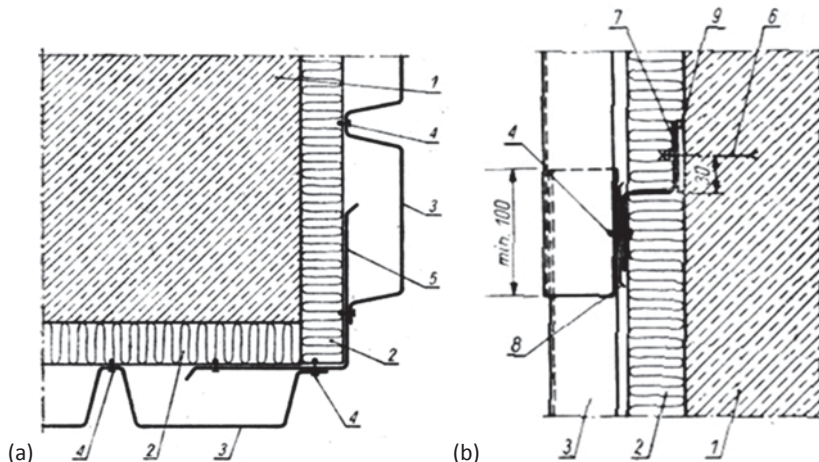


Figure 6. Layout of ETIDS components. (a) Corner top view. (b) Transversal section 1) base-wall 2) insulation board 3) coating (folded steel sheets) 4)fastener 5) corner strip 6)expansion bolt 7) Z profile 8)PVC washer 9) millboard washer (Plewako, 2007).

The insulation material and the inner air of vertical folds improve the envelope's thermal insulation, which is significantly reduced according to the thickness of insulation layer (fig. 7). Additional benefits on acoustic insulation are observed through the reflection of external noise by external steel sheets. Rainwater penetration is a potential threat to ETIDS systems as gaps on layers connections could initiate a corrosive process of steel components. However, proper fold's ventilation can protect internal layers from moisture penetration and condensation. The improvement of the building's overall thermal performance reflects on a corresponding reduction of energy consumption, as figure 8 illustrates.

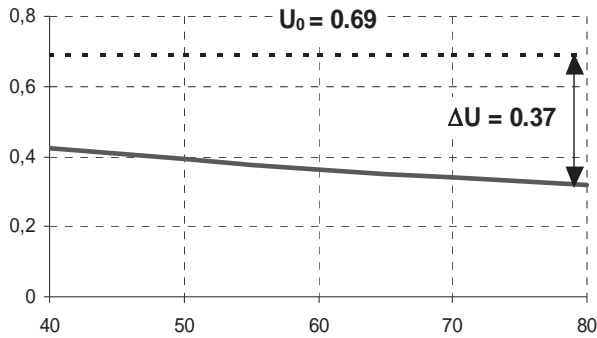


Figure 7. Variation of U-value according to the insulation thickness (Plewako, 2007)

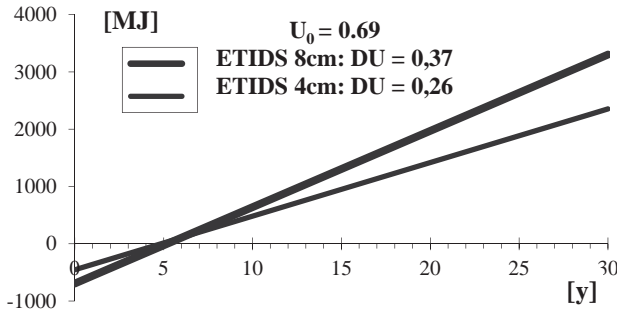


Figure 8. Approach of reduction on energy consumption for 1 m² (Plewako, 2007)

3.3 Ventilated Façades

As figure 9 presents, ventilated façades are composed of an insulation layer (polyurethane foam; expanded polystyrene or extruded polystyrene), fixed in the supporting wall, and a covering material separated 3 to 5 cm from the inner layer. This distance creates a cavity that allows the circulation of inner air by convection. The use of insulation boards is optional and helps to improve thermal properties of the system (Guimarães, 2013). The cladding layer provides protection from direct climate loads and (re)defines the building aesthetics. According to Bragança et al (2007), the most used covering materials are natural stone, man-made stone, ceramic, terracotta, plastic or metallic materials, oriented strand board (OSB), glass (transparent and opaque) and wood fibreboard with Portland cement. The cladding can be statically fixed into the supporting structure by anchoring devices or be supported by a steel frame structure. For both options, visible and non-visible solutions are available.

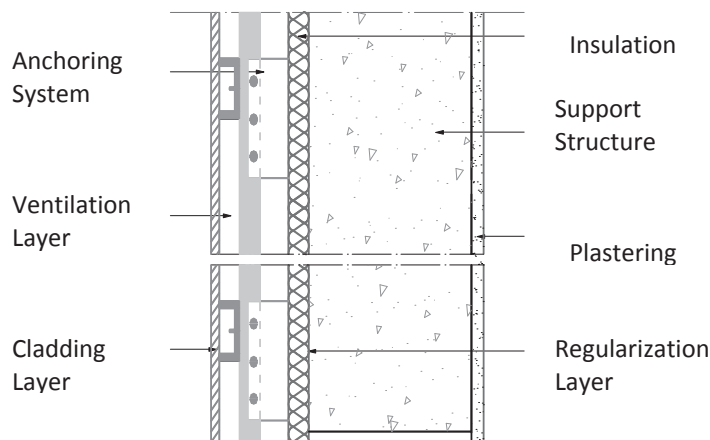


Figure 9. Transversal section of a typical ventilated façade (Mateus, 2004)

The system provides higher moisture control through the cavity, which protects the wall from rainwater and expels water vapour by convection, thus removing the moisture from both

exterior and interior and preventing condensations. Also, the distance between cladding and inner layers reduces thermal bridges and improves the thermal inertia of the building, representing less heat gains (summer) and losses (winter), as figure 10 demonstrates.

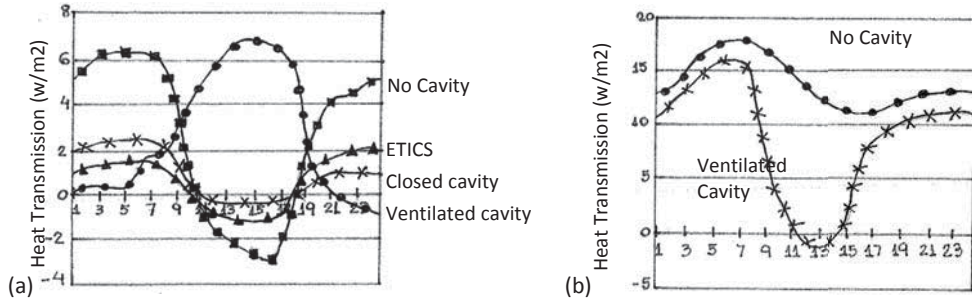


Figure 10. Heat Flux (W/m^2) from inside out along the daylight period for different envelope systems (a) summer (b) winter (Brunoro, 2007).

This characteristic reflects higher energy savings by reducing the needs for artificial acclimatization systems. In this context, it is also reported that the adopted cladding material influences the overall thermal performance. Figure 10 compares the energy efficiency performance of ventilated façades with different finishing: F1: aluminium panels F2: hollow brick tiles F3: concrete panels and F4: ceramic tiles

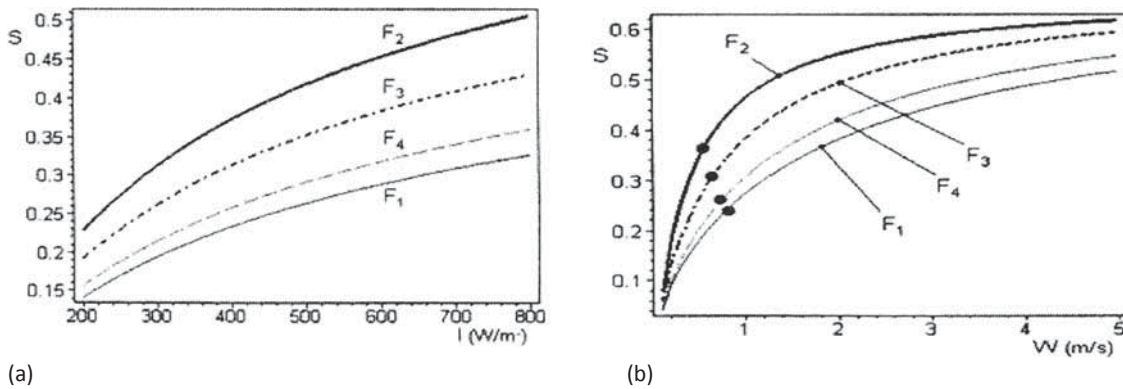


Figure 11. Energy Saving (S) considering (a) solar radiation (I) (10cm thickness, 15 cm length) and (b) air flow speed (W) (15 cm length, solar radiation incidence of $400W/m^2$) (Brunoro, 2007).

Compared to unventilated refurbishing solutions, the use of ventilated façades represents advantages regarding installation, as for the mechanical assembly of the finishing it is not necessary to use of adhesives and water-based plasters. In addition, it is a lower and easier maintenance system, where each layer can be individually handled and presents lower risks of cracking and/or detaching. Also, external cladding propitiates higher durability for the wall due to the protection against the weather.

4 CONCLUSIONS

Comparing to other construction activities, in Portugal the investment in rehabilitation is still very small and not adequate to the context, which causes the continuous degradation of the Portuguese building stock. Reality shows that few technical solutions are currently used to overcome this scenario and improve the quality and indoor environment performance of the Portuguese residential buildings. Regarding the conservation state of most building envelops and the contribution of these elements to urban and indoor environments quality, the current work presented three solutions for façade retrofitting commonly used among European countries. The first system, ETICS, is directly attached to the existing external wall. The second, ETIDS, is also applied externally on the existing façade and promotes ventilation due to the cladding characteristics. Lastly, the ventilated façades where the external cladding is separated

from the existing wall by a cavity, are more complex and expensive retrofitting solutions but can improved considerably the overall performance of the façade.

The study showed that all presented solutions are suitable to improve the main needs of Portuguese building's external walls and that can be designed to satisfy regulation requirements, e.g. thermal, moisture and noise insulation. Since all of them are passive solutions to improve inhabitant's comfort, they can be understood as sustainable building rehabilitation practices. Considering the acknowledged potentialities and limitations, they have demonstrated to be viable answers to upgrade the functionality of the conventional building envelopes in Portugal. However, it is necessary to make experimental evaluations and further surveys to inhabitants to measure the real impact and performances of these technical solutions.

REFERENCES

Afonso, F. Moraes, J.M.; Sequeira,A.M.; Hill, L. 1998. O Sector da Construção – Diagnóstico e Eixos de Intervenção Lisbon: IAPMEI

Almeida, M.G.; Braganca, L.; Mateus, R. 2007. General Overview of The Problems, Needs and Solutions in the Portuguese Urban Building Envelopes. In Bragança, L.; Wetzel, C.; Buhagiar, V.; Verhoef, L.G.W. (Eds.), *Improving the Quality of Existing Urban Building Envelopes – Needs* :121-129 Amsterdam: IOS Press BV ISBN 978-1-58603-735-2

Bragança, L.; Mateus, R. 2003. Anomalias mais Comuns nas Fachadas de Edifícios do Concelho de Guimarães. In “PATORREB – 1o encontro nacional de patologia e reabilitação”. Porto

Braganca, L; Almeida, M.G.; Mateus, R. 2007. Technical Improvement of Housing Envelopes in Portugal. In Bragança, L.; Wetzel, C.; Buhagiar, V.; Verhoef, L.G.W. (Eds.), *Improving the Quality of Existing Urban Building Envelopes – Façades and roofs* : 115-126 Amsterdam: IOS Press BV ISBN: 978-1-58603-737-6

Brás, A.; Rocha, A.; Faustino, P. 2015. Integrated approach for school buildings rehabilitation in a Portuguese city and analysis of suitable third party financing solutions in EU. In *Journal of Building Engineering*. In press, accepted manuscript (Available Online on 18 June). Elsevier.

Brunoro, S 2007. Technical Improvement of Housing Envelopes in Italy. In Bragança, L.; Wetzel, C.; Buhagiar, V.; Verhoef, L.G.W. (Eds.), *Improving the Quality of Existing Urban Building Envelopes – Façades and roofs*: 75-78 Amsterdam: IOS Press BV ISBN: 978-1-58603-737-6

Guimarães, E. T. 2013. Soluções de Fachadas Duplas Ventiladas como Revestimento Externo de Edifícios Dissertation Monography. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituto Nacional de Estatística-INE 1998. INE Inquérito à Habitação – 1998. Lisboa: INE

Instituto Nacional de Estatística-INE 2011. Recenseamento Geral da Habitação – censos de 2011. Lisboa: INE

Instituto Nacional de Estatística-INE 2001. Recenseamento Geral da Habitação – censos de 2001. Lisboa: INE

Instituto Nacional de Estatística-INE ; Laboratório Nacional de Engenharia Civil –LNEC. 2013. O Parque habitacional e a sua reabilitação - análise e evolução 2001-2011. Lisboa: INE

Mateus, R. 2004. Novas Tecnologias Com Vista à Sustentabilidade da Construção. MSc Thesis in Civil Engineering, Guimarães: University of Minho, Engineering School.

Perdigão, M.N.L.V. 2013. Análise de Ciclo de Vida de duas soluções de ETICS. Scientific Dissertation for Master's Degree. ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisbon: ISEL

Plewako, Z.; Kozłowski,A; Rybka,A. 2007 Technical Improvement of Housing Envelopes in Poland. In Bragança, L.; Wetzel, C.; Buhagiar, V.; Verhoef, L.G.W. (Eds.), *Improving the Quality of Existing Urban Building Envelopes – Façades and roofs*: 105-106 Amsterdam: IOS Press BV ISBN: 978-1-58603-737-6

Portuguese Government 1958 Decree-law 41658, of 31st of May

Portuguese Government 1967. Decree-law 47723, 20th of May.

Portuguese Government 1990. Decree-law 40/90, of 6th of February.

Portuguese Government 1998. Decree-law 118/98 of 6th of May.

Portuguese Government 2007. Decree-law 9/2007 of 17th of January.

Portuguese Government 2013. Decree-law 118/2013 of 20th of August.

Rodrigues, C.; Freire, F. 2014. Integrated life-cycle assessment and thermal dynamic simulation of alternative scenarios for the roof retrofit of a house. In *Building and Environment*. V 81: 204-215. Elsevier.

Sousa, J.; Bragança, L.; Almeida, M.; Silva, P. 2013 Research on the Portuguese Building Stock and its Impacts on Energy Consumption - An Average U-Value Approach. In *Archives of Civil Engineering*. Volume LIX, Issue 4 :523-546. ISSN 1230-2945

Wetzel, C.; Vogdt, F. 2007. Technical Improvement of Housing Envelopes in Germany. In Bragança, L.; Wetzel, C.; Buhagiar, V.; Verhoef, L.G.W. (Eds.), *Improving the Quality of Existing Urban Building Envelopes – Façades and roofs*. 46-48 Amsterdam: IOS Press BV ISBN: 978-1-58603-737-6

Emissões De CO₂ na Construção Civil Brasileira (Estudo de caso no setor residencial)

Sérgio Fernando Tavares

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil
Sergioft22@yahoo.com.br

Eloise de Oliveira

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil
eloisedeoliveira@gmail.com

Carla Rabelo Monich

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil
carlamonich@gmail.com

Adriane Cordoni Savi

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil
adriane@tellus.arq.br

ABSTRACT: In developed countries and emerging countries, study of energy consumption in the life cycle of buildings has the purpose to establish an environmental sustainability applied to the constructions. Based on information from the National Energy balance – BEN, Inventory Greenhouse Emissions and National Research by Home Sample – PNAD, we selected the residential business in Brazil as a case study. Doing a survey about energy consumption by a typical residential Brazilian building is possible to estimate the annual amount of energy resources required for new constructions, maintenance, renovations and the related impact on CO₂ emissions. The results indicate proportional rates close to those in the developed countries, although in Brazil the energy consumption and income standard per capita is lower, besides a lower CO₂ emission. Observed also, a significant rate between of embedded energy compared to the energy consumed in the operational phase.

Keywords: CO₂ emissions, energy analyses, embodied energy, households.

RESUMO: Em países desenvolvidos, ou em desenvolvimento, estudos sobre o consumo energético no ciclo de vida das edificações visam à busca da sustentabilidade ambiental aplicada às edificações. A partir dos dados do Balanço Energético Nacional – BEN -, do Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD -, tomou-se como estudo de caso o setor residencial brasileiro. Levantando-se o consumo energético em um modelo representativo de edificação brasileira, projetam-se quais são os recursos consumidos para construção de novas edificações, manutenção e reformas de antigas construções anualmente e os consequentes impactos ligados à emissão de CO₂. Os resultados apontam para índices proporcionais próximos aos de países desenvolvidos, embora o Brasil tenha consumo de energia e renda per capita inferiores, além de uma matriz geral de emissões de CO₂ baixa. Observa-se também uma proporção relevante da energia embutida nas edificações residenciais em relação à operacional.

Palavras-chave: Emissões de CO₂, análise energética, energia embutida, edificações residenciais.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as discussões sobre impactos ambientais estão tomando força no sentido de

buscar novas possibilidades para minimizar os motivadores das mudanças climáticas. Desde a revolução industrial o nível de gases de efeito estufa na atmosfera vem crescendo anualmente e já se encontra próximo ao limite de 450 a 550 partes por milhão (*ppm*) de CO₂ (Stern, 2006). Por este motivo os estudos sobre o consumo energético nos setores econômicos vêm crescendo, especialmente no setor da construção civil, que representa 24% da extração global de matéria prima (Bribián, 2011). Esta colocação está fundamentada na metodologia de análise do ciclo de vida de edificações, o qual tem início na fabricação dos materiais de construção, transporte até o canteiro, produção da edificação, uso e manutenção da mesma e demolição e disposição dos materiais utilizados. Em todas as etapas existe um requisito de energia e emissão de CO₂ para a sua realização, a Figura 1 exibe as etapas consideradas neste ciclo.



Figura 1: Ciclo de vida de uma edificação. Fonte: Adaptado de TAVARES (2006)

As três primeiras fases formam a etapa pré-operacional, conhecida também como a energia embutida inicial na edificação, ou seja, o total de energia requisitada para a fabricação dos materiais, transporte até o canteiro e construção da edificação. Na etapa operacional é contabilizada a energia gasta para o uso e ocupação da edificação, além da energia embutida dos materiais utilizados para manutenção da edificação ao longo dos anos. Estudos têm demonstrado que apesar da alta demanda energética na fase operacional, a fase pré-operacional pode representar até 38% do consumo operacional em todo o ciclo de vida da edificação unifamiliar de baixa renda no Brasil (Tavares, 2006), como mostra a Figura 2.



Figura 2: Distribuição percentual do consumo energético nas etapas de Energia Embutida e Energia Operacional

Considerando que o Brasil possui um baixo consumo energético para o aquecimento e resfriamento das edificações (SINPHA 2007) e que 46% de suas fontes de energia são renováveis (Paulsen; Sposto, 2013), o país ainda não está livre dos impactos ambientais causados pelo setor da construção civil. Em 2013 foram produzidas mais de 70 milhões de toneladas de cimento (CBIC, 2013), sendo que, de acordo com as estimativas anuais de emissões de gases do efeito estufa no Brasil de 2010, 26,9 % de todo o CO₂ emitido pelas atividades industriais no Brasil foram provenientes da fabricação desse material (BRASIL, 2010). Outro fator relevante em termos de impactos ambientais é a origem e o tipo de energia utilizada para a fabricação de materiais empregados na construção civil, pois a energia incorporada pode ser de origem renovável ou não renovável (Graf, 2010), como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Fontes de origem da energia no setor industrial para fabricação de materiais de construção civil (GRAF, 2010)

Setor Industrial	Fontes Fósseis*	Fontes Renováveis**
Cimento	84.6	15.4
Ferro-gusa e aço	67.36	32.74
Ferroligas	26.6	73.5
Mineração e pelletização	76.88	23.12
Não ferrosos e outros metálicos	54.96	45.04
Papel e celulose	71.02	28.98
Cerâmica	43.14	56.76
Outras indústrias	48.64	51.36

* Fontes de origem fóssil consideradas: carvão mineral, óleo combustível, eletricidade oriunda de usinas térmicas e nucleares (20%), coque de petróleo, gás natural e outras.

** Fontes de origem renovável consideradas: eletricidade oriunda de usinas hidroelétricas (80%), carvão vegetal.

Dos setores econômicos brasileiros analisados pelo BEN - Balanço Energético Nacional - (BEN 2013), três estão diretamente ligados às atividades da construção civil: setor comercial, setor residencial e setor público. O setor industrial está parcialmente ligado às atividades da construção civil, porém de forma significativa, devido à produção de materiais de construção. Dos setores diretamente ligados, o residencial possui o maior consumo de recursos energéticos na forma de eletricidade e também de gás natural, GLP, lenha, carvão vegetal e outros. Estes últimos, denominados como energia de cocção. Todos são avaliados por setor e informados anualmente pelo BEN. A Figura 3 mostra o consumo por fontes do setor residencial. A Figura 4, o consumo total dos quatro setores ligados diretamente à construção civil de acordo com o BEN, do ano base de 2012.

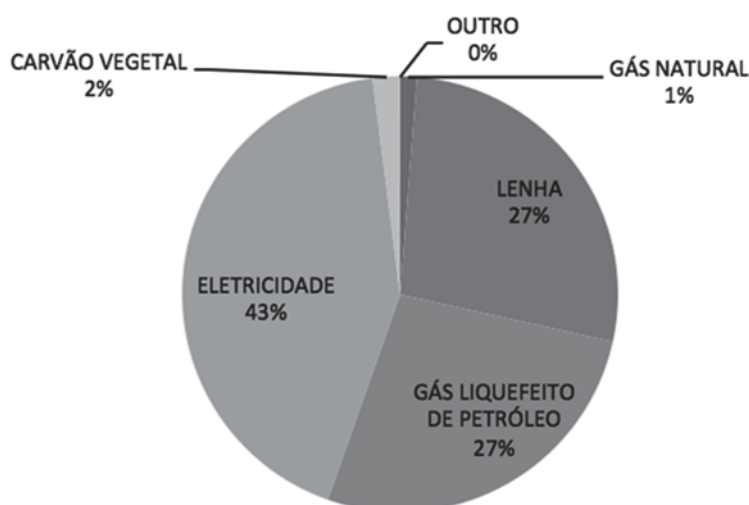


Figura 3: Consumo no setor residencial. Fonte: BEN 2013

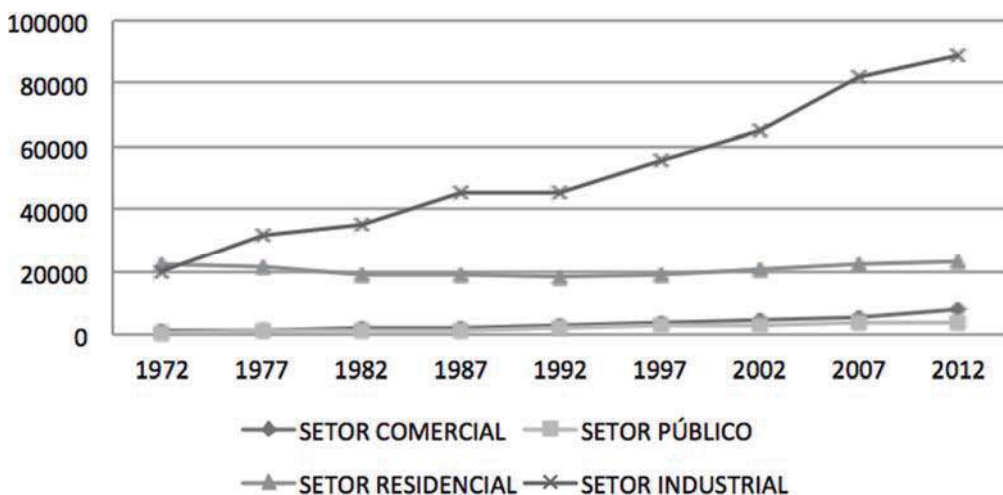


Figura 4: Consumo de energia em todas as formas nos setores ligados à construção civil. Fonte: BEN 2013

É importante considerar o rápido desenvolvimento econômico do Brasil que influenciou diretamente o setor da construção civil nos últimos anos. A indústria de materiais de construção espera dobrar a sua produção entre os anos de 2010 a 2022. Este crescimento provém, em grande parte, de incentivos econômicos para suprir o déficit de moradias no país. Programas do Governo Federal como o “Minha Casa Minha Vida” tem como objetivo construir três milhões de residências em um período de sete anos (Paulsen; Sposto, 2013).

Outro importante fator econômico que está diretamente ligado ao setor residencial, mais especificamente, ao consumo energético nas residências, é o acesso ao crédito para mobiliar e equipar as moradias. Os beneficiários do programa “Minha Casa Minha Vida” podem financiar móveis, eletrodomésticos e eletrônicos a partir de outro programa, o “Minha Casa Melhor”. Este tipo de incentivo permite que as residências fiquem melhores equipadas e, conseqüentemente, aumentem o consumo energético mensal, sugerindo um quadro de crescimento das necessidades energéticas do país nos próximos anos.

Em face ao exposto, coloca-se o seguinte questionamento: como se apresentam o consumo de energia e as emissões de CO₂ em um cenário anual no setor residencial brasileiro, considerando as etapas: pré-operacionais e operacionais?

1.1 Objetivo

Calcular o consumo de energia e as emissões de CO₂ do setor residencial brasileiro considerando: o quantitativo de novas edificações construídas no ano de 2012; a manutenção das edificações existentes; o consumo de energia operacional elétrica e cocção neste ano de 2012 de todo o estoque de edificações novas e existentes.

2 MÉTODO

As considerações feitas neste trabalho dizem respeito a todas as formas de energia consumida no país. Assim, para o setor residencial, por exemplo, contabiliza-se o numero de Joules, unidade padrão do Sistema Internacional e referência dos principais estudos deste tema, relativos ao consumo de: eletricidade, gás natural, lenha, gás liquefeito de petróleo -GLP- e carvão vegetal. As conversões destes insumos em energia são feitas pelos parâmetros estabelecidos no BEN (BRASIL, 2013).

A metodologia seguida, parte do levantamento do quantitativo de edificações residenciais novas e existentes pela PNAD – Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios, publicada pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no ano de 2012, cuja base de dados é do mesmo ano. Em 2011 foram contabilizadas 62.421.000 residências no Brasil e, em 2012 houve um

acréscimo de 1.513.000 novas residências.

Para determinar a energia embutida inicial, nas edificações existentes, foram utilizados os dados da literatura técnica (Tavares, 2006), assim como, a energia embutida de manutenção para as edificações existentes. Tais projeções são realizadas a partir de um modelo residencial unifamiliar de baixa renda (Tavares, 2006; ABNT NBR 12721, 2005). A Tabela 2 apresenta as parcelas de consumo energético em cada etapa do ciclo de vida de 50 anos deste modelo típico de edificação.

O consumo operacional residencial foi levantado a partir dos dados do Balanço Energético Nacional 2013, cuja base de dados é 2012. As emissões de CO₂ foram analisadas nas etapas de energia embutida discriminada e na etapa operacional, considerando o ciclo do ano de 2012, a partir dos dados da literatura técnica (Tavares, 2006; Monich, 2012; IPCC 2006).

Tabela 2: Resumo dos resultados do ciclo de vida energético da edificação típica no ciclo de vida de 50 anos (TAVARES, 2006)

Construção Gj		Operação Gj		Pós-operação Gj	EE TOTAL (EE inicial + EE reposição) GJ	% EE TOTAL / ENERGIA OP. GJ
EE Inicial	EE Reposiçã o	Energia Elétrica	Energia de Cocção	Energia de demolição e transporte		
291,88	153,78	232,49	464,97	30,74	445,66	63%

Tabela 3: Modelo da edificação residencial típica brasileira

Características Ocupacionais	
Nº de habitantes	4
Renda Familiar	3 Salários Mínimos
Consumo de Energia Elétrica	155,00 kWh/mês
Consumo de Energia para cocção	205,49 kWh /mês
Equipamentos básico	Aparelho de som, Chuveiro Elétrico, Ferro de passar, Fogão, Geladeira, Liquidificador, Televisão, Ventilador/Circulado de ar
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Área da Unidade	63 m ²
Dimensões	Externas: 7,0 x 9,0 m Área do terreno: 98 m ² Pé direito: 2,8 m Sala: 21,0 m ²
Divisões Internas	2 Quartos: 27,0 m ² Cozinha: 9,0 m ² Banheiro: 4,3 m ² Circulação: 1,7 m ²
Estrutura	Concreto armado
Paredes	Blocos cerâmicos 8 furos (9 x 19 x 19). Dimensões totais = 14 cm (9 de bloco + 2,5 de reboco int. + 2,5 de reboco ext.)
Acabamento das Paredes	Reboco interno e externo, pintura em branco. Azulejos até 1,80 m na cozinha e banheiros.
Cobertura	Laje armada em blocos cerâmicos, vigotas em concreto armado. Espessura total 12 cm, rebocada. Recoberta com telhas de fibrocimento sobre estrutura de madeira.
Janelas	Esquadria de ferro, vidros planos simples esp. 3mm. Área de esquadrias = 1/6 da área do piso
Portas	Portas em madeira: ext. 0,9 x 2,10; int. 0,7 x 2,10
Pisos	Banho e cozinha em cerâmica comum demais cômodos em tacos de madeira

A determinação dos conteúdos energéticos em cada etapa, avaliando as relações entre as mesmas, e o índice de CO₂/GJ servirão como base para mensurar o total de energia consumida e emissões de CO₂ no setor residencial brasileiro. A edificação estudada é definida dentro dos parâmetros de maior incidência para residências brasileiras em termos de área construída, número de cômodos, número de habitantes e tipologia construtiva (Tavares, 2006). O modelo resultante está especificado na Tabela 3.

3 RESULTADOS

A energia embutida inicial em toda edificação é de 291,88 GJ. Este valor contabiliza toda a energia requisitada na etapa pré-operacional do ciclo de vida da edificação. A energia embutida de reposição dos materiais é de 153,78GJ e está relacionada à etapa operacional.

Aplicados a estes dados o número de residências novas e existentes no Brasil, divulgado pela PNAD, obtêm-se dados de energia embutida em edificações residenciais brasileiras. Somando-se estes resultados com os valores de consumo energético por setor encontrados no BEN, ou seja, a energia operacional, chega-se ao total de energia consumida no setor residencial. A Tabela 4 apresenta a projeção destes resultados.

Para encontrar o total de energia embutida em novas construções, aplicou-se o valor de energia embutida de 291,88 GJ ao número de 1.513.000 novos domicílios no País em 2012, obtendo o total de $4,41 \times 10^8$ GJ. Para a avaliação de energia embutida de reposição, aplicou-se o valor de 3,07GJ às 62.420.000 edificações existentes, resultando em um total de $1,91 \times 10^8$ GJ de energia embutida na fase operacional da edificação.

A partir destes resultados há condições de se estabelecer que a energia embutida total equivale a 58% da energia operacional das edificações residenciais brasileiras. A energia operacional considera o consumo energético para equipamentos e atividade de cocção. Os dados para esta avaliação são fornecidos anualmente pelo BEN, em todas as fontes de energia utilizadas: eletricidade, gás, gás liquefeito de petróleo -GLP-, lenha, óleo combustível, querosene e carvão vegetal.

Tabela 4: Consumo energético para construção, operação e manutenção de edificações residenciais no Brasil

Energia Embutida inicial em uma edificação residencial média no Brasil	291,88 GJ	(Tavares, 2006)
01 - Consumo energético total para a construção de novas edificações residenciais no Brasil	$4,41 \times 10^8$ GJ	
Energia Embutida de reposição anual para uma edificação residencial média no Brasil	3,07 GJ	(Tavares, 2006)
02 - Consumo energético total de Energia Embutida de reposição para edificações existentes	$1,35 \times 10^8$ GJ	
Total de Energia Embutida em edificações residenciais brasileiras (01+02)	$5,76 \times 10^8$ GJ	
03 -Energia consumida operacionalmente por edificações residenciais brasileiras	$9,94 \times 10^8$ GJ	(Ben 2013)
Total de energia consumida por edificações residenciais brasileiras (01+02+03)	$15,7 \times 10^8$ GJ	
Relação de Energia Embutida e Energia Operacional (01+02/03)	0.58	

A partir dos dados de consumo energético no setor residencial para a energia embutida total e energia operacional é possível atribuir valores de emissão de CO₂ por fonte de energia, através do BEN e de uma base de dados retirada da literatura técnica (IPCC,2006; Monich,2012; Tavares,2006). Os dados de emissão de CO₂ são obtidos através da quantidade de CO₂ geradas na queima de combustível para a obtenção de energia e as emissões diretas no processo de fabricação de alguns materiais como, cimento, cal e alumínio.

No cálculo para o total de emissões de CO₂ na etapa pré-operacional que envolve todo o processo de fabricação de materiais, transporte e obra, aplicou-se o valor de 24,23 tCO₂ nos 63m² da residência e multiplicou-se pelas 1.513.000 novas residências, chegando a um total de 36659,99 tCO₂ x 10³ emitidos pela construção de novas residências no Brasil. Na avaliação da emissão CO₂ de reposição de materiais, na etapa operacional, foi calculado 13,23 tCO₂ para a mesma residência e aplicado às 61.421.000 edificações existentes, totalizando 812599,83 tCO₂ x 10³.

Para a emissão de CO₂ na etapa operacional considera-se consumo elétrico para equipamentos e consumo de gás natural, lenha, GLP e carvão vegetal para as atividades de cocção. Cada fonte de energia possui uma contribuição de CO₂ nos processos de obtenção de energia, cujos valores totais para o setor são: 12709 tCO₂ x 10³ para energia elétrica, 627 tCO₂ x 10³ para o gás natural, 2212 tCO₂ x 10³ para o GLP e 1021 tCO₂ x 10³ para o carvão vegetal. Desta forma, obtêm-se o total de CO₂ emitido pela operação das edificações no Brasil: 18263 tCO₂ x 10³, este valor se contrapõe com o total de 849259,82 tCO₂ x 10³ emitidos pela construção e manutenção das edificações, conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5: Distribuição do consumo energético e emissão de CO₂ ao longo do ciclo de vida das edificações residenciais.

	Discriminação de etapas	Consumo total no Brasil	Referência	Total de Emissão de CO ₂	Referência
Construção	Fabricação de materiais para a construção de novas edificações residenciais no Brasil considerando o transporte e desperdício de materiais	4,41 x 10 ⁸ GJ		36.659,99 tCO ₂ x 10 ³	
	Consumo total de reposição para edificações existentes	1,35 x 10 ⁸ GJ		257,96 tCO ₂ x 10 ³	
Operação	Consumo elétrico e emissão CO ₂ na etapa operacional por edificações residenciais brasileiras	4,32 GJ x 10 ⁸	BEN 2013	12.709 tCO ₂ x 10 ³	MONICH 2012
	Consumo e emissão CO ₂ para cocção consumida operacionalmente por edificações residenciais brasileiras	Gás Natural 0,12 GJ x 10 ⁸	BEN 2013	627 tCO ₂ x 10 ³	IPCC 2006
		Lenha 2,70 GJ x 10 ⁸	BEN 2013	2.212 tCO ₂ x 10 ³	BEN 2013
		GLP 2,67 GJ x 10 ⁸	BEN 2013	16.994 tCO ₂ x 10 ³	IPCC 2006
		Carvão Vegetal 0,20 GJ x 10 ⁸	BEN 2013	1.021 tCO ₂ x 10 ³	BEN 2013
	Total de energia consumida e CO ₂ operacional emitido por edificações residenciais brasileiras (exceto reposição)	10,01 GJ x 10 ⁸		33.563 tCO ₂ x 10 ³	
	Total de energia consumida e CO ₂ emitido por edificações residenciais brasileiras	15,7 GJ x 10 ⁸		70.222,99 tCO ₂ x 10 ³	

4 CONCLUSÕES

Os resultados enfatizam que a energia embutida é significativa no ciclo de vida das edificações, não apenas na projeção de 50 anos, mas também no ciclo de um ano, pois representa 0,58 da energia operacional. Porém, quanto às emissões de CO₂, na avaliação de um ano, se emite mais CO₂ para construir novas edificações, e manter as existentes, do que para realizar a operação de todas deste setor.

Assim, a emissão de CO₂ se apresenta extremamente relevante na etapa pré-operacional e de manutenção. No caso do Brasil a relação da emissão de CO₂ nas etapas pré-operacionais e operacionais é oposta à maioria dos países europeus de clima frio, onde a operação consome a maior parte de energia e emite maior quantidade de CO₂ devido à necessidade de atender a padrões de conforto ambiental. Também é importante destacar que o Brasil possui 76,9% da oferta de energia elétrica por geração hidráulica (BEN, 2012), diferente da maioria dos países, que não possuem fontes de energia limpa na maior parte da matriz energética. Outra especificidade do setor da construção civil no Brasil é em relação às técnicas construtivas, as quais empregam uma grande quantidade de cimento em sua produção. Por este motivo, a energia embutida inicial e de manutenção possuem valores bastante elevados em comparação a outros países.

Considera-se ainda que estes resultados não levam em conta, por indisponibilidade de dados nacionais, a energia e CO₂ embutidos em mobiliários e equipamentos nas edificações, o que é um padrão internacional para este tipo de análise de impactos ambientais associados. Sugere-se, desta forma, a continuidade das pesquisas sobre o ciclo de vida energético das edificações, com uma abordagem mais ampla do ciclo e melhor conhecimento dos insumos energéticos dos principais setores, ligados diretamente e indiretamente à construção civil; a concepção de alternativas para os sistemas construtivos tradicionais sob a ótica da energia e CO₂ embutidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2005. NBR 12721: Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio – Procedimentos. Rio de Janeiro.

Brasil, Ministério de Minas e Energia. 2006. Estimativas anuais de emissões de gases do efeito estufa no Brasil. Brasília.

Brasil, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. 2013. Produção Mensal de Cimento – por UF, Grande Regiões e Totais Brasil. Brasília.

Brasil, Ministério de Minas e Energia. 2013. Balanço Energético Nacional. Brasília

Bribián, I. Z.; Capilla, A. V.; Usón A. 2011. A life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46: 1133-1140.

Graf, Helena Fernanda; Tavares, Sergio Fernando. 2010. Energia Incorporada dos Materiais de uma Edificação Padrão Brasileira Residencial. Curitiba: Universidade Tecnológica do Paraná.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. PNAD, Pesquisa Nacional por Domicílios: Síntese de Indicadores 2012. Rio de Janeiro.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. IPCC - Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva.

Paulsen, J. S.; Sposto, R.M. 2013. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”. *Energy and Buildings*, 57: 95-102.

Procel, Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. 2007. SINPHA - Sistema de Informação de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos. Brasília.

Stern, N. 2006. Review on the Economics of Climate Changes: The Stern review. Cambridge: Cambridge University Press.

Tavares, S. F. 2006. Metodologia de análise do ciclo de vida energética de edificações residenciais brasileiras. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Monich, C. R. 2012. Avaliação ambiental de uma habitação de interesse social pré-fabricada em madeira no sistema *wood frame* no estado do Paraná. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

Aplicação de critérios sustentáveis em uma obra pública do Nordeste do Brasil

Geórgia Morais Jereissati

Federal University of Ceara, UFC-INFRA, Fortaleza, Ceara, Brasil

georgiamorais1@gmail.com

Maria Letícia Correia Lima Beinichis

Federal University of Ceara, UFC-INFRA, Fortaleza, Ceara, Brasil

leticiebeinichis@uol.com.br

Alexandre Araújo Bertini

Federal University of Ceara, Department of Civil Construction, Fortaleza, Ceara, Brasil

alexandre.bertini@gmail.com

ABSTRACT: The Construction industry is responsible for the use of most natural resources of the planet, but has been investing to consolidate the culture of loss reduction, waste reuse, use of sustainable materials/techniques. The Government, the largest contractor in Brazil, has stimulated the use of these by means of standards, however, became limited due to the Brazilian Law, which restricts their purchase and use. This paper aims to establish guidelines for the use of sustainable materials and techniques to be incorporated into public constructions in Brazil. A Federal University of Ceara project was chosen, studied technologies and sustainable materials available and chosen materials viable both economically and technically. It can be concluded that with its use does not reach 10% increase in the value of the work and that the investment is paid in a few years, in addition to stimulating actions that involve the rational use of natural resources.

Keywords: Bidding, sustainability, public constructions, materials.

RESUMO: A Construção Civil é responsável pela utilização da maioria dos recursos naturais do planeta, porém vem investindo para consolidar a cultura da diminuição das perdas, reutilização de resíduos, utilização de materiais e técnicas sustentáveis. O Governo, maior contratante no Brasil, tem estimulado a utilização destes por meio de normas, porém, tornou-se limitada em virtude da Lei das Licitações Públicas, que restringe sua compra e uso. Este trabalho objetiva estabelecer diretrizes para a utilização de materiais e técnicas sustentáveis a serem incorporados aos projetos de obras públicas no Brasil. Foi escolhido um projeto da Universidade Federal do Ceará, estudadas as tecnologias e materiais sustentáveis disponíveis e escolhidos os materiais viáveis tanto economicamente quanto tecnicamente. Conclui-se que com seu uso não chega a 10% de acréscimo no valor da obra e que o investimento é pago em poucos anos, além de estimular ações que impliquem no uso racional dos recursos naturais.

Palavras-chave: Licitação, sustentabilidade, obras públicas, materiais.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da Construção Civil é responsável pela utilização de grande parte dos recursos naturais do planeta, porém um número cada vez maior de empresas vem investindo para consolidar a cultura de diminuição das perdas, reciclagem, reutilização de resíduos, além da utilização de novos materiais e técnicas alternativas, que trazem em sua raiz a aplicação do conceito de sustentabilidade.

O Governo Federal, o maior contratante no Brasil, tem estimulado os contratados à utilizarem essas técnicas e materiais por meio da publicação da Instrução Normativa (IN) 01/2010 do Ministério do Planejamento e Orçamento – MPOG. Essa ação, entretanto, tornou-se limitada em virtude da Lei das Licitações Públicas 8.666/93, que não torna totalmente possível a compra e uso de materiais sustentáveis.

Dentro desse contexto, o presente trabalho, resultado da dissertação de Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, objetiva estabelecer diretrizes para a utilização de materiais e técnicas sustentáveis a serem incorporados aos projetos e editais de licitação regidos pela lei 8.666/93.

Foram estudadas as tecnologias e materiais sustentáveis disponíveis no mercado e escolhidos os viáveis sob o ponto de vista econômico e técnico, que poderiam ser utilizados em obras públicas. Como objeto de estudo escolheu-se uma obra na Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, em Fortaleza, Ceará, onde as técnicas e materiais identificados inicialmente foram testados e verificados quanto à sua viabilidade e então elaborado um manual com diretrizes para projetos e execução de obras no âmbito público.

A partir do estudo identificou-se que a utilização de técnicas simples e materiais de fácil acesso, ambos com aplicação sustentável, provocaram cerca de 10% de acréscimo no valor da obra, porém, esse custo inicial mais elevado mostrou-se que tem retorno em médio e longo prazo, em redução de manutenção e durabilidade da obra, gerando economia financeira para o Governo Federal, além de instigar ações que impliquem no uso racional dos recursos naturais.

2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo geral elaborar um manual com diretrizes para que os projetos e execução de obras e serviços da Universidade Federal do Ceará se tornem verdes, sob o ponto de vista do uso de materiais e técnicas sustentáveis, sob a luz da Instrução Normativa 01/2010 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão e da Lei 8.666/93.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sustentabilidade

Reconhece-se que uma consciência ecológica mundial acha-se urgentemente necessária para o equilíbrio do planeta. A definição de sustentabilidade mais aceita, inclusive por Sattler (2008) é a de “Aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” da Comissão de Brundtland (Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento) no relatório de Brundtland, também chamado de Nosso Futuro Comum (elaborado em 1987). Neste relatório estão definidos quatro princípios básicos para que um empreendimento seja dito como sustentável, são eles: ser ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito (NU, 1987).

Esse entrelace da sociedade contemporânea convencionou-se chamar de “tríplice abordagem” ou “abordagem dos três pilares” (figura 1), em que a abordagem enfoca os aspectos sociais, econômicos e ambientais que devem coexistir em equilíbrio.



Figura 1—Os três pilares da sustentabilidade. (Fonte: autor, adaptado de Cardoso, 2007)

A ideia principal do desenvolvimento sustentável é assegurar uma vida digna, não impedindo o crescimento econômico, mas sim a utilização racional dos recursos naturais, bem como, adoção de instrumentos preventivos que impeçam e/ou minimizem a degradação do meio ambiente. Em suma, crescer economicamente, porém com a conjugação de fatores que viabilizem o desenvolvimento sustentável.

Aplicando-se esse conceito na construção civil, segundo Da Silva (2013) tem-se que uma construção sustentável é feita para durar, gerando economia de dinheiro tanto durante a construção quanto na operação do empreendimento. Também deve ser capaz de:

- fornecer um ambiente mais confortável e saudável ao usuário;
- promover uma gestão sustentável da implantação da obra e da edificação em seu uso, por meio da incorporação de tecnologias de eficiência energética e do uso da água, possibilitando assim uma redução no consumo na implantação da obra e ao longo de sua vida útil;
- trabalhar com matérias primas ecoeficientes e buscando a eliminação ou diminuição dos resíduos e da contaminação da construção no meio em que está inserida;
- Introduzir tecnologias de energia renovável, aprimorando a qualidade do ar interno, a satisfação e conforto dos ocupantes;
- ser de fácil preservação e proporcionando o máximo reaproveitamento de resíduos em casos de demolição.

3.2 Certificação Para Edificações

Para Viggiano (2010), a certificação é uma avaliação da qualidade dos produtos e sistemas da edificação, baseada em critérios preestabelecidos, feita por uma certificadora de processos e produtos com capacidade, conhecimento e estrutura para avaliar a multidisciplinaridade das partes integradas ao todo do projeto sustentável.

A certificação entra no tema de sustentabilidade como um reconhecimento de um trabalho desenvolvido, sem, no entanto, ser sua representação fiel. Um motivo para esta dicotomia é a não existência de processo adequado às condições regionais culturais, econômicas e físicas que permitam uma real avaliação do resultado obtido pelo esforço de se tornar uma edificação mais sustentável. Os critérios de certificação, portanto, devem ser utilizados como referências auxiliares, mas não determinantes na escolha de materiais e sistemas construtivos. (Asbea, 2007)

As certificações mais conhecidas e utilizadas na construção civil são, no âmbito internacional, Certificação BREEAM (BRE Environmental Assessment Method); Certificação internacional de empreendimentos sustentáveis LEED™ (Leadership in Energy and Environmental Design), Certificação Alta Qualidade Ambiental (AQUA), e as certificações nacionais PROCEL EDIFICA (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, do Governo Federal) e o Selo Caixa Azul.

3.3 Leis e Normativos Aplicados às Obras Públicas

De acordo com Santos et al (2002) no modelo brasileiro de administração pública tradicional o processo licitatório é o precedente indispensável para a contratação de obras e serviços de engenharia. Tudo deve ser regido à luz da Lei 8.666/93, que estabelece todas as normas e procedimentos a serem seguidos nas contratações públicas, mas não se restringe apenas esta. A figura 2 elenca as leis e normas aplicáveis às obras públicas, que devem ser rigorosamente seguidas pelos agentes da Administração Pública.

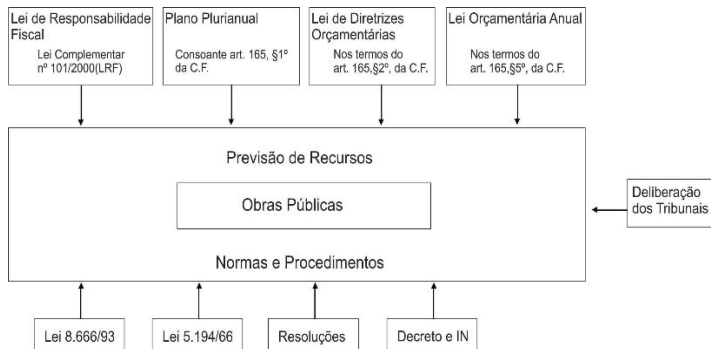


Figura 2– Conjunto normativo aplicado à licitação e contratação de obra pública. (Fonte: adaptado de Altounian, 2010)

Em janeiro de 2010, foi editada a Instrução Normativa (IN) 01/2010, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MPOG, possibilitando que critérios “verdes” sejam incluídos nas licitações públicas. Esta norma dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica, onde se encontra a UFC, fundacional e, dentre outras, determina que as especificações e demais exigências do projeto básico ou executivo, para contratação de obras e serviços de engenharia, devem ser elaborados, visando a economia da manutenção e operacionalização da edificação, a redução do consumo de energia e água, bem como a utilização de tecnologias e materiais que reduzem o impacto ambiental.

Com esta Instrução foram regulamentadas as regras que autorizam as licitações a optarem por produtos menos agressivos ao meio ambiente, independente do fator preço. A nova norma também exige que em obras públicas sejam utilizados materiais reciclados e com menor necessidade de manutenção e adotados sistemas de reuso de água e energia e captação energia solar.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa seguirá o método qualitativo com procedimentos narrativos, com teorias embasadas na realidade, e por fim apresentará um estudo de caso, visando atingir os seguintes objetivos da pesquisa:

- avaliar os materiais e técnicas sustentáveis que podem ser utilizadas nas obras do setor público;
- utilizar todos os procedimentos escolhidos no projeto de uma obra da Universidade Federal do Ceará.

A primeira etapa da pesquisa se caracterizou como exploratória e em sua etapa inicial, como bibliográfica.

Quanto aos procedimentos de coleta, foi realizada uma pesquisa de campo e depois foi feito um estudo de caso com objetivo de colaborar na tomada de decisões sobre o problema estudado, indicando as possibilidades para sua modificação.

O delineamento da pesquisa foi feito conforme ilustrado na figura 3 a seguir:

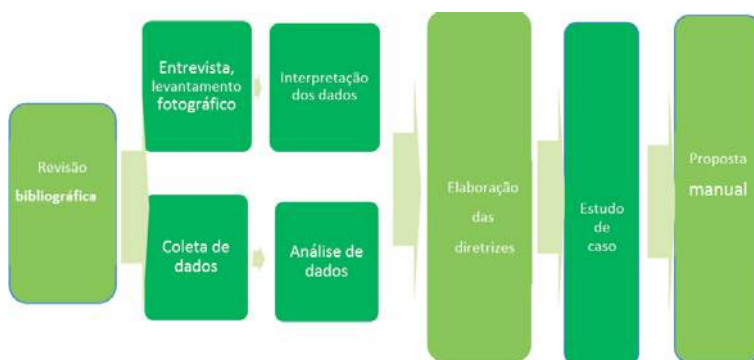


Figura 3—Delineamento da pesquisa. (Fonte: autor, 2014)

Segundo os procedimentos metodológicos identificados utilizou-se quatro métodos, conforme descreve Silverman (2009): observação, análise de textos e documentos, entrevistas e gravações em áudio. Estes métodos foram combinados, pois após a realização das visitas foi elaborado o projeto final objeto do estudo de caso do trabalho.

Foram utilizadas fontes primárias (compilados na ocasião pelos autores) e secundárias (transcritos de fontes primárias contemporâneas).

Após a análise das entrevistas e do estudo de todo o referencial teórico foi escolhido um projeto da UFC, juntamente com uma arquiteta da COP/UFC, para ser o estudo de caso, em que foram determinadas algumas diretrizes para serem aplicadas neste. De posse do projeto, analisou-se este e, uma a uma, foram vistas as diretrizes que cabiam para ser utilizadas no mesmo.

Depois de selecionadas as diretrizes, sugeriu-se as mudanças no projeto original, sendo estas avaliadas pela arquiteta responsável pelo projeto da COP/UFC, que realizou as mudanças sugeridas e concluiu o projeto final.

Após sua conclusão, foram elaborados os orçamentos dos custos dos projetos, tanto para o primeiro, sem as alterações, quanto para o segundo, que foi licitado.

Estes orçamentos foram elaborados para que o pesquisador confirmasse se o aumento no valor da obra variava conforme a pesquisa demonstrava, ou seja, de 10 a 20% a mais do que o valor inicial.

5 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

As entrevistas foram realizadas com a finalidade de observar quais os materiais e técnicas sustentáveis que estão sendo utilizadas no Brasil, e como se daria sua aplicação.

As entrevistas foram realizadas em três Órgãos Públicos brasileiros: Senado Federal, Câmara dos Deputados e Ministério do Meio Ambiente, todos estes situados na cidade de Brasília (DF), Brasil.

Após as visitas aos Órgãos Públicos entrevistou-se duas empresas privadas que executam projetos que possuem materiais e/ou técnicas sustentáveis. A primeira visava a certificação e a segunda apenas a utilização desses materiais e/ou técnicas.

A utilização do Campus pode ser indicada como um laboratório experimental e como modelo de desenvolvimento sustentável para as comunidades exteriores ao campus, servindo assim de exemplo de boas práticas e comportamentos ambientais a serem seguidos. Além disso, é possível arquitetar e realizar um espaço apropriado à construção do conhecimento, para o fortalecimento das relações interpessoais, tornando-se um centro de referência para uma nova relação da sociedade com o meio ambiente (Lahaise; Pozzebon, 2010).

Foi escolhido, juntamente com um arquiteto da Coordenadoria de Obras e Projetos – COP/UFC, o prédio do novo laboratório eletrotécnica, do curso de engenharia elétrica, localizado no Campus do Pici, para ser o estudo de caso desta pesquisa.

5.1 Caracterização da Edificação

O anteprojeto apresentado pela COP/UFC para pesquisa era composto por uma sala, sem divisões internas, que servirá como laboratório, com área aproximada de 98,71 m², com pé direito de 3,03m, possui 8 janelas tipo basculante de alumínio e vidro com dimensões de (2,40 x 0,80)m em suas laterais com altura de peitoril de 1,70m. A entrada da edificação se dava por uma porta, tipo alumínio e vidro, com dimensões de (1,40 x 2,76)m, na fachada Sudeste. Os revestimentos internos foram especificados como segue: piso interno industrial de alta resistência em placas de 50x50cm, cor natural, com junta plástica de 5mm branca, esp. 8mm.

5.2 Diretrizes Sugeridas no Projeto

Holanda (2010) sugere que as edificações a serem construídas no Nordeste do Brasil evitem volumes puros e insolados e que sejam exploradas a longa projeção, a fachada sombreada e aberta de forma a surgirem lugares abrigáveis, donde se possa participar do desenrolar dos dias e das noites, animados pela luz, pelos ventos e pelas chuvas. Por isso sugeriu-se a utilização de marquises em todo o perímetro da edificação, como também a colocação de brises horizontais nas fachadas noroeste e sudoeste em que a insolação é mais forte, para que, quando desejado pelos usuários, as esquadrias possam permanecer abertas, com a utilização da ventilação natural, mesmo durante chuvas pesadas, enquanto que a fachada nordeste, fracamente insolada, fica com a porta de acesso, mesmo assim, o vidro utilizado nesta foi o fumê.

O mesmo autor também recomenda que sejam combinadas as paredes compactas com os panos vazados para que sejam filtradas a luz e a brisa possa penetrar, com a utilização do cobogó, frequentemente usado nas construções modestas do Nordeste, que é um elemento simples, leve, resistente, econômico, sem exigências de manutenção e com alto grau de padronização dimensional. Foi recomendado a utilização do cobogó na delimitação do jardim com as áreas externas.

Para Viggiano (2010) a manutenção de um ambiente confortável mediante controle efetivo do calor e da ventilação (climatização natural) é a condição fundamental para se ter um edifício eficiente em termos de seu consumo de energia. Isso ocorre principalmente devido à economia proporcionada pela diminuição do uso de equipamentos de climatização energeticamente dispendiosos.

A definição das diretrizes utilizadas no projeto, objeto de estudo do manual, foi também baseada na eficiência energética das edificações, conseguida a partir de ações de projeto como:

- Correta orientação da edificação, definição da forma da construção, localização e tamanho das aberturas e disposição correta dos dispositivos de sombreamento (Lamberts; Dutra; Pereira, 2004);
- Correta especificação de materiais de construção que induzam a um reduzido ganho térmico e consequentemente à manutenção do conforto térmico com o mínimo de consumo de energia.

Torna-se imprescindível para que a meta da sustentabilidade seja alcançada, que os profissionais responsáveis pelos projetos complementares sejam consultados durante o processo de criação, e não somente após a conclusão do projeto executivo, como habitualmente acontece (Deeke; Casagrande Jr.; Da Silva, 2008).

Partindo do exposto, após a análise detalhada do projeto, juntamente com o arquiteto responsável, foram propostas melhorias, tendo em vista a sustentabilidade, a seguir:

- substituição da telha ondulada de fibrocimento por telha termoacústica, tipo sanduíche, pré-pintada de branco em sua face externa;
- criação de um colchão de ar com a colocação de laje pré-fabricada em todo o laboratório;
- inclusão de marquises nas laterais do prédio, acima dos brises, com o intuito de proteger à radiação solar diretamente na janela, além de utilizados brises metálicos fixos, por serem de custo mais baixo;
- criação de um bicicletário, tendo em vista que não existe nenhum em todo o campus do Pici;
- inclusão de um jardim adjacente à sala do laboratório;
- implantação do projeto mantendo o desnível original do terreno;
- substituição das lâmpadas fluorescentes comuns por lâmpadas T5;
- junção do comando da carreira de luminárias próxima da janela em uma mesma seção do circuito, para que possam ser apagadas e utilizadas, quando possível, a luz natural.

Com estas medidas, buscou-se melhorar a qualidade do ar interior e exterior, com a combinação edificação, vegetação e paisagismo.

6 RESULTADO DA PESQUISA

Após a finalização do projeto executivo da obra em questão, foi elaborado o orçamento descritivo da obra, a partir dos projetos executivos, especificações de materiais e serviços e memoriais fornecidos pela COP/UFC.

Tabela 1 – Orçamento sintético comparativo do estudo de caso. (Fonte: autor, 2014)

Item	Descrição do Serviço	Valor 1º projeto (R\$)	Valor projeto final (R\$)
01	Serviços e despesas preliminares	800,00	800,00
02	Implantação e administração da obra	17.073,79	14.897,70
03	Movimento de terra	2.013,60	2.093,73
04	Fundações	19.088,22	19.088,22
05	Estrutura	6.923,92	14.167,22
06	Paredes e painéis	7.336,20	7.336,20
07	Cobertura	9.073,42	15.385,48
08	Impermeabilização	2.824,86	4.280,08
09	Pavimentação	10.935,67	12.447,01
10	Revestimento	6.799,79	6.799,79
11	Forro	2.862,59	1.019,84
12	Serralharia	8.215,03	8.215,03
13	Vidraçaria	1.369,52	1.700,94
14	Pintura	3.674,55	5.528,90
15	Instalações	21.058,61	21.058,61
16	Serviços complementares	302,22	6.366,90
17	Limpeza e verificação final	102,19	132,83
	TOTAL	120.454,19	141.318,47
	BDI 25%	26.620,38	31.231,38
	TOTAL GERAL	147.074,57	172.549,85

Em seguida a elaboração do orçamento do projeto inicial e do final, com as alterações solicitadas, se pode concluir que o valor da obra é acrescido de 17,32%, conforme tabela 1 abaixo, comprovando o que a literatura e as empresas que já utilizam as práticas sustentáveis dizem que o valor da obra aumenta de 10% a 20% do valor inicialmente previsto.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação de algumas das ações descritas neste trabalho poderá gerar implicações em ganhos ambientais, diminuição do custo operacional, economia de recursos e extensão da vida

útil do edifício. Sua utilização também implica em uma maior conscientização e disciplina dos usuários no sentido de respeito ao meio ambiente e na sua contribuição com as gerações futuras (Asbea, 2007).

A UFC possui mais de 270 imóveis, apenas na capital do estado do Ceará, Fortaleza, que podem ser reformados com a utilização de *retrofit*, por isso se torna indispensável esta padronização.

A admissão de critérios ambientais às contratações públicas tem potencial para fazer com que o Estado participe do mercado tanto como consumidor como regulador, valendo-se de todo o seu poder de compra como instrumento de justiça social e ambiental, atuando com os princípios primários do Estado, além dos que melhoram a imagem da autoridade pública, pois transmitem responsabilidade a seus cidadãos, demonstrando-se que seus líderes são ambiental, social e economicamente eficientes.

Não se pode obscurecer que está em andamento um processo de mudança visando à sustentabilidade, respaldado por valores econômicos, sociais e ambientais e que deve ser de embasamento ao planejamento e às tomadas de decisão. Assim sendo, o processo licitatório deve ser um balaústre para as políticas públicas, ou seja, que num aspecto geral dos objetivos perseguidos pelo Estado, a tomada de decisões de compras públicas deve ser orientada de maneira a aumentar ao máximo os recursos de forma que tanto as áreas meio, como as fim desenvolvam os mesmos objetivos e metas no processo.

REFERÊNCIAS

- Altounian, C. S. 2010. Obras Públicas – Licitação, Contratação, Fiscalização e Utilização. Belo Horizonte: Fórum.
- Associação brasileira de escritórios de arquitetura. Grupo de Trabalho de Sustentabilidade. 2007. Recomendações básicas de sustentabilidade para projetos de arquitetura. São Paulo: CBCS.
- Cardoso, F. 2007. Gestão da Produção na Construção Civil II – Construção Sustentável. Material de docência. São Paulo: Escola Politécnica da USP.
- Deeke, V.; Casagrande Jr., E. F.; Da Silva, M. C. 2009. Edificações sustentáveis em instituições de ensino superior. Curitiba. Universidade Federal Tecnológica do Paraná.
- Da Silva, J. V. 2013. Edificações Sustentáveis: Investigação sobre a aplicação do Sistema de Certificação LEED® a um Edifício em Belo Horizonte, Brasil. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Rio de Janeiro.
- Holanda, A. 2010. Roteiro para construir no Nordeste, arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados – A Guide to Building in Northeast Brazil. Recife: Instituto de Arquitetos do Brasil – PE.
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. 2004. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: Prolivros.
- Lahaise, C.; Pozzebon, M. 2010. Campi sustentáveis. *GV Executive*, v. 9, n. 1, jan./jun: 30-35. Rio de Janeiro
- Nações Unidas, Comissão de Brundtland. 1987. *Relatório de Brundtland*. World in balance.
- Santos, A. L. P.; Giandon, A.; Turra, F. A.; Santos, A. 2002. Crítica ao processo de contratação de obras públicas no Brasil. In: *encontro nacional de tecnologia do ambiente construído*, 9: 693-702. Foz do Iguaçu: ENTAC.
- Silverman, D. 2009. Interpretação de dados qualitativos – Métodos para análise de entrevistas, textos e interações. 3ª ed. Tradução Magda França Lopes. Porto Alegre: Artmed.
- Viggiano, M. H. S. 2010. Reúso das águas cinzas. Brasília: Mundo Futuro.

CHAPTER 10 | CAPÍTULO 10 | CAPÍTULO 10

Assessment tools (life cycle analysis, rating tools and monitoring) for sustainable materials, buildings, neighborhoods and building sector

Ferramentas de avaliação (análise de ciclo de vida, certificação da sustentabilidade e monitorização) para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis

Herramientas de evaluación (análisis del ciclo de vida, certificación de sostenibilidad y monitoreo) para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Practice and knowledge of Flemish architects on sustainable material use

Elke Meex

Hasselt University, Faculty of Architecture and Art, Diepenbeek, Limburg, Belgium
elke.meex@uhasselt.be

Griet Verbeeck

Hasselt University, Faculty of Architecture and Art, Diepenbeek, Limburg, Belgium
griet.verbeeck@uhasselt.be

ABSTRACT: The focus of sustainability in the building sector is gradually shifting towards the environmental impact of building design. A substantial amount of research has already been performed on the assessment of the environmental impact and numerous impact assessment tools have been developed. However, as the architect is usually the key actor in the design process, the assessment of the environmental impact should be adapted to his work method. Up to now, few research concerning the architect's practice and knowledge regarding sustainable material use and the environmental impact of building design has been performed. Therefore, a survey on sustainable material use was conducted in February 2014 among 364 Flemish architects. From this survey it appeared that sustainable material use is not frequently applied in practice and architect's knowledge is rather limited. So there is a clear need to sensitize the architects regarding the importance of the environmental impact of building materials.

Keywords: survey, sustainable materials, environmental impact assessment

1 INTRODUCTION

The last decades the energy performance of building design has been the focus within the field of sustainable building. However, the attention is gradually shifting towards the environmental impact of building design as the construction industry is responsible for over 50% of the raw materials use and for the generation of about 30-40% of the solid wastes (OVAM 2013, European Commission 2014, Buendia & Cuevas s.d.). In building design, the building materials are responsible for a large share of the environmental impact of building design. As the matter is gaining importance in the construction sector, the eventual implementation of the environmental impact in building design is inevitable. However, the assessment of the environmental impact should be embedded in the architect's work method. Therefore, insights in the architect's current knowledge level and awareness are indispensable for future developments in this domain.

2 RESEARCH AIM AND METHODS

The aim of this research, which is part of an ongoing doctorate, is to gain insights in the architect's attitude, awareness and knowledge level regarding sustainable material use and environmental impact assessment (methods). This need for insights was already expressed by Haapio & Viitaniemi (2008). However, few research up till now provides these indispensable insights. Therefore, a large-scale survey into the sustainable material use in design practice and LCA-based environmental impact assessment (tools) was conducted among 364 architects in Flanders, Belgium in February 2014.

Prior to conducting the survey, a literature review into existing survey material regarding sustainability in the construction sector, and more specifically environmental impact in building design, was performed. As none of the existing surveys fit the scope of this research, a new self-administered survey was drafted. However, some questions are (partially) based on Arup & World Business Council for Sustainable Development (2012), Klingele et al. (2007), Tritthart et al. (2010) and Weytjens (2013).

The survey was structured in five parts, being general background knowledge of the architects questioned, sustainability in building design, material choice in building design, life cycle assessment in building design and tool development. It was conducted during four information sessions on new legislation for sustainable energy, more specifically on how to implement the obligation to integrate renewable energy in building design, organized by the Flemish Architects Organization (nav).

The survey was originally developed to gather a handwritten response. However, an online identical version was also provided from the second session on, as numerous participants asked for it.

The data-analysis is performed in Microsoft Excel and SPSS Statistics 22.

3 RESULTS

3.1 Representativeness of the sample

At the end of the information sessions, 354 surveys were returned. The almost completely empty ones (8) and the copies filled in by non-architects (4) were omitted, leaving a response of 342 surveys. In an attempt to extend the sample, five bachelor students in architecture were assigned to collect additional surveys. This took place in the context of an assignment for a bachelor course on research methodologies. This way, an additional 25 surveys were collected (13 handwritten and 9 online), 22 of them were usable in the context of the further research, 2 were left out due to non-reliability and 1 was left out because the person questioned was no architect.

So, in total 732 surveys were distributed and 364 usable surveys were collected, which corresponds to a response rate of about 50%. The sample size covers approx. 5% of the total population of Flemish architects, being 7714 according to the Flemish Council of Architects. Both the age (Table 1) and gender (Table 2) distribution of the sample resemble the population distribution according to the data of the Flemish Council of Architects (Orde Van Architecten - Vlaamse Raad 2014).

Table 1. Age distribution of the sample and the total population.

	Sample	Total population
	%	%
20-29	26	22
30-39	29	29
40-49	17	20
50-59	21	19
60-69	7	8
70-79	0	1
80-89	0	0

Table 2. Gender distribution of the sample and the total population.

	Sample	Total population
	%	%
Male	64	68
Female	36	32

3.2 Sustainability in building design

First, architects were asked about their general concern with sustainability in building design. As Figure 1 shows, about 67% of the architects questioned indicated to be concerned with sustainability in their architectural design practice, whereas 30% claimed not to be concerned with sustainability and 3% could not decide between yes and no and chose to answer with both options, which was converted to the “sometimes” option. However, the term “sustainability” was in this question not further specified, so the interpretation was left to the architect’s opinion.

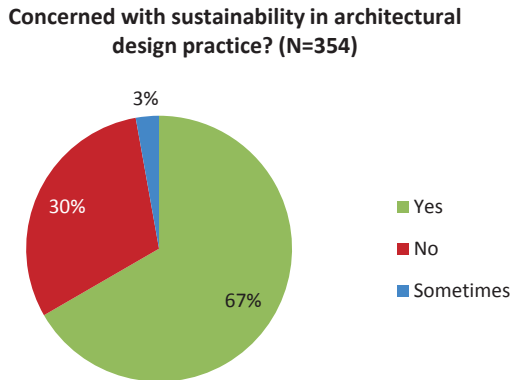


Figure 1. The percentage of participants concerned (or not) with sustainability in their design practice

By analyzing these data, it appears that two third of the architects consider themselves concerned with the level of sustainability of the buildings. To further investigate to what extent they are concerned with sustainability, a list of options was presented and architects could select all options that were applicable to their situation (Fig. 2). Most architects claim to be actively occupied with it. The second most common answer is that they do it on clients demand, which means that apparently a number of clients are asking for this kind of service. This tendency was also found in the article “The growing willingness in Europe to invest in sustainable materials” (Ruseva 2011) for some neighboring countries. In third position is the fact that they discuss it within the architectural office. The “others” option consists mainly of sustainable concepts, attending courses and information sessions, consider sustainable materials, pay attention to the choice of insulation material,

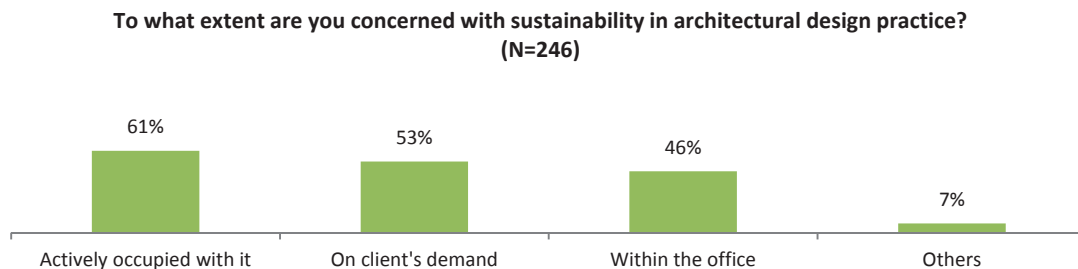


Figure 2. Indication to what extent the architects are concerned with sustainability in design practice

The architects who claimed not to be concerned with sustainability in design practice were asked to specify why not. They were allowed to select more than one reason. The results of this subquestion are shown in Figure 3.

If you are not concerned with sustainability in architectural design practice, why not?
(N=116)

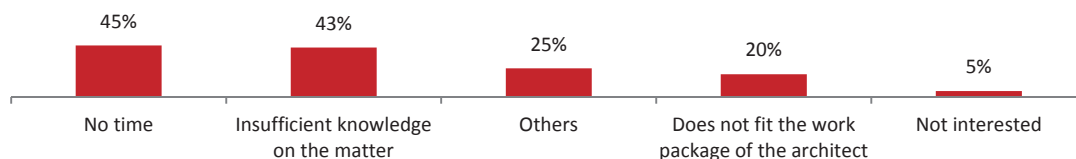


Figure 3. Indication why the architects are not concerned with sustainability in design practice

Main reasons for architects not to be concerned with sustainability in their design projects are the fact that they do not have the time (45%) or the right knowledge on the matter (43%). Next reason, being the “others” option (25%), mainly relates to the fact that there is no interest or demand coming from the client regarding the matter and the fact that the client’s budget is often insufficient. Next in line is the option “does not fit the work package of the architect” (20%). The option “not interested” was only selected by a limited number of architects (5%), meaning that most architects themselves appear to be interested in the matter of sustainability. The suggestions under the “other” option do indicate that there is still room for improvement on the work load that comes with it (which relates to the time aspect). Also architects should be better informed on sustainability, as they indicate their knowledge on the matter is insufficient. An important conclusion is that clients should be made aware of the importance of sustainable building for future generations, as they are in control of the budget of the building project and decisions often relay on the accompanying cost. Furthermore, they can be the driving force for architects to pay attention to this aspect (Fig. 2).

In the next question, architects were asked how they stay informed on sustainable developments (Figure 4). A distinction is made between the architects who indicated to be concerned with sustainability, those who indicated not to be concerned with it and those who selected both options (converted into “sometimes”). Most Flemish architects (approx. 90%) try to stay informed on sustainable developments by means of practical sessions such as courses, education, About 68% of the Flemish architects (mostly those concerned with sustainability) stay informed by reading books, journals, Only 6% of the architects (mostly architects concerned with sustainability) try to stay informed in other ways such as discussions with the EPB reporter and technical engineer, the internet, About 4% of the Flemish architects (mostly architects who are not concerned with sustainability) are not specifically concerned with staying informed on sustainable developments. This shows again that most architects are interested in the matter regarding sustainability, as most of them try to stay informed on sustainable developments.

How do you stay informed on sustainable developments?

(N=354)

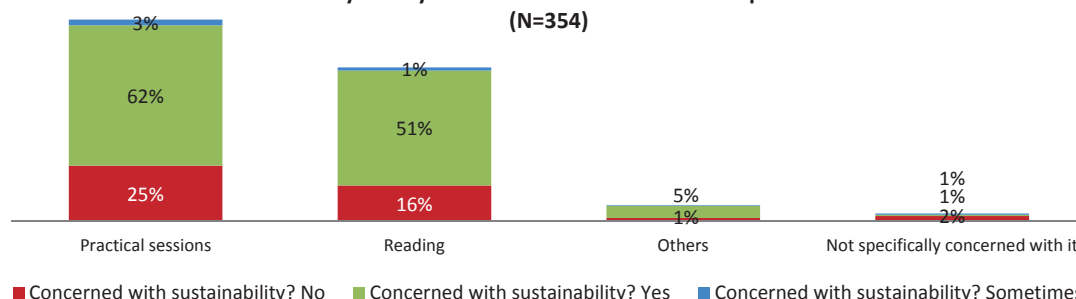


Figure 4. Relation between the question “concerned with sustainability” and “How do you stay informed on sustainable developments?”

In the next question, some additional insights in the architects interpretation of the term “sustainability” are gained, by asking participants to mark the sustainability aspects they consider in their architectural design practice. The results are shown in Figure 5.

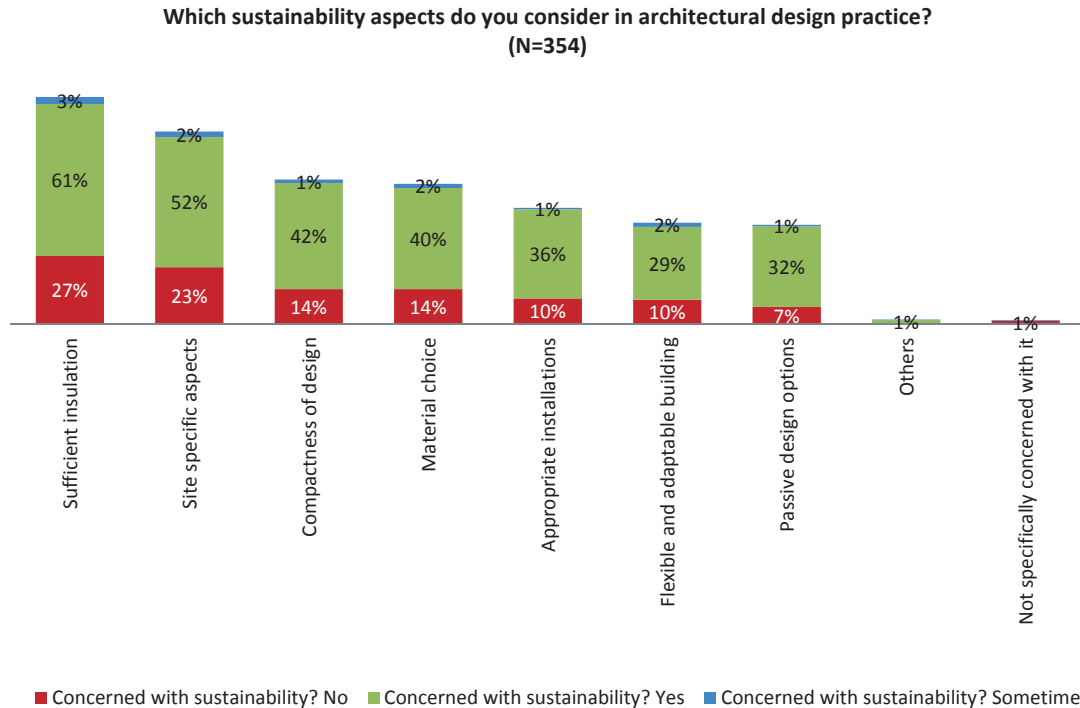


Figure 5. Relation between the question “concerned with sustainability” and “which sustainability aspects do you concern in your architectural design practice?”

As can be derived from this figure, the first two options are considered by the major part of the architects questioned, both by those who are and those who are not concerned with sustainability in their architectural design practice. Therefore, these two aspects show no significant link between their “concern with sustainability” and the “sustainable aspects considered”. For the remaining aspects, there appears to be a significant link between both questions: from the participants who indicated to be concerned with sustainability, the majority selected a number of these sustainability aspects, whereas the share of people who indicated not to be concerned with sustainability in their architectural design practice did not select these answers as often (less than half of them). The architects who are sometimes concerned with sustainability all selected the “sufficient insulation” option, for the other options their share differs. If we look at the participants who suggested other aspects, it stands out that all of them are participants who indicated to be concerned with sustainability, whereas the participants who marked the option “not specifically concerned with it” are all participants who are also not concerned with sustainability in their architectural design practice.

If we look at the deeper meaning of these aspects, it appears that most sustainable aspects which are considered relate to the energy performance of the building design (such as insulation, site-specific aspects, compactness, ...). The material choice is considered by 56% of these participants and is on the fourth place in the list. As the focus of the survey was on the environmental impact of building design and as a high proportion of this impact comes from the building materials used, the architect’s awareness and knowledge level regarding the importance of these aspects is discussed in the following paragraphs.

3.3 Sustainability of material choices in building design

First of all, the basis for material choice in building design is investigated. The participants were asked to select all relevant options which they use as a basis for decision making regarding the building materials used in building design. The results are shown in Figure 6.

On what basis are decisions concerning material choice usually made?
(N=355)

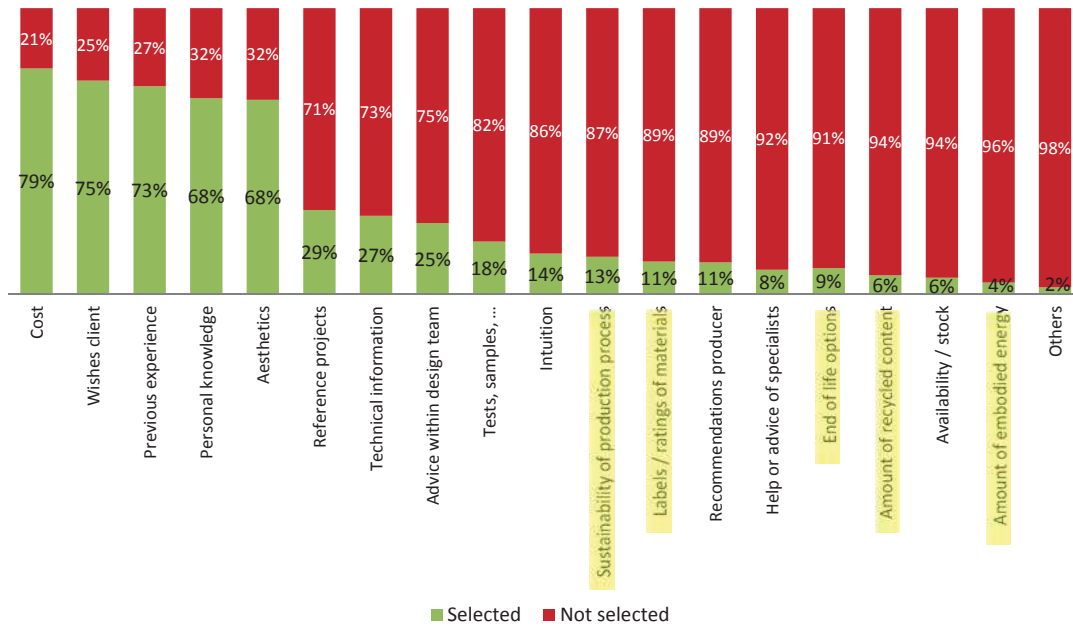


Figure 6. Basis for decision making regarding the material use in building design.

Figure 6 shows that cost, client’s wishes, previous experience, personal knowledge and aesthetics are most frequently used as a basis for decisions concerning material use (in approx. 70-80% of the cases). Then there is a large gap between these five aspects and the following three aspects, being reference projects, technical information and advice within the design team (all between 25 and 30%). The remaining 11 criteria are only considered by 2-18% of the participants. Only one participant selected all options at the same time. For the “others” option, labels such as the cradle-to-cradle principle, ATG/BENOR label and the use of the NIBE classification were mentioned.

The criteria marked in yellow relate to the environmental impact of building materials and as can be concluded from this graph, these aspects are only rarely considered by architects as a basis for decision making.

In addition, the participants were asked to indicate the three most important actors regarding the material choice in building design. The outcome was 94% for the architect, 90% for the client and percentages between 2 and 19% for the local government, the contractor, the structural engineer, the project manager, etc. So it becomes clear that the (sustainable) material choice is mostly a shared responsibility between the architect and the client.

As some architects added labels as a basis for material choice in the design process, the value of these labels is explored in the next question “does a label help in sustainable material choice?”. The results are shown in Figure 7.

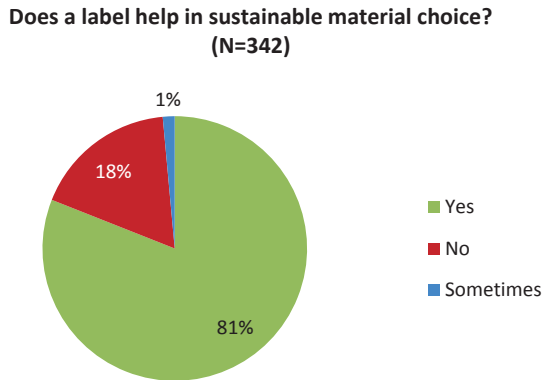


Figure 7. Does a label help in sustainable material choice?

According to 81% of the participants, a label can help in choosing sustainable materials. Only 18% claims that a label does not help and about 1% could not choose between yes and no and checked both boxes, meaning that it helps in certain situations or that they have doubts.

Those who selected that a label helps in making sustainable material choice (N=278) were asked to specify their choice. From this group, 83% indicated that a label could help for structural or carcass materials (except the stone and granulate materials). Then there is a large gap to 61% who indicated that a sustainability label could help for stone and granulate materials. Next in line are the building elements such as windows and doors, selected by 57% of the participants. 56% could use the help of a sustainability label for building-related technical installation and systems, whereas 54% indicated that a label could help to choose more sustainable finishing materials. For the subsequent aspects, a gradual decrease occurs: the next type of materials for which a label on sustainability could help are the additives, with 41%, and maintenance and cleaning products with 24%. Only 3% of the participants selected the others-option. When they specified their choice, most of them indicated that they want a label for all types of materials, or they claimed that they preferred a label for wood-materials (such as the PEFC label).

For the explanation why a sustainability label does not help (N=61), no argument really stands out. However, three reasons do score better than the others. The main reason not to use labels in sustainable material choice is lack of knowledge on the matter (39%). Next reason is the fact that they do not have faith in the quality of such an assessment, which is indicated by 33% of the participants, followed by the fact that clients are not interested (31%). Then there is a drop in the results: 16% of this group indicated that they do not see an added value in the use of a label and the option that the office is not interested as long as there is no obligation was selected by 15% of the participants. Requires too much effort and time was indicated as a reason by 10% of the architects. The “others” option was also checked by 10% of the participants. Different explanations were given, varying from too commercial, already too many labels on the market, lack of transparency,

As the Environmental Product Declaration (EPD) will become the communication format on the environmental performance of (building) materials (Wagner 2013), the knowledge of the participants regarding this “label” was also investigated using the question “Have you ever heard of an Environmental Product Declaration?”. As the Environmental Product Declaration is calculated by means of the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, a similar question on Life Cycle Assessment was surveyed. In order to analyze whether the architects who have heard of LCA also know EPD and vice versa. The combined results to both questions are shown in Figure 8.

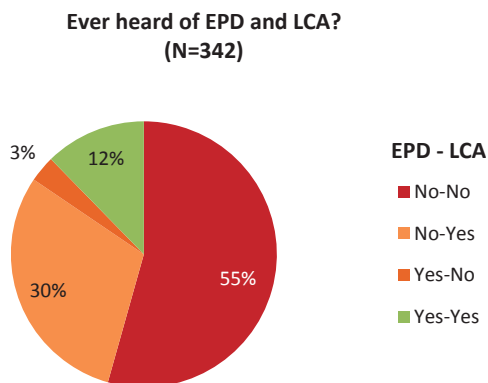


Figure 8. The combined results to the questions “Have you ever heard of an Environmental Product Declaration?” and “Have you ever heard of Life Cycle Assessment?”

As it turns out, most architects questioned (85%) have never heard of an Environmental Product Declaration. Only 15% has ever heard of an EPD, most of them in an additional training (65%), the remaining options were only rarely selected: only 15% has ever heard of it in their architectural education, 11% heard of it in a journal or via other sources (co-worker, lecture, ...) and 9% came across the term on a website. In the architecture office it is only rarely used by the architect himself (2%). Usually it is used by others in the office (7%) or outsourced to specialists (7%).

For the Life Cycle Assessment, 58% of the architects questioned has never heard of LCA, meaning that 42% of them has already heard of it, most of them in a further training course. LCA is not often used in the architectural office, and if it is used, it is usually in a passive way, meaning for consultation of data on a material or a product level or for evaluation of materials. It is only rarely used for the calculation of the environmental impact. This could be due to a lack of appropriate evaluation and calculation instruments on a material, product, element or building level, which would allow the architect himself to perform an environmental impact assessment of a building design.

So 55% of the participants has never heard of EPD nor LCA and only 12% has heard of both. About 30% of the architects has heard of LCA, but has never heard of an EPD. Approximately 3% of the participants has heard of an EPD, but has never heard of the background calculation methodology used in an EPD (being LCA). Since LCA and EPDs are also often used in assessment methods and tools to calculate the environmental impact of building design, it was questioned whether architects are familiar with these type of environmental impact assessment tools and to what extent. This is investigated in the next paragraph.

3.4 Environmental impact assessment tools

In this paragraph, the architects familiarity with some existing environmental impact assessment methods and tools (mostly from Western-European countries and 1 from Australia, being LCADesign) is elaborated. A distinction is made between databases, methods and tools on a material or product level, a building element level and a whole building level. As Figure 9 indicates, the Flemish architects questioned are not that familiar with most of the proposed databases, methods and tools to determine the environmental impact of building materials, building elements or buildings as a whole. The NIBE classification is the most frequently used method on a material or product level (almost half of the participants has heard of it and about one in five has ever used it in their architectural design practice). For the other databases, methods and tools, the usage percentage remains very low (varying from 1 to 3%). No other valuable databases, methods or tools to calculate the environmental impact of materials,

building elements or buildings as a whole were suggested by the participants. The architect's unfamiliarity with these databases, methods and tools indicates that their active concern with the environmental impact of building design is still rather limited.

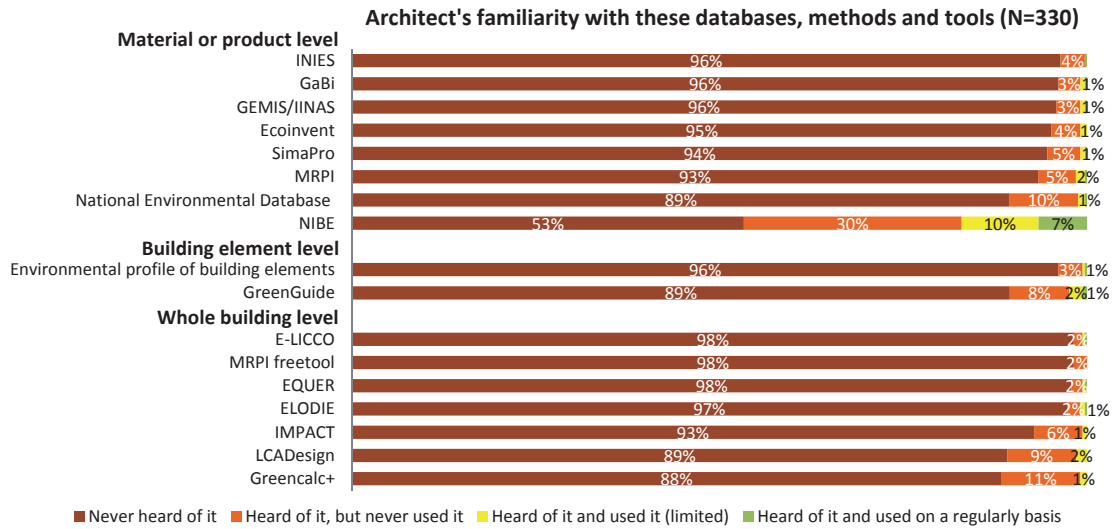


Figure 9. The architect's familiarity with the proposed databases, methods and tools

4 CONCLUSIONS

As the focus of sustainability in the construction industry is gradually shifting towards the environmental impact of building design, this survey tried to get an overview of the architect's awareness and knowledge regarding the growing importance of the environmental impact in building design. As it turned out, most architects consider themselves to be concerned with sustainability in their architectural design practice. However, the aspects which correspond to sustainability are still mostly related to the energy performance of building design. The material choice only comes on fourth place in the ranking of sustainable aspects.

After closer investigation of the drivers behind the material choice, the importance of the role of the client (budget, wishes and aesthetics) and the knowledge of the architect (personal experience and knowledge) came forward. Less than 10% of the architects considers aspects that relate to the environmental impact of building materials. They do claim that a label regarding the sustainability of building materials could help them, even though some of the participants are rather reluctant towards such a label due to insufficient knowledge, no faith in a label or the missing interest of the client regarding sustainable material labels.

In addition, it became clear that the majority of the architects questioned (85%) has never heard of an Environmental Product Declaration (soon to be the most important label to communicate the environmental impact of (building) materials) and that more than half of these participants (58%) has never heard of Life Cycle Assessment, the most frequently used background methodology to calculate the environmental impact. For the databases, methods and tools that use these Environmental Product Declarations or a Life Cycle Assessment Approach, the knowledge level of the Flemish architects is even more limited.

From these results it can be concluded that there is a clear need to sensitize the architects regarding the importance of the matter. In addition, more appropriate calculation methods should be made available for the architects, in order to enable them to perform an environmental impact assessment of their building design themselves.

REFERENCES

Arup, & World Business Council for Sustainable Development 2012. Material Choice for green buildings. United Kingdom and Switzerland: A joint report by Arup and WBCSD.

Buendia, Angel Lopez, & Jose Cuevas s.d. *Raw Materials technology in construction sector*. Paper read at European Innovation Partnership on Raw Materials Conference.

European Commission 2014. *Eurostat: Sustainable development indicators*, [cited April 7 2014]. Available from <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/sdi/indicators>.

Haapio, Appu, & Pertti Viitaniemi 2008. A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review* no. 28 (7):469-482.

Klingele, Martina, Udo Jeske, Döpmeier Clemens, & Helmut Orth 2007. Umweltaspekte und Lebenszyklusdaten in der Gebäudeplanung. Karlsruhe: Institut für Technische Chemie - Institut für Angewandte Informatik.

Orde Van Architecten - Vlaamse Raad 2014. *Statistieken van het ledenbestand van de orde*, [cited July 8 2014]. Available from <http://www.architect.be/orde/statistieken.php>.

OVAM 2013. Materiaalbewust bouwen in kringlopen. Preventieprogramma duurzaam materialenbeheer in de bouwsector 2014-2020 Mechelen: OVAM.

Ruseva, Ralitsa 2014. *Toenemende bereidheid in Europa om in duurzame materialen te investeren*. USP Marketing Consultancy bv, [cited May 7 2014]. Available from <http://www.usp-mc.nl/nieuws/bouw-infra/toenemende-bereidheid-in-europa-om-in-duurzame-mat/>.

Tritthart, Wibke, Ignacio Zabalza, Tove Malmqvist, Bruno Peuportier, Christian Wetzels, Monika Hajpal, Evelina Stoykova, & Guri Krigsvoll 2010. State of the art report - Use of Life cycle assessment Methods and tools. LoRe-LCA.

Wagner, Jennifer. 2013. Environmental Product Declarations. *Concrete Products*, 6-6.

Weytjens, Lieve 2013. *Design support for energy efficiency and summer comfort of dwellings in early design phases: A framework for a design tool adapted to the architects' practice in Flanders*. Doctoral Dissertation, Faculty of architecture and art, Hasselt University (Universiteit Hasselt), Hasselt, Belgium.

Development of a Sustainability Assessment Methodology for Service Buildings in Turkey

Ceren Abacıoğlu

University of Minho, Civil Engineering Department, Guimarães, PORTUGAL
cerenabacioglu@yahoo.com

José Amarílio Barbosa

University of Minho, Civil Engineering Department, Guimarães, PORTUGAL
jabarbosa@civil.uminho.pt

Müjde Altın

Dokuz Eylül University, Faculty of Architecture, Izmir, TURKEY
mujde.altin@deu.edu.tr

Luís Bragança

University of Minho, Civil Engineering Department, Guimarães, PORTUGAL
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: Several rating systems have been created for assessing the sustainable performance of buildings. A few sustainability assessment tools being used in Turkey but none of them is optimized for regional Turkish needs. Consequently, there is a need to develop a methodology for the Turkish context. The objective of this work is to develop a sustainability assessment methodology for service buildings in Turkey. This tool will be based on the generic assessment method SBTool, developed by the International Initiative for a Sustainable Built Environment. It is expected that the assessment methodology for Turkey will customize and modify the generic SBtool parameters that are depending on local conditions. The main steps for the development of the assessment tool includes the definition of the framework, selection of indicators, definition of calculation methods, definition of benchmarks and aggregation method (weighting system). This paper presents the preliminary studies and is based on the analysis of the existing legal requirements and standards in construction sector on Turkish context and the definition of the assessment framework.

Keywords: Sustainability assessment, Turkish context.

1. INTRODUCTION

Our planet has been largely affected by human activities and suffering profound changes in last century. Nowadays, world's natural resources are substantially under the risk of depletion associated with fast increase in consumption, resulting in several environmental, social and economic problems. These problems are fundamentally caused by the combination of population growth, excessive resource consumption and increasing pollution. In accordance with rapid growth of population, natural resources are rapidly running out and the production of energy has a major impact on environment. Excessive consumption and waste production results in pollution and crucial impact on human health and on our ecosystem.

In the context of environmental problems on the planet which is directly affected by human activities, construction sector is the one that has most effect on our planet which is key consumer of natural resources and materials with significant environmental impacts and waste generation during their life-cycle; they have profound effect on social and economic impact (Bragança et al., 2010). In this regard, to minimise buildings' impacts several approaches were

developed in the last two decades, making sustainable construction became a current issue to minimise the buildings' impacts (Kibert, 2005).

There are many sustainability assessment tools available on the construction market and many countries. As an example SBTool was developed to be adapted to different contexts and was already adapted to Portugal, Italy, Czech Republic and Spain, allowing the assessment and rating of a building's sustainability across the three dimensions of sustainable development: environment, society and economy. Nowadays, construction market has different perspectives about building rating and certification approaches. Local regulations or standards, and local conventional building solutions are used as a base of nearly all sustainability rating and certification methods. On the other hand, the weight of each indicator in the evaluation is predefined in terms of local socio-cultural, environmental, and economic contexts and these methodologies can only address the regional scale (Bragança et al., 2010). Although assessment methodologies originated in developed countries, with increased international interest and cross-cultural transferability of assessment methods it has gained particular importance in developing countries (Cole, 2005). When it takes into a consideration of a situation of developing countries such as Turkey, to develop and promote sustainable strategies is getting more important. In this respect, development of appropriate assessment methodologies is needed to increase the sustainability of construction industry.

The use of sustainability assessment tools in office buildings can give a positive impulse on construction industry in Turkey. Discussions about applying sustainable features or assessing the sustainability on buildings revolve around direct economic benefits thereupon contractors and owner of the buildings have some reluctance (Çipoğlu and Kahraman, 2012). On the other hand, with the improving demand of new requirements many office buildings, both private and public, in addition to the fact that the lower operation costs are cost savings or profits for the companies, there is also an indirect gain in improving their image of corporate social responsibility (Barbosa et al., 2013). As a consequence, sustainability assessment tools for office buildings will have good acceptance and become more and more common by the stakeholders/companies for consolidation of their image. In that case, development of the assessment methodology will become more of an issue for construction sector.

The main objective of this work is to develop a sustainability assessment tool aimed to support the sustainable design and performance assessment of office buildings. This new approach is a contribution for the SBTool TR.

2. STATE OF THE ART

2.1. Sustainability in the our current world

The world's population has been increasing rapidly in the last decades and according to United Nations; in 2010, the world's population reached 6.9 billion persons. Estimated results show that by end of the 21st century, world population will reach 10 billion people. To understand the rapid growth, from 1950 to 2010, population of developed countries grew from 0.4 billion to 1.2 billion and in developing countries grew from 3.9 billion to 5.7 billion (UN, 2011) (UN, 2013). This major increase in the world population, combined with consumption habits, certain technological developments, and particular patterns of social organization and resource management, has accelerated resource depletion, waste production and environmental degradation (National Research Council, 1993).

Over the past century, the raise of the Earth's average surface temperature showed that Earth is warming. Detailed analyses indicate that the global average surface temperature raised by about 0.8°C, since 1900. The main reason of the warming is the result of the increased concentrations of CO₂ and other greenhouse gases. Further climate changes, considerable increases in

global average surface temperature and important changes in regional climates, will be occurred by continued emissions of the greenhouse gases (National Academy of Sciences and The Royal Society, 2014). Studies in recent years indicate that carbon dioxide and other greenhouse gasses which are largely released by human activities such as fossil fuel burning caused global warming and climate change. Estimations of future climate change for 21st century foresee that additional warming is 1.1 to 6.4 °C (National Academy of Sciences, 2010). To make deterministic and definitive projections about how climate will evolve over the next century and beyond is not possible as it is with short term weather forecasts. But the most optimistic estimation shows that climate will continue to change even if temperatures are stabilized (IPCC, 2013).

Energy consumption is the major factor leading to global warming and climate change although the environmental impacts of energy use are not new. Therefore, energy is the one of the most important seeking for sustainable development. Energy problem is related to the environmental impacts of production, since most comes from burning coal and oil, which cause emissions to the atmosphere (IEA, 2013). GHGs, mainly CO₂, strongly influence the radiative properties of the atmosphere. They absorb heat emitted from Earth's surface and Earth will keep warming by trapping more heat while GHGs' concentration increases. Since the start of the Industrial Revolution, atmospheric concentrations of CO₂ have increased. Balance of the natural carbon cycle has been disturbed by human activities which are adding additional CO₂ from fossil fuel burning or deforestation. Acknowledgement about energy linkages between regional and global environmental problems and their implications is relatively new (IUCN Academy of Environmental Law Research Studies, 2012). Natural restoration process is too slow in comparison with human activities which produce substantial quantities of CO₂. The level of CO₂ was higher about 40% than last three decades. Especially this increment occur since 1970, thenceforward global energy consumption accelerated (National Academy of Sciences and The Royal Society, 2014). As EU-27 stated that energy consumption increased rapidly in last decades and in accordance with consumption which is closely linked to environmental degradation, energy demand has partly grown (Eurostat, 2009). Energy demand of the world has raised and comes from worldwide economic growth and development.

Current consumption trends and waste produced by EU citizens are also resulting in global warming, pollution, depletion of natural resources, loss of biodiversity and jeopardise the improvement of the quality of life (Eurostat, 2009). A healthy future for humanity significantly depends in the concept of sustainable development and in the growing awareness of global links between environmental problems and socio-economic issues (Hopwood et al., 2005). In connection with current situation of the world, human survival and wellbeing has a direct connection with environment and the goods and services which are provided by the environment. As it seen, to find efficient solutions to meet future generations meets sustainability is no longer a choice, but a necessity.

2.2. Impacts of the construction sector

Buildings occupy a key place for human lives and society and have recognized big economic and social impacts. At the European level, 12 million EU citizens and about 26 million workers are indirectly dependent on construction sector (European Parliament, 2010). However, in Turkish context, construction sector can be assumed in the large part of economic activities. In 2013, 1.78 million people have been employed in construction industry. About 7% of the total working population are directly employed in the construction and taking families into account, 7.5% of the population directly has affected (Imsad, 2013).

Construction sector is one of the largest resource consumer and polluter of the environment. The building sector is responsible for 42% of the EU's final energy consumption and about 35% of greenhouse gases emission (Nelson et al., 2010). Based on European Topic Centre on Re-

source and Waste Management's researches EU produced about 850 million tons of construction and demolition waste per year and it can be present as 31% of the total waste generation in the EU (Fischer et al., 2009). Environmental Impacts Status Report for Turkey by Turkish Ministry of Environment and Urbanism, in 2011, stated that building sector is one of the largest energy consumers with 29.466 thousand tons of equivalent petroleum in 2009, in Turkey (DIKMEN et al., 2011) representing about 40% of Turkey's final energy consumption (CSB, 2012).

The construction industry has a major effect on sustainable development with the direct effects on GHGs emission, water, resource and land use. Besides this direct influence, there are also indirect effects on environment by affecting transport systems and also affecting communities and even public health (Sev, 2009).

2.3. Building Sustainability Assessments, Certification and Environmental Standards

Nowadays, there are many sustainability assessment tools available on the construction market and many countries already have their domestic assessment methods. Since the 1990s, several environmental and sustainability assessment tools for buildings have been developed. Since then, several assessment tools have been launched all around the world. The concept of sustainability assessment is related to reporting information for decision-making during the different phases of building construction. The main goal of sustainability assessment tools is to achieve the most appropriate balance between the different sustainability dimensions. In order to create practical, transparent and flexible assessment systems, methodologies should be easily adapted to different kinds of buildings, is to develop systematic methodologies (Mateus and Bragança, 2011).

Comparing the results from different tools, there are difficulties caused by using different list of indicators and different approaches for impact calculation. International Organisation for Standardization (ISO) and European Committee for Standardization (CEN) have defined standards to overcome these difficulties (Mateus and Bragança, 2011). Following there is a list of norms related to standardization of building sustainability assessment tools. Methodology will be analysing according to CEN in terms of coherence.

ISO – International Standardization Organization:

ISO 15392:2008 Sustainability in building construction General principles

ISO 21929-1:2011 Sustainability in building construction Sustainability indicators - Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings

ISO 21930:2007 Sustainability in building construction Environmental declaration of building products

ISO 21931-1:2010 Sustainability in building construction Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works Part 1: Buildings (ISO, 2014)

CEN – European Committee for Standardization (TC 350):

CEN/TR 15941:2010 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Methodology for selection and use of generic data

EN 15643-1:2010 Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1: General framework

EN 15643-2:2011 Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 2: Framework for the assessment of environmental performance

EN 15643-3:2012 Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 3: Framework for the assessment of social performance

EN 15643-4:2012 Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 4: Framework for the assessment of economic performance

EN 15978:2011 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method (CEN, 2014)

Awareness of environmental issues in Turkey has reached an unprecedented peak. Turkish Government policies have become more environmentally focused due to energy deficit and international investors (Korkmaz et al., 2009). In 1999, TS 825 Standard for Thermal Insulation for Buildings was published and proclaimed that this standard is compulsory for all licensed premises which will be built after the date of 14.06.2000 (Izocam, 2013). In 2008, Ministry of Culture and Tourism made first study about sustainable building and “Yeşil Yıldız” (Green Star) certification started to evaluate by Ministry to lead hotels to a sustainable path (The Ministry of Culture and Tourism, 2012). Also in 2008, the new regulation “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” (Directive for Energy Performance of the Buildings) was published by The Ministry of Public Works and Settlement. Another certificate EKB (Energy Identity) became mandatory for buildings with this regulation (The Ministry of Public Works And Settlement, 2008). Sustainable Buildings and Materials Council (SÜRYAD) and Turkish Green Building Council are working on the sustainable building assessment tools to meet Turkish Construction Market needs (Kahraman, 2013).

3. DEVELOPMENT OF BUILDING SUSTAINABILITY ASSESSMENT

3.1. System Boundaries

The initial framework of the development will be based in SBTool_{PT}, but adaptation can be done to match the Turkish situation. The calculation methods of each indicator will be defined also based in existing SBTool PT, but directed to the Turkish background. Also benchmarks available in Turkey will be important to define the indicator’s calculation method so that the functional units are compatible. The weights of criteria indicators and dimensions of the methodology will be developed in relation to existing methodology for SBTool PT weights and Turkish context. At the end, for the aggregation of the scores of each indicator, the global sustainability level of a building is provided by using a single value which is attained by the weighted normalized performance of the building at the level of each indicator.

Parallel to SBTool PT, the value of each indicator is normalized by using Díaz-Balteiro equation (Díaz-Balteiro and Romero, 2004); by comparison between the building’s performance and Turkish benchmarks (Equation 1).

$$\bar{P}_i = \frac{P_i - P_{i*}}{P_i^* - P_{i*}} \quad (1)$$

In this equation, P_i is the value of i^{th} parameter. P_i^* and P_{i*} are the best and conventional values of the i^{th} parameter. The best value of the parameter represents the best practice which is available on the region and the conventional value represents the common practice or minimum legal requirement. In this system, the normalised level of performance of the building at the level of each indicator allows turning the value of parameters dimensionless and converts the values into a scale bounded between 0 (worst practice) to 1 (best practice). The normalised level of performance at the level of each indicator enables to determine performance level of the building in several categories, dimensions and final global performance.

3.2. Framework

According to preliminary research, the assessment framework of the methodology is defined based on the work done in financed project SBTool PT STPU by University of Minho and company Ecochoice, which had the objective to adapt SBTool PT to office buildings, touristic buildings and for urban planning operations. To sustain the three dimensions of sustainable approach, environment, society and economy, framework of SBTool TR-S was defined with each of these dimensions which are subdivided into categories which in turn are subdivided into indicators. It has a total of nine sustainability categories (summarizing the building performance at the level

of some key-sustainability aspects) and 24 sustainability parameters within the three sustainability dimensions (Table 1).

For each indicator there is a specific assessment methodology according to the building lifecycle phase that is under assessment. Therefore, the developed approach can be used in the assessment of new buildings or rehabilitation operations and in the early stage of design, construction and operation phases for the office buildings.

Energy efficiency is the important issue and defined as one of the first step for passing through EU harmonization process in Turkey and with legal obligations, it has become national necessity. Presented study in this paper is in its preliminary phase. Thus, energy based indicators will be addressed in the following subchapters.

Table 1: Assessment framework for office buildings in Turkish context

Dimension	Category	Indicator
Environment	C1. Climate Change and outdoor air quality	I1 Life cycle environmental impacts
		I2 Heat island effects
	C2. Biodiversity and land use	I3 Land use efficiency
		I4 Sustainable location
		I5 Local biodiversity protection during construction
		I6 Certificated wooded materials
	C3. Energy	I7 Energy consumption
		I8 Renewable Energy
		I9 Commissioning
	C4. Materials, solid residues and resources management	I10 Reuse of materials
		I11 Materials with recycled content
		I12 Construction and demolition wastes
		I13 Environmental management plan
	C5. Water	I14 Flexibility and adaptability
		I15 Water consumption
		I16 Water treatment and recycling
		I17 Storm water management
Society	C6. User health and comfort	I18 Indoor air quality
		I19 Thermal comfort
		I20 Visual comfort
		I21 Acoustic comfort
	C7. Accessibility	I22 Mobility plan
C8. Security	I23 Occupants security	
Economy	C9. Life cycle costs	I24 Life cycle costs

3.3. Indicator 7 – Energy Consumption

In Turkey, the current “Energy Performance of Buildings Directive” (BEP) introduced certification systems for energy performance of buildings. This regulation was published 2008 and aimed to increase energy efficiency in order to ease the burden of energy costs on the economy and protect the environment. This regulation is based upon Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings. BEP consist of energy consumption calculation methodology and promote usage of energy from renewable sources. Within the scope of the BEP Directive, a software called BEP-TR was defined for calculation of energy performance of Turkish buildings to use in certification methodology. According to BEP, all type of buildings must have an energy certificate (Energy Identity Document - EKB) until 2017.

The building certification system in BEP gives a score to the buildings according to the ratio ($E_{p,EP}$) between the energy consumption of the building (EP_A) and the energy consumption of a reference building (EP_R), according to Equation 2. The numerical value of the ratio is then corresponded to a qualitative value according to Table 2.

$$E_{P,EP} = (EP_A/EP_R) \times 100 \quad (2)$$

 Table 2: Energy Classifications according to E_p value

Energy Class	$E_{p,EP}$
A	0-39
B	40-79
C	80-99
D	100-119
E	120-139
F	140-174
G	175-...

To adapt this indicator to Turkish context, the building performance at the level of this indicator will be evaluated in accordance to the BEP Directive. The assessment of the building will be based on the on the energy consumption of the building (E_{EC}) calculated by the sum of the energy used for heating (E_E), cooling (E_C), domestic hot water preparation (E_{DHW}), ventilation (E_V) and lightning (E_L). At a first approach the performance of the building could be calculated using the variable EPA used in the certification system, but since this is affected by the use of renewable energy, the performance of the building must be calculated according to Equation 3. The performance of the building will be assessed in indicator 8 and there must not be redundancy in the sustainability assessment.

$$I_7 = E_{EC} = E_E + E_C + E_{DHW} + E_V + E_L \quad (3)$$

The benchmarks will be defined in accordance with the qualitative rating system used in BEP (Table 2). Therefore, the conventional practice is defined as one building with the same performance of the reference building and the best practice is defined as a building with a rating of A or superior. The benchmarks are presented in Equations 4 and 5.

$$I_{7*} = EP_R \quad (4)$$

$$I_7^* = 0,39 \times EP_R \quad (5)$$

3.4. Indicator 8– Renewable Energy

Turkish practice related to the use of renewable energy is not a common issue. BEP directive aims to promote usage of renewable energy to meet the energy consumption of the building (E_{EC}) and gives priority to implementations of renewable energy source. On BEP-TR software, renewable energy source (E_{RS}) or any cogenerated energy systems are not defined for energy consumption of the building (E_{EC}) to reference building. In this methodology energy from renewable sources will be calculated in BEP in the form of percentage of energy from renewable sources (P_{RE}) in the certificate according to Equation 6.

$$I_8 = P_{RE} = E_{RS}/E_{EC} \quad (6)$$

According to preliminary research common practice is defined 0% and it will be defined again in case of revision of the directive with new minimum requirements of renewable energy sources. The best practice is defined at least produce energy enough for domestic hot water preparation E_{DHW} . The benchmarks are presented in Equations 7 and 8.

$$I_{7*} = 0\% \quad (7)$$

$$I_7^* = E_{DHW}/E_{EC} \quad (8)$$

4. CONCLUSIONS

Turkey is a developing country with much activity in construction sector. For this reason there is a crucial need to implement a sustainable approach to construction industry.

This paper presents the preliminary studies of existing statutory obligations in Turkey to adapt SBTool to Turkish context. This adaptation is based on the Portuguese adaptation of SBTool to the Portuguese context. The building sustainability tool that is being developed is intended to contribute positive effect on construction sector in Turkey. It aims to define list of goals that are easily understandable by all involved in construction sector. The work shows preliminary results about the framework and some insights about the calculation methods and benchmarks of energy related indicators. Despite the several studies on sustainability, there is a lack of national based accepted method for assisting owner well into the designer for sustainable building in Turkey. For this reason, this paper aims to define calculation methods for energy based indicators by using existing statutory obligation as a background.

REFERENCES

- Barbosa, J. A., Mateus, R. & Bragança, L. 2013. Adaptation of SBToolPT to office buildings. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 4, 89-97.
- Bragança, L., Mateus, R. & Koukkari, H. 2010. Building Sustainability Assessment. *Sustainability*, 2, 2010-2023.
- CEN. 2014. *CEN/TC 350 - Sustainability of construction works* [Online]. CEN. Available: http://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:32:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:481830,25&cs=117375B165644AAC954DDC63B921F43EF [Accessed 17.07.2014 2014].
- Cole, R. J. 2005. Building environmental assessment methods: redefining intentions and roles. *Building Research & Information*, 33, 455-467.
- CSB 2012. *Çevresel Göstergeler / 2011. 12 ed.* Ankara, Turkey.
- Çipoğlu, M. & Kahraman, İ. 2012. Sürdürülebilir Yapı Tasarımı ve Sürdürülebilirlik Kavramlarının Yapım ve Proje Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi *Sürdürülebilir Yapı Tasarım Kongreleri Bildiriler Kitabı*. İzmir.
- Díaz-Balteiro, L. & Romero, C. 2004. In search of a natural systems sustainability index. *Ecological Economics*, 49, 401-405.
- Dikmen, A. Ç., Saraçoğlu, E., Durucan, Z., Durak, S. & Sarioğlu, K. 2011. *Türkiye Çevre Durum Raporu / 2011. 11 ed.* Ankara, Turkey.
- European Parliament 2010. Report calls for boost to construction industry though open markets.
- EUROSTAT 2009. *Sustainable development in the European Union, Belgium, European Communities*,.
- Fischer, C., Werge, M. & Management, E. T. C. O. R. A. W. 2009. EU as a Recycling Society: Present recycling levels of Municipal Waste and Construction & Demolition Waste in the EU, Copenhagen.
- Hopwood, B., Mellor, M. & O'BRIEN, G. 2005. Sustainable development: mapping different approaches. *Sustainable Development*, 13, 38-52.
- IEA 2013. *CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights*, Paris, France, International Energy Agency.
- IMSAD 2013. Sustainability Report 2013.
- IPCC 2013. *Climate Change 2013, The Physical Science Basis*, New York, USA, Cambridge University Press.
- ISO. 2014. *ISO/TC 59/SC 17 - Sustainability in buildings and civil engineering works* [Online]. ISO. Available: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=322621 [Accessed 17.07.2014 2014].

Iucn Academy Of Environmental Law Research Studies 2012. *Compendium of Sustainable Energy Laws*, Pace University, New York, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

Izocam 2013. TS 825 Standardı Binalarda Isi Yalıtım Kuralları.

Kahraman, İ. 2013. *A Sustainable Building Assessment Model Proposal For New Residential Buildings In Turkey*. Ph.D., Dokuz Eylül University

Kibert, C. J. 2005. *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*, Wiley.

Korkmaz, S., Erten, D., Syal, M. & Potbhare, V. 2009. A Review of Green Building Movement Timelines in Developed and Developing Countries to Build an International Adoption Framework *Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V) "Collaboration and Integration in Engineering, Management and Technology"* Istanbul, Turkey

Mateus, R. & Bragança, L. 2011. Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBTToolPT–H. *Building and Environment*, 46, 1962-1971.

National Academy Of Sciences 2010. *Advancing the Science of Climate Change*. Washington, USA.

National Academy Of Sciences & The Royal Society 2014. *Climate Change Evidence and Causes*, National Academy of Sciences, The Royal Society,.

National Research Council 1993. *Population Summit of the World's Scientific Academies*, Washington, DC, The National Academies Press.

Nelson, A. J., Rakau, O. & Dörrenberg, P. 2010. Green buildings a niche becomes mainstream *In: JUST, T. & (eds.)*. Frankfurt, Germany.

Sev, A. 2009. How can the construction industry contribute to sustainable development? A conceptual framework. *Sustainable Development*, 17, 161-173.

The Ministry Of Culture And Tourism. 2012. *Çevreye Duyarlılık Kampanyası (Yeşil Yıldız)* [Online]. T.C. Kültür Ve Turizm Bakanlığı Yatırım Ve İşletmeler Genel Müdürlüğü Available: <http://www.ktyatirimisletmeler.gov.tr/TR,11596/cevreye-duyarlilik-kampanyasi-yesil-yildiz.html> [Accessed 17.07.2014 2014].

The Ministry Of Public Works And Settlement 2008. Binalarda Enerji Performansi Yönetmeliği. 27075.

UN 2011. *Urban Population, Development and the Environment 2011*, New York, USA, United Nations.

UN 2013. *World Population 2012*, New York, USA.

Monitoramento da Poluição Atmosférica Oriunda do Tráfego Veicular no Município de Passo Fundo

Denise Daris

University of Passo Fundo, Student at Master in Environmental and Civil Engineering – PPGeng, Passo Fundo, RS, Brasil
dedaris@hotmail.com

Eduardo Pavan Korf Meng

University of Passo Fundo - Faculty of Engineering and Architecture, Passo Fundo, RS, Brasil
eduardokorf@upf.br

Luciana Londero Brandli

University of Passo Fundo - Master in Environmental and Civil Engineering – PPGeng, Passo Fundo, RS, Brasil
brandli@upf.br

Francisco Dalla Rosa

University of Passo Fundo - Faculty of Engineering and Architecture - PPGeng, Passo Fundo, RS, Brasil
dallarosa@upf.br

Giulius Sebastian Soares Schwanz

University of Passo Fundo - Faculty of Engineering and Architecture, Passo Fundo, RS, Brasil
120298@upf.br

ABSTRACT: Cities have various emission sources of air pollution without forms of monitoring and control, and may cause harm to human health, and cause local and global environmental impacts. The difficulty of monitoring pollution in urban areas, as in Passo Fundo city, arises due to the high demand for investments, especially when resorting to the techniques of active monitoring. Thus, this study aims to use inexpensive passive samplers to monitor and diagnose emissions of nitrogen oxide, sulfur dioxide and ozone in the city of Passo Fundo - RS. The sampler is based on molecular diffusion of the gas through a static layer of air. Whereas not have ways of monitoring of pollutant emissions in this city, this research is important to diagnose the impacts and if necessary provide control measures in generating sources.

Keywords: Atmospheric Emission, Passive samplers, Pollution, Urban traffic.

RESUMO: As cidades têm várias fontes emissoras de poluição atmosférica que não possuem formas de controle e monitoramento, podendo gerar danos à saúde humana, além de causarem impactos ambientais locais e globais. A dificuldade de monitoramento da poluição no meio urbano, como no caso de Passo Fundo, decorre em função da demanda de altos investimentos, principalmente quando se recorre à técnicas de monitoramento ativo. Neste sentido, este estudo visa monitorar e diagnosticar por meio de amostradores passivos de baixo custo, as emissões de Óxido de Nitrogênio, Dióxido de Enxofre e Ozônio gerado na cidade de Passo Fundo – RS. O amostrador se baseia na difusão molecular do gás através de uma camada estática de ar. Considerando que não se possui formas de monitoramento das emissões poluidoras em Passo Fundo, este trabalho é de fundamental importância para diagnosticar os impactos e caso necessário prover medidas de controle nas fontes geradoras.

Palavras-chave: Amostradores Passivos, Emissões Atmosféricas, Poluição, Tráfego urbano.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e suas necessidades de consumo, o aumento da produção de uma grande diversidade de produtos, incluindo a variedade de indústrias, marcas e modelos de veículos crescem de forma acelerada. Entretanto, a preocupação com o meio ambiente não acompanhou esse ritmo de crescimento e os problemas ambientais passaram a ser gerados em grandes dimensões (Nobrega 2013).

O aumento no número de veículos e o surgimento do transporte coletivo trouxeram muitas vantagens no que diz respeito à utilização total do espaço urbano, porém, trouxeram também uma série de patologias como: congestionamentos, acidentes de trânsito, poluição sonora e atmosférica, desumanização em virtude das grandes áreas destinadas às vias e estacionamentos, prejuízo à saúde e a qualidade de vida da população, baixa eficiência econômica devido à necessidade de grandes investimentos no sistema viário e ao espalhamento das cidades (Rodrigues 2006), gerando poluentes emitidos por processos de combustão como: material particulado (MP), óxido de enxofre (SO_x), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (CH), oxidantes fotoquímicos (O₃) e chumbo.

Estudos realizados sobre o tema mostram que na composição do tráfego, os veículos pesados (ônibus e caminhões) são as fontes potencialmente poluidoras (Valadares 1997). Nos centros urbanos a circulação destes veículos nas vias de tráfego é intensa, principalmente os ônibus, pois são partes integrantes dos sistemas urbanos de transporte coletivo (Rodrigues et al, 2005a).

Pesquisas apontam que nos últimos anos, a emissão de dióxido de carbono no mundo foi de 34,5 bilhões de toneladas, sendo 29% deste valor lançado pela China seguido de 16% pelos Estados Unidos. Estes números são gerados por indústrias, automóveis, fuligem e outros. A pesquisa aponta também que a média de crescimento de emissão era de 3% ao ano, porém no último ano este número despencou para menos da metade, 1,1%. Acredita-se que o valor diminuiu em função da utilização de outras energias como usinas hidrelétricas na China e pela utilização de gás xisto nos Estados Unidos substituindo o carvão (Goulartea 2011).

No Brasil registrou-se um acelerado aumento das emissões de poluentes atmosféricos em áreas urbanas nas últimas décadas. Em algumas cidades, os níveis de concentrações de poluentes do ar passaram a atingir níveis que colocavam em risco a saúde das pessoas, obrigando as autoridades a tomarem decisões para controlar este problema (Mendes 2004).

Localizada no centro-norte do Estado do Rio Grande do Sul, na região conhecida como Planalto Médio, Passo Fundo destaca-se pela representatividade na área médica, cultural e tecnológica, com população superior a 183 mil habitantes, é considerada cidade-pólo de mais de 100 municípios localizados na região de abrangência. O conglomerado resulta em uma população de aproximadamente um milhão de pessoas (IBGE, 2013).

Considerando o grande número de automóveis e principalmente ônibus que circulam pelo campus da Universidade de Passo Fundo e pelo centro da cidade de Passo Fundo, percebeu-se a necessidade de elaborar um diagnóstico de monitoramento da qualidade do ar o qual analisará as emissões atmosféricas procedente do tráfego urbano de Passo Fundo/RS.

Este trabalho tem o objetivo de realizar um diagnóstico da qualidade do ar na cidade de Passo Fundo – RS, utilizando amostradores simples e de baixo custo como ferramenta de coleta de dados. Além de definir os pontos de amostragem e período de coleta, avaliar a qualidade do ar na zona urbana de Passo Fundo – RS, por meio de amostragem passiva e avaliar as emissões de gases provenientes do tráfego urbano da cidade de Passo Fundo/RS por meio de amostragem ativa.

2 METODOLOGIA

Para a escolha dos pontos de medição nas vias da cidade de Passo Fundo, foram considerados

os seguintes aspectos:

- Pontos em uma situação onde os efeitos negativos do tráfego sobre as pessoas são críticos. Isto é, não se coletou amostras em ruas com tráfego mínimo como em ruas sem saída;
- Vias com padrões residenciais e comerciais para avaliar o impacto dos níveis de concentração dos poluentes sobre as pessoas;
- Pontos com influência de outras fontes que afetam os níveis de concentração, como indústrias não foram considerados;
- Pontos com lombada eletrônica e/ou semáforo foram priorizados, para facilitar o controle do tráfego através da contagem dos veículos;
- Pontos de grande fluxo de veículos selecionados através dos relatórios fornecidos pela empresa prestadora de serviço – KOOP Tecnologia (Tabela 1);

Desta forma foram selecionados seis pontos de estudo (Figura 1), cinco deles no centro da cidade de Passo Fundo, áreas sujeitas a grandes volumes de tráfego de veículos descritos na Tabela 1 ao longo da principal avenida do município, Avenida Brasil, abrangendo uma extensão de 7,5 km e um ponto na UPF identificado como comparativo, pois está localizado em uma via onde o fluxo de veículos é muito baixo. Os amostradores foram expostos por cinco dias, sempre na primeira semana de cada mês, durante três meses, iniciando a coleta de informações no mês de abril, na semana seguinte ocorre a análise laboratorial.

Tabela 1: Descrição da localização dos pontos de estudo e fluxo de veículos

Ponto	Local	Fluxo de veículos (média/dia)
P1	Avenida Brasil x Posto Ipiranga Boquerão (IE)	5932
P2	Avenida Brasil x Avenida Sete de Setembro (Bella Cita)	3606
P3	Avenida Brasil x Rua Bento Gonçalves (Banco do Brasil)	5482
P4	Avenida Brasil x Rua Fagundes dos Reis (Praça Tochetto)	3477
P5	Avenida Brasil x Rua Ângelo Preto (Bourbon)	5212
P6	Universidade de Passo Fundo	20



Figura 1. Localização dos pontos de análise

2.1 Monitoramento da qualidade do ar

Os amostradores passivos foram produzidos com base nas configurações propostas de Campos et al. (2010) e Vieira et al. (2012), conforme Figura 2. O processo básico do dispositivo de amostragem é a difusão molecular de gás através de uma camada de ar estático e sua estrutura é composta de ligações de PVC, que são fechadas na parte superior para evitar o transporte convectivo.

Uma membrana de Teflon (Millipore, PTFE, 0,5 µm, 25 mm de diâmetro, hidrofóbicas), encontrada na entrada do ar, é utilizada para minimizar a interferência de partículas e difusão turbulenta. Abaixo disso, existe uma rede de aço inoxidável (0,08 x 0,125 milímetro), com a finalidade de proteger a membrana de danos mecânicos. Depois do espaço de difusão há um filtro, que é imerso numa solução absorvente, ambos característicos para cada poluente, conforme Figura 2. Para os poluentes NO₂ e SO_x, as soluções foram produzidas de acordo com a Campos et al. (2010), sendo utilizado um filtro de celulose (Whatman 40), sendo utilizado um filtro de celulose (Whatman 40).

As soluções de poluentes O₃ foram produzidas no laboratório de acordo com Bucco (2010) e utilizou-se papel de filtro de fibra de vidro (50gf/A). Os amostradores foram fixados nos pontos pré-determinados, permanecendo instalados durante cinco dias na primeira semana de cada mês, nos meses de abril e maio.

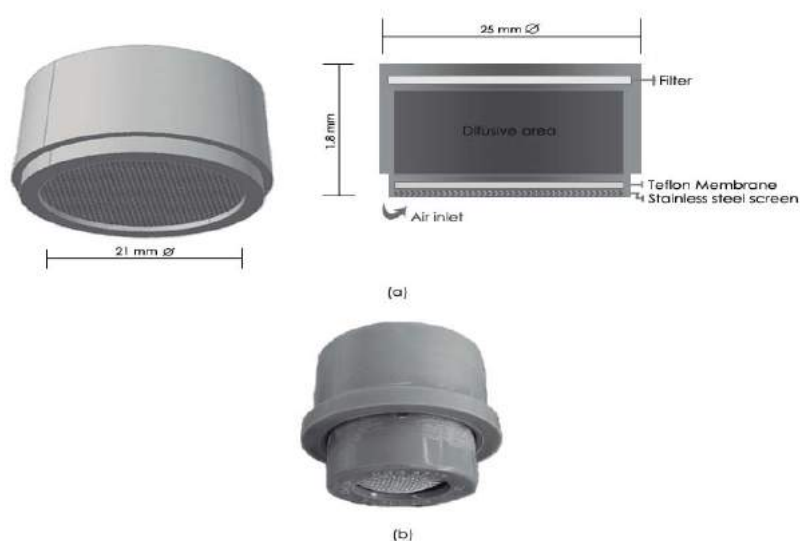


Figura 2 – Configuração do amostrador passivo

Tabela 2 - Especificações de filtros e solução absorvedora para cada poluente

Poluente	Filtro	Solução absorvedora
NO ₂	Filtro de celulose (Whatman 40)	8,3 g de KI + 1,12 g de KOH, dissolvidos em 100 mL de metanol.
SO ₂	Filtro de celulose (Whatman 40)	0,106 g de Na ₂ CO ₃ , dissolvidos em 100 mL de água destilada.
O ₃	Filtro de papel de fibra de vidro (GF 50/A)	Deve ser amassado 5,0 g de amido em 20 mL de água destilada e despejado em 50 mL de água destilada em fervura, fervendo por cinco minutos. Descansar a solução por 24h e dissolver 1,0 g de carbonato de potássio e após 10,0 g de iodeto de potássio, dilui-se para 100 mL.

2.2 Análise dos poluentes

Para a análise da concentração de poluentes nos filtros, foram utilizados UV/VIS métodos espectrofotometria de cor. Para a análise de NO₂, o método modificado de Griess-Saltzman (Saltzman, 1954), descrito por Campos et al. (2010), foi utilizado, e o método de Bucco (2010) foi utilizado para O₃. A concentração de poluentes no ambiente externo foi determinada, seguindo o princípio da primeira lei de difusão de Fick, como demonstrado na Equação 1, descrito por Campos et al. (2010).

$$C = (m \cdot L) / (D \cdot A \cdot t) \quad (1)$$

onde C - Concentração externa (ambiente) de gás ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$); m - Massa coletada Total (mg); L - Comprimento da linha de difusão (m); D - Coeficiente de difusão ($\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$), obtida a partir da literatura, de acordo com Massaman (1998). $0,3769 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ para o NO_2 e $0,3999 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ para O_3 ; A - Transversal área da linha de difusão (m^2); t - Tempo de amostragem (h).

O total absorvido de massa de poluente (m) é a obtida pelos métodos de análise de laboratório, anteriormente mencionados e determinado pela Equação 2.

$$m = C_{\text{extract}} \times V_{\text{extract}} \quad (2)$$

onde C_{extract} - é o resultado obtido nas análises que têm uma unidade de massa/volume; V_{extract} - é a quantidade de extrato utilizado para obter o valor de C_{extract} . V_{extract} é de 0,005 L de NO_2 e 0,025 L de O_3 .

3 RESULTADOS

Por meio da Figura 3 pode-se visualizar os resultados obtidos nos meses de Abril e Junho de coleta de dados para a concentração do poluente dióxido de nitrogênio.

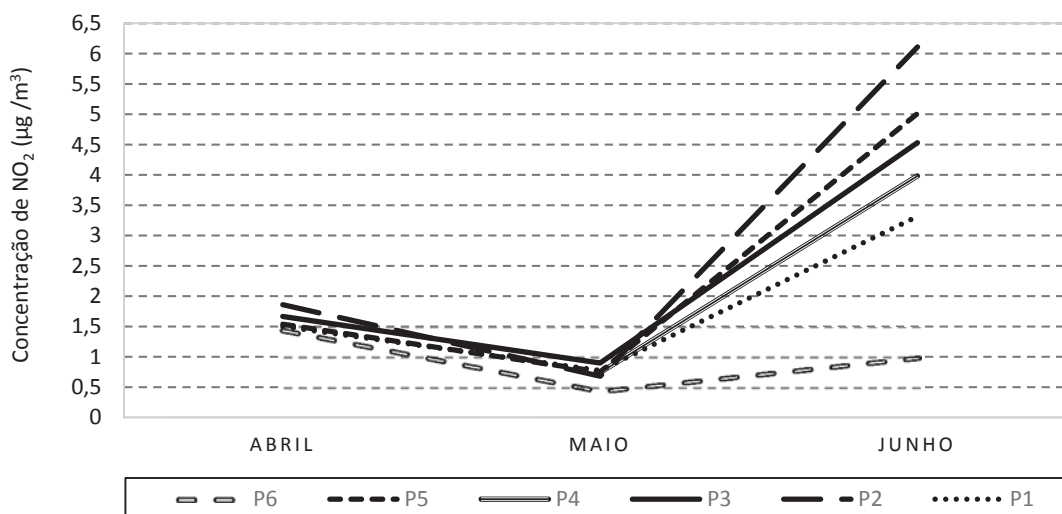


Figura 3: Concentração Monitorada de NO_2 para os meses de Abril a Junho.

Observa-se que no mês de Maio os valores de NO_2 estão em menor concentração que no mês de Abril e Junho. Nota-se também que os pontos P2 e P5 apresentam maiores valores de concentração, no mês de Junho, uma vez que estes pontos, segundo as informações da empresa que realiza o monitoramento, são pontos que apresentam elevado fluxo de concentração de veículos. Segundo Perkauskas e Mikeliniskiene (1998), que conduziram sua pesquisa com amostradores passivos na Lituânia, concluíram que a poluição veicular é a principal fonte de emissão de NO_2 . O ponto P6 por estar localizado em região de baixo fluxo de veículos, mantém a menor concentração do poluente comparado aos demais pontos.

Outra pesquisa realizada por Vieira, 2012 também em Passo Fundo, identificou uma variação na concentração de $0,11$ a $3,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para os meses de agosto setembro e outubro.

O NO_2 é considerado um gás tóxico na baixa troposfera, resultante da queima dos combustíveis fósseis. As principais fontes de NO_2 são os veículos automotores, seus níveis de concentração desse poluente secundário variam com a hora do dia, com a estação do ano e com os fatores meteorológicos. Geralmente as concentrações máximas ocorrem nos horários matinais e vespertinos e são atribuídos às emissões de origem veicular, o que possivelmente é o grande motivo pelas elevadas concentrações obtidas nos pontos de elevado fluxo de veículo e presença de congestionamento (Kuriyama; Moreira; Silva 1997).

Os valores encontrados são menores que os padrões determinados para o padrão Primário 1 na resolução 03/90 do CONAMA, a qual fixa limite para NO₂ concentração média aritmética anual de 100 (cem) µg /m³.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos nos meses de Abril a Junho de coleta de dados para a concentração do poluente Ozônio.

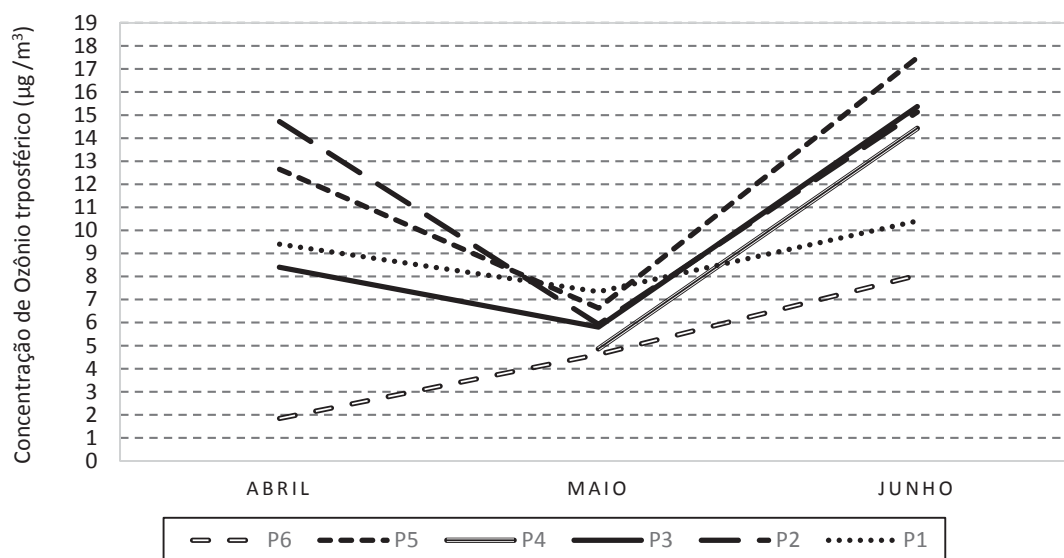


Figura 4: Concentração monitorada de O₃ para os meses de Abril a Junho.

Percebe-se que no mês de Maio os valores de ozônio estão em menor concentração que no mês de Abril e Junho. O ozônio é formado, principalmente, através de reações iniciadas na presença da luz solar e alta temperatura envolvendo emissões primárias de NO_x (NO+NO₂) (Lyra 2010). Segundo Vieira (2012), o ozônio é um poluente secundário originado a partir de reações fotoquímicas que ocorrem na atmosfera, dependentes da presença de compostos NO_x e COVs, sendo que O₃ aumenta com um aumento na concentração de NO_x e varia pouco com um eventual aumento dos COVs. Portanto, era esperado que os pontos com maior concentração de ozônio fossem condizentes com os de maior concentração de NO₂, conforme comprovado nos pontos monitorados.

Os valores encontrados são menores que os padrões determinados para o padrão Primário na resolução 03/90 do CONAMA, a qual fixa limite de concentração média para 1 hora de 160 µg /m³.

Comparando com Campos *et al.*, 2010 que realizou a sua pesquisa em Salvador e em Curitiba, os valores estiveram na faixa de 17a 37µg/m³,apresentaram-se abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira.

Por meio da Figura 5 pode-se visualizar os resultados obtidos nos meses de Abril a Junho de coleta de dados para a concentração do poluente dióxido de enxofre.

Para os resultados de SO₂ percebe-se que os maiores valores ocorrem nos pontos P4 e P5 no mês de junho. Estes pontos, segundo dados fornecidos pela empresa prestadora de serviço que faz a contagem dos veículos, apresentam maior congestionamento e maior fluxo consecutivamente, fato que confirma os valores encontrados. Os altos valores e a relação entre fluxo e congestionamento se justificam pelo fato do gás SO₂ ser emitido para a atmosfera principalmente pela queima de combustíveis fósseis, (Cullis 1980), ou seja, da queima de combustíveis que contêm enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina (Silveira 2010), combustíveis utilizados por veículos como caminhões, automóveis, utilitários

entre outros.

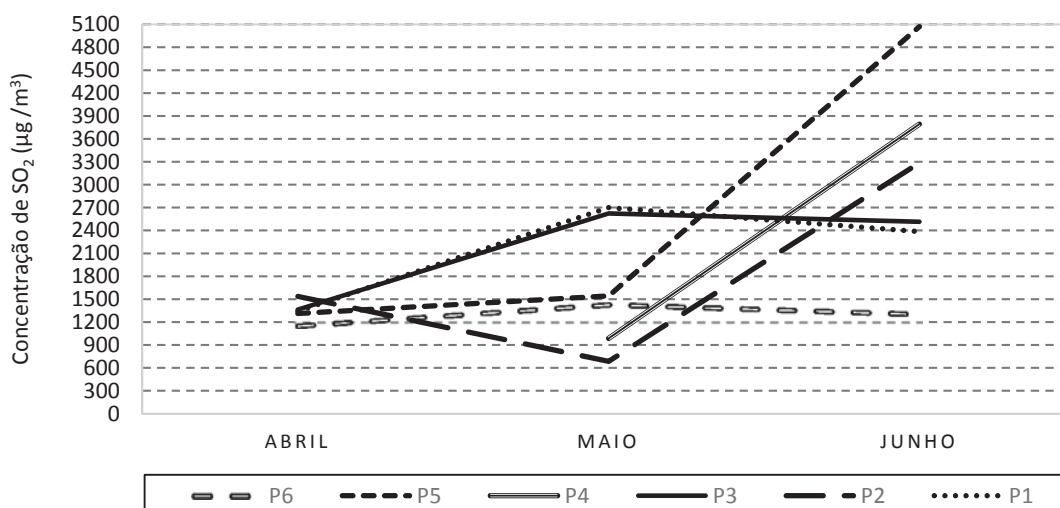


Figura 5: Concentração monitorada de SO₂ para os meses de Abril a Junho.

O ponto 6 se apresenta com pouca variação na concentração do poluente por ser um ponto localizado em região de pouco fluxo de veículos.

Na pesquisa realizada por Vieira, 2012, os resultados da concentração de SO₂ variaram de 20,60 a 1306,09 µg/m³ para os meses de agosto, setembro e outubro analisados também em Passo Fundo.

Os valores encontrados são menores que os padrões encontrados para o padrão Primário na resolução 03/90 do CONAMA, a qual fixa limites máximos admissíveis de SO₂ no Brasil de 365 µg/m³ como uma média de 24 horas e 80 µg/m³ como média anual (CONAMA. 1990).

4 CONCLUSÃO

Este estudo ressalta a importância de se monitorar a qualidade do ar, teve como objetivo realizar um diagnóstico da qualidade do ar na cidade de Passo Fundo por meio do monitoramento das emissões atmosféricas oriundas do tráfego da cidade. O monitoramento vem sendo realizado com amostrador passivo, comprovando a efetividade em termos de baixo custo.

Os dados revelam que os pontos monitorados que apresentaram maiores concentrações são os pontos P2, P4 e P5 são também, segundo os dados fornecidos pela empresa que faz a contagem do fluxo de veículos, os pontos que apresentam maior fluxo e congestionamento, confirmando a relação direta quanto ao nível de concentração de poluentes. Mesmo assim, os valores de concentração encontrados estão dentro dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela legislação, CONAMA03/90.

Futuras pesquisas podem explorar a influência entre os fatores atmosféricos e as condições de entorno dos locais de medição nos resultados dos poluentes. Como este estudo se encontra em andamento, tais aspectos serão incluídos em futuras fases da pesquisa.

REFERÊNCIAS

Brasil. Resolução CONAMA n°. 003, de 28 de junho de 1990. Diário Oficial da União, Brasília, de 22/08/90, p. 15937-15939, Seção I.

Bucco, M. V. S. 2010. *Construção e testes de validação de amostradores passivos para dióxido de nitrogênio e ozônio*. Dissertação (Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial/Meio Ambiente Urbano e Industrial), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Campos *et al*, 2006. *Monitoramento Atmosférico Passivo de SO₂, NO₂ e O₃ em Áreas Urbanas e de Influência Industrial como Prática de Química Ambiental para Alunos de Graduação*. Quim. Nova, Vol. 29, No. 4, 872-875.

Campos *et al*, 2010. Development and validation of passive samplers for atmospheric monitoring of SO₂. *Microchemical Journal*, v. 96, p. 132-138.

Cullis, C. F. & Hirschler, M. M. 1980. Atmospheric Sulphur: natural and man-made sources. *Atmospheric Environment*, p14, 1278.

Goulartea, B. S. & Alvim, A. M. 2011. Análise: *A Revista Acadêmica da FACE*. A comercialização de créditos de carbono e seu impacto econômico e social. Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 72-88, jan./jun.

IBGE, *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*, Cidades, <<http://cidades.ibge.gov>>, Acesso em 21.12.2013.

Mendes, F. E. 2010. Avaliação de programa de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil. Mar 2004. 189 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Registros de Emissão e Transferências de Poluentes – RETP*. Manual descritivo. v.7, p. 1-72.

Nobrega, L. A. 2013. *Modelagem da Influência de Poluentes Atmosféricos Veiculares e Fatores Meteorológicos em Afecções Respiratórias*, João Pessoa.

Perkauskas, D. & Mikelinskiene, A. Evaluation of SO₂ and NO₂ concentration levels in Vilnius (Lithuania) using passive diffusion samplers. *Environmental Pollution*, v. 102, n. S1, p. 249-252, 1998.

Rodrigues, *et al*, 2005a. Assessment of Noise Levels in Terminals at Bus Stations. In: *Anais do congresso de engenharia de controle de ruído* – Internoise. Rio de Janeiro, Brazil.

Rodrigues, F. 2006. *Analysis of noise in urban bus station: development of models of prediction*. 136 pp. MSc Dissertation, College of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia.

Saltzman, B. E. 1954. Colorimetric microdetermination of nitrogen dioxide in the atmosphere. *Analytical Chemistry*, v. 26, n. 12, p. 1949-1955.

Valadares, V. M., 1997. *Ruído de Tráfego Veicular em Corredores de Transporte Urbano: Estudo de Caso em Belo Horizonte* – MG. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina.

Vieira, *et al*, 2012. Passive Samplers for air quality monitoring in a Brazilian university, *Int. J. Environment and Pollution*.

Energia incorporada de sistemas de vedação de habitações na fase de desconstrução: estudo de caso para o DF, Brasil

Gilson Marafiga Pedroso

IFTO, Campus Palmas, TO, UnB – Universidade de Brasília, DF, Brasil

gilsonmpedroso@gmail.com

Rosa Maria Sposto

UnB - Universidade de Brasília, DF, Brasil

rmsposto@unb.br

ABSTRACT: The Brazilian government is acting with a major building social house program for low-income families. Considering the large investment for this program, it is important to analyse the environmental impact through the creation of a database for further evaluations. The goal of this paper is to visualize the embodied energy during the disassembly phases for a typical house of this social program using different types of wall. The case study showed that embodied energy was 0,0048 GJ/m², 0,0029 GJ/m², 0,0034 GJ/m² and 0,0083 GJ/m², respectively, to walls of concrete, steel frame, masonry structural of concrete blocks and reinforced concrete with ceramic blocks. Among the studied systems, the steel frame system had the lowest energy consumption of embodied energy and the reinforced concrete with ceramic blocks system had the highest embodied energy.

Keywords: Embodied Energy, Housing, Disassembly.

RESUMO: O governo brasileiro está desenvolvendo um programa de construção de habitações de interesse social para famílias de baixa renda de grande alcance. Considerando o vulto dos investimentos, torna-se importante a análise do impacto ambiental com a criação de uma base de dados para sua avaliação mais aprofundada. O objetivo deste estudo é levantar a energia incorporada durante a fase de desconstrução para um projeto padrão com diferentes sistemas construtivos. O estudo de caso mostrou que a energia incorporada nesta etapa, para as paredes, foi de 0,0048 GJ/m², 0,0029 GJ/m², 0,0034 GJ/m² e 0,0083 GJ/m², respectivamente para paredes de concreto, *steel frame*, alvenaria estrutural de blocos de concreto e concreto armado com vedação de blocos cerâmicos. O estudo mostrou que a EI para o sistema de *steel frame* foi o menor e que o sistema em concreto armado com vedação de blocos cerâmicos foi aquele que teve maior EI, dentre os pesquisados.

Palavras-chave: Energia Incorporada, Habitação, Desmontagem.

1 INTRODUÇÃO

A busca de eficiência energética e consequente diminuição do consumo de energia tem sido assunto frequente no cenário mundial. A indústria da construção civil é parte importante neste processo, pois consiste em grande consumidor na forma de energia incorporada (EI) e emissão de CO₂ nas etapas de extração, fabricação, uso e manutenção, desconstrução ou desmontagem e deposição final.

A energia incorporada nas fases do ciclo de vida é aquela consumida em todos os processos que envolvem desde a extração e fabricação, até a montagem, uso, manutenção, desconstrução ou desmontagem, reuso, reciclagem e disposição final dos resíduos. A desconstrução das habitações envolve consumo de energia tanto de equipamentos, como de mão de obra, os quais podem ser contabilizados e analisados no processo da avaliação do ciclo de vida energético (ACVE). Assim, após a vida útil de projeto (VUP) estabelecida em 50 anos na ABNT NBR

15575:2013, segue-se a etapa de desconstrução das habitações, se esta de fato não apresentar sua VUP prolongada¹.

O objeto de estudo considerado neste trabalho é a energia incorporada em diferentes sistemas de vedação vertical na fase de desconstrução.

A justificativa deste estudo deve-se aos possíveis impactos ao meio ambiente, que podem ser causados na fase de desconstrução das habitações e de seus sistemas, após o término da sua vida útil, no consumo de energia. Este estudo vem compôr um banco de dados para futuras especificações, no que diz respeito ao potencial de desconstrução e economia de energia para diferentes sistemas de vedações empregados no Brasil em habitações de interesse social.

Este trabalho é parte de uma tese de doutorado, desenvolvida junto ao Programa de Pós Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília, DF, na linha de pesquisa de “Sustentabilidade das Habitações”, e trata da energia incorporada (EI) na fase de desconstrução de sistemas de vedações de habitações de interesse social.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem o objetivo de analisar a energia incorporada de diferentes sistemas de vedação vertical internas e externas (SVVIE) de habitações de interesse social na fase de desconstrução no DF, Brasil. As vedações analisadas são: Pannel de concreto, Alvenaria estrutural com blocos de concreto, *Steel frame* e Estrutura de concreto armado com vedação de blocos cerâmicos.

3 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA ENERGÉTICO – ACVE

Um estudo de ACV tem como característica a necessidade de organização de dados e informações. Na aplicação desta ferramenta na indústria da construção civil, pelas peculiaridades apresentadas nas suas fases, observam-se muitas dificuldades de coleta de informações e interpretações diversas a fim de direcionar para uma avaliação correta.

Huberman & Pearlmutter (2008), colocam que o estudo de ACVE pode ser adotado como medida de análise do consumo de energia, a fim de avaliar o impacto ambiental, salientando que o método não substitui uma ACV completa, mas facilita a tomada de decisão sobre o consumo de energia, sendo este um item importante na análise da eficiência energética dos edifícios.

Pullen (1996), afirma que se a quantidade de qualquer material é multiplicada pelo coeficiente unitário de sua energia embutida então a energia correspondente incorporada devido a esse material pode ser obtida. O mesmo autor afirma que a energia total incorporada para todos os materiais pode ser encontrada pela soma dos valores individuais.

Neste contexto, as ACVEs surgem como opção para reduzir a quantidade de tempo e recursos necessários e ainda obter resultados expressivos na condução de análise ambiental (Tavares, 2006).

A ACVE é baseada na ACV, priorizando o inventário de dados de consumos energéticos diretos e indiretos para a produção de determinado produto ou serviço, não substituindo o método da ACV completo (Carminatti Jr, 2012).

Neste tipo de análise, a coleta de informações nas edificações é realizada adotando unidades energéticas, que tenham relação com as atividades do setor, sendo em geral apresentadas em

¹ A garantia da VUP está diretamente ligada ao cumprimento das etapas de manutenção da habitação pelo usuário, a fim de garantir o prazo de 50 anos, ampliando este com o atendimento aos requisitos de manutenibilidade.

função da unidade funcional estabelecida ou da unidade de serviço, tais como kWh/m², MWh/m², GJ/m², MJ/m².

Considerando a complexidade dos processos que envolvem o ciclo de vida das edificações, nesta cadeia produtiva, uma ACVE possui atributos especiais. A Figura 1 sintetiza as etapas do ciclo de vida de uma edificação, conforme as terminologias usuais dos consumos energéticos em cada etapa ao longo do ciclo de vida.

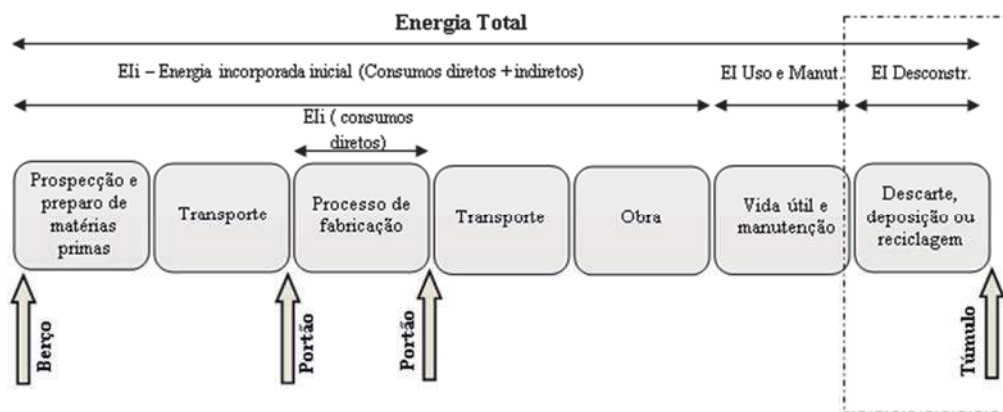


Figura 1 – Etapas do ciclo de vida

Da Figura 1, tem-se que a Energia Total é o conjunto dos requisitos energéticos em uma abordagem “berço ao túmulo”, ou seja, é a energia incorporada inicial somada com a energia incorporada operacional e a energia incorporada de desconstrução; a Energia incorporada inicial é o conjunto dos insumos energéticos, diretos e indiretos, utilizados para executar a habitação; a Energia incorporada operacional é o conjunto dos insumos energéticos utilizados para suprir as necessidades durante a vida útil da edificação, como cocção, iluminação, entretenimento, climatização e manutenção e a Energia incorporada de desconstrução é a energia consumida na etapa final do ciclo por descarte, deposição ou reciclagem. No Brasil, podemos citar algumas pesquisas que adotam a ACVE tais como, (Satler & Grigoletti, 2001), (Tavares, 2006), (Lobo, 2010), (Carminatti Jr, 2012), (Paulsen & Sposto, 2013), (Pedroso & Sposto, 2013), (Maciel, 2013), (Uribe, 2013), (Pedroso & Sposto, 2014).

4 SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL

Na busca de maior racionalização e produtividade na produção de HIS, novos sistemas de vedação verticais internos e externos (SVVEI) tem sido utilizados no Brasil, entre os quais podem ser citados os de alvenaria estrutural (SVVIE ALES), os de concreto moldado in loco (SVVIE CONC) e o *steel frame* (SVVIE STFR), entre outros. Neste trabalho considerou-se a análise da energia incorporada destes sistemas, além do sistema convencional, constituído por estrutura de concreto armado e vedação de blocos cerâmicos (SVVIE CONV), que é o mais difundido no Brasil (Figura 2).

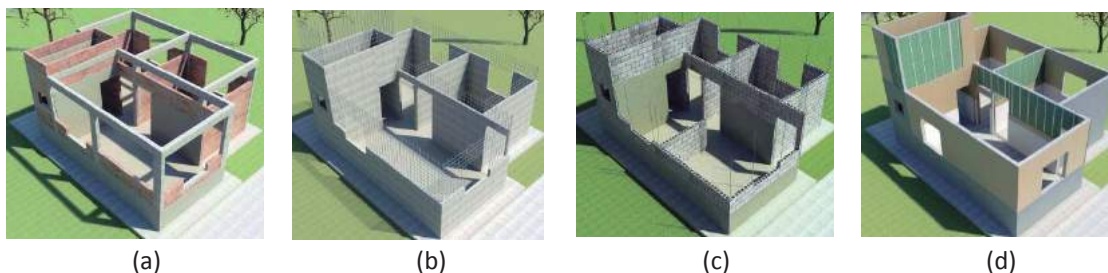


Figura 2 – SVVIEs estudados: (a) SVVIE CONV; (b) SVVIE CONC; (c) SVVIE ALES; (d) SVVIE STFR.

4.1 – Sistema em painel de concreto moldado no local – SVVIE CONC

Adotado no Brasil desde 1970-1980, com o crescimento do déficit habitacional brasileiro, o sistema foi apresentado como alternativa à construção em escala de habitações de até quatro pavimentos, proporcionando rapidez necessária para desenvolver grandes quantidades de habitações.

4.2 - Sistema em *steel frame* – SVVIE STFR

O Sistema em *Steel Frame* ou *Steel Framing* é constituído por estrutura de perfis de aço zincado por imersão à quente ou por eletrodeposição e formados a frio, unidos principalmente por parafusos autobrocantes e pinos especiais, formando painéis de paredes e estrutura de laje e cobertura, compondo um conjunto autoportante, apto a receber os esforços emitidos pela habitação (CAIXA, 2003).

4.3 - Sistema de alvenaria estrutural de blocos de concreto – SVVIE ALES

O sistema construtivo de alvenaria estrutural de blocos de concreto é normalizado pela ABNT NBR 15961-1:2011, ABNT NBR 15961-2:2011 e demais normas complementares. Uma estrutura de alvenaria deve ser projetada de modo que esteja apta a receber todas as influências ambientais e ações que sobre ela produzam efeitos significativos tanto na sua construção quanto durante a sua vida útil de projeto. Deve resistir às ações excepcionais, como explosões e impactos, sem apresentar danos desproporcionais às suas causas.

4.4 - Sistema em concreto armado convencional – SVVIE CONV

Sistema de vedação vertical mais adotado no Brasil, visto que é o mais difundido em todas as regiões, constituído basicamente como uma estrutura reticulada de concreto armado com função estrutural formada por pilares, vigas, lajes e vedações de blocos cerâmicos. Este SVVIE é projetado e executado de acordo com a ABNT NBR 6118:2013, as normas ABNT NBR 15270-1:2005, ABNT NBR 15270-3:2005 e normas complementares.

5 - DESCONSTRUÇÃO

A desconstrução é caracterizada pela desmontagem da habitação, com a possibilidade de recuperar os materiais e partes de construção, de modo a propiciar o seu reuso. Existem muitos fatores que podem influenciar no sucesso da implementação da desconstrução, como: trabalho da mão de obra, planejamento, custo, taxas de uso do aterro, características perigosas dos resíduos de demolição, mercados, sistema de classificação de material, restrições de tempo e econômicas, acordos contratuais e políticas públicas (Andrade, 2013).

Segundo Crowther (2002), o projeto para desmontagem pode aumentar, inicialmente o custo de produção, contudo na larga escala tem um grande potencial de trazer benefícios à sociedade.

Kibert & Chini (2000), apontam que o processo de desconstrução preserva a energia incorporada investida na produção dos elementos, reduzindo o consumo de uma nova energia no processamento ou manufatura, oferecendo alguns benefícios em relação a uma demolição sem critérios definidos, como: Diminuição do direcionamento de resíduo para aterros, Potencial reuso dos componentes construtivos, Maior facilidade de reciclagem dos materiais, Menor impacto ambiental.

Os métodos típicos de demolição são colapso e a demolição progressiva. Já para a desconstrução são adotados os métodos não destrutivos, onde os equipamentos recomendados para este processo são os que possibilitam a desmontagem dos componentes e o seu transporte de forma segura e rápida, garantindo a integridade dos mesmos (Andrade, 2013). Na Figura 3, apresenta-se uma sequência de desmontagem.

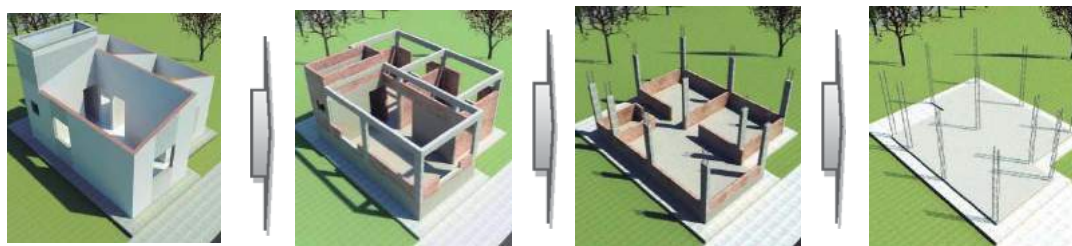


Figura 3 – Sequência de desconstrução de uma habitação em concreto armado com vedação de blocos cerâmicos.

6. MÉTODO EMPREGADO

Para este trabalho adotou-se um projeto de arquitetura representativo da HIS implantada no Brasil, em termos de área construída, características geométricas, sistemas de vedação, referenciados e aprovados pelos órgãos financiadores oficiais. O projeto tem área de 45,64 m² (Figura 4).

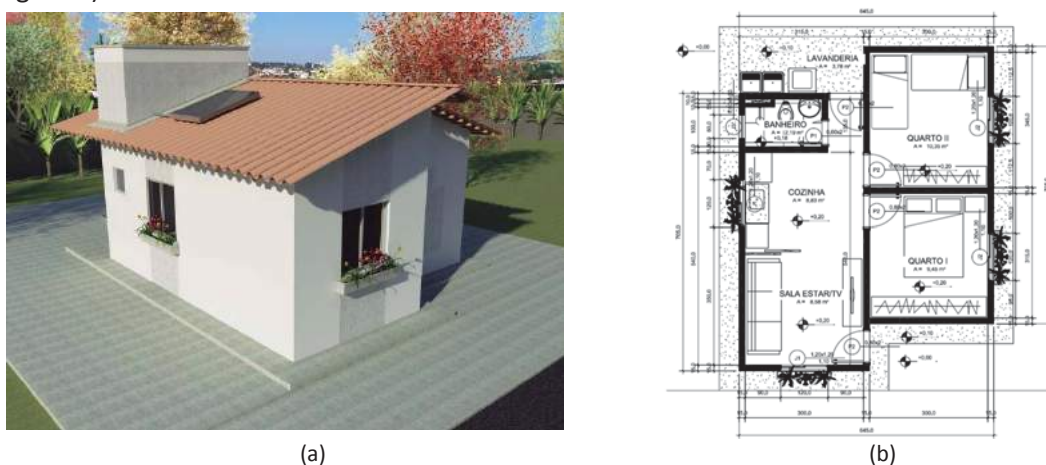


Figura 4 – Tipologia da habitação pesquisada: (a) Perspectiva; (b) Planta baixa (sem escala).

Nos ensaios de desconstrução, a partir dos projetos estruturais dimensionados, foram construídas as vedações, em um total de seis paredes para cada SVVIE (Tabela 1).

Tabela 1: Composição do conjunto de amostras para ensaio de desconstrução

SVVIEs	Tamanho da amostra para cada SVVIE
SVVIE CONC	6 paredes de vedação de 100 x 100 cm
SVVIE CONV	6 paredes de vedação de 100 x 100 cm
SVVIE ALES	6 paredes de vedação de 100 x 100 cm
SVVIE STFR	6 paredes de vedação de 100 x 100 cm

Após a construção, com o cadastro dos equipamentos utilizados, a sua EI foi catalogada, de forma a compor o resultado para cada SVVIE, para compilação posterior. A fim de definir as larguras de cada SVVIE, considerou-se o atendimento a transmitância térmica ($U \leq 3,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$) e capacidade térmica ($CT \geq 130 \text{ KJ/(m}^2.\text{K)}$), desde que $\alpha \leq 0,6$, considerando a região bioclimática de Brasília, zona 4, vida útil mínima de 50 anos. Na Tabela 2, são apresentados os resultados do cálculo para U e CT.

Tabela 2: Valores de U e CT para os sistemas pesquisados.

SVVIEs	U (W/m ² .K)	CT (KJ/m ² .K)
SVVIE CONC	3,70	420
SVVIE CONV	2,25	142
SVVIE ALES	3,07	264
SVVIE STFR	0,29	133

Com a definição de U e CT, as larguras das paredes foram definidas, segundo a Tabela 3.

Tabela 3: Larguras de paredes dos SVVIEs pesquisados.

SVVIEs	SVVIE CONC	SVVIE CONV	SVVIE ALES	SVVIE STFR
Larguras de parede (cm)	10,00	15,50	15,50	14,80

Com os resultados de EI para cada SVVIE, estes foram inseridos nos cálculos da etapa de desconstrução dos estudos de caso. Na Figura 5, visualizam-se os quatro modelos de SVVIE que foram construídos e desmontados para a pesquisa.

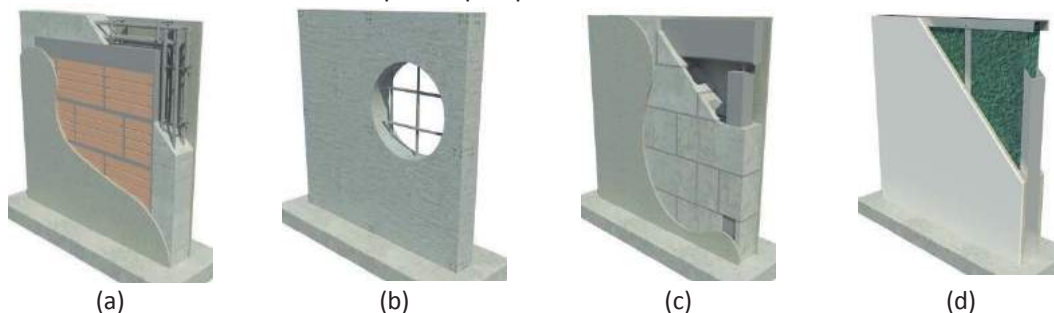


Figura 5 – Modelos de SVVIEs construídos: (a) SVVIE CONV; (b) SVVIE CONC; (c) SVVIE ALES; (d) SVVIE STFR.

Os ensaios foram desenvolvidos na quantidade informada em local único, o qual comportou as quatro séries de seis paredes dos SVVIEs pesquisados. Na Figura 6 é mostrado o local com as paredes já construídas, preparadas para a desmontagem.



Figura 6 – Paredes construídas segundo os SVVIEs pesquisados

Após a construção, foram tomadas as medidas necessárias para a desmontagem, iniciando-se com a escolha dos equipamentos, descritos no item 6.1.

6.1 - Descrição dos equipamentos para a desmontagem dos SVVIEs

Para os tipos de paredes ensaiadas, os equipamentos adotados foram os do tipo leve, de fabricantes nacionais, com funcionamento através de energia elétrica a fim de quantificar a EI na realização da desmontagem. Na Figura 7, são mostrados os equipamentos referidos.



Figura 7 – Equipamentos adotados para a desmontagem das paredes: (a) - Mini-Esmerilhadeira Bosch GWS 7-115 ET; (b) - Parafusadeira Drywall VVR 720 DW253; (c) - Martelo Rompedor Bosch GSH 11 E Professional.

Na Figura 8, mostram-se os aspectos visuais de cada tipo de parede em algum momento da desmontagem, lembrando que foram realizados seis experimentos para cada tipologia de SVVIE.

Com os ensaios realizados, foram obtidos os dados de EI, volume e peso. Para o cálculo da EI de desconstrução e os consumos de energia de cada equipamento, foram levantados e transformados em GJ, assim como a energia consumida de mão de obra, obtendo-se resultados em GJ/m², ou seja, unidade de energia por m² de área construída, de modo a comparar o consumo por tipo de SVVIE.



Figura 8 – Paredes em processo de desmontagem: (a) SVVIE CONV; (b) SVVIE CONC; (c) SVVIE ALES; (d) SVVIE STFR.

7 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estão apresentados na Tabela 4, na qual são mostrados os resultados com tratamento estatístico básico por meio de média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 4: Valores de EI, Volume e Peso para as amostras do ensaio de desmontagem.

SVVIEs	Média aritmética			Desvio padrão			Coef. de variação - %		
	Peso	EI	Vol.	Peso	EI	Vol.	Peso	EI	Vol.
	kg	MJ/m ²	m ³	kg	MJ/m ²	m ³	kg	MJ/m ²	m ³
SVVIE CONC	224,07	0,37	0,18	7,54	0,07	0,01	3,37	19,68	5,63
SVVIE STFR	58,33	0,15	0,15	0,73	0,04	0,00	1,25	28,48	0,00
SVVIE ALES	262,23	0,29	0,25	5,55	0,06	0,01	2,12	20,34	5,63
SVVIE CONV	238,46	0,96	0,23	14,74	0,14	0,01	6,18	14,95	5,05

Na Tabela 5 são mostrados os dados de EI total, para cada SVVIE pesquisado, considerando que foram contabilizados os equipamentos e a mão de obra envolvida. Não foi considerado o transporte até o local de deposição. Assim, para os equipamentos, considerou-se que o projeto da habitação teve 125,02 m² de parede, para uma área construída de 45,64 m², então resultou na EI Total em GJ/m². Para a mão de obra, considerou-se a mesma rotina, considerando o tempo consumido em horas para os 125,02 m² de parede e ainda o valor retirado de Bouchard *et al* (1983) para EI da mão de obra.

Tabela 5: Valores de EI total para cada SVVIE

SVVIE	Tipo consumo	Und	Quant.	EI*	EI x FC**	EI total	EI total	EI total***
				(MJ/und)	(MJ/und)	(MJ)	(GJ/m ²)	(GJ/m ²)
SVVIE CONC	Equipamentos	m ²	125,02	0,37	1,67	74,94	0,0016	0,0048
	Mão de obra	h	87,52	1,64	-	143,53	0,0031	
SVVIE STFR	Equipamentos	m ²	125,02	0,15	1,67	30,38	0,0007	0,0029
	Mão de obra	h	62,5	1,64	-	102,50	0,0022	
SVVIE ALES	Equipamentos	m ²	125,02	0,29	1,67	58,53	0,0013	0,0034
	Mão de obra	h	57,5	1,64	-	94,30	0,0021	
SVVIE CONV	Equipamentos	m ²	125,02	0,96	1,67	194,43	0,0043	0,0083
	Mão de obra	h	112,52	1,64	-	184,53	0,0040	

* A referência de EI para mão de obra, foi de dado secundário (Bouchard *et al* – 1983) para a mão de obra. A referência de EI para os equipamentos foi de uso final, com os dados sendo obtidos pelos autores, através dos ensaios que resultaram nos valores de EI expostos na Tabela 3.

** FC significa fator de correção, o qual permite corrigir a energia de uso final, encontrada pelos autores nos ensaios de desmontagem para energia primária, para o ano de 2014. Esta correção se dá apenas para os equipamentos, já que os dados foram obtidos diretamente da rede elétrica de uso final para o consumidor, portanto sem a devida correção.

*** A EI total encontrada por m², foi multiplicada pela área de parede e posteriormente dividida pela área construída da habitação.

Na Figura 9, observa-se que o menor consumo foi para o sistema de steel frame (SVVIE STFR) e o maior consumo para o sistema de estrutura de concreto armado e bloco cerâmico convencional (SVVIE CONV).

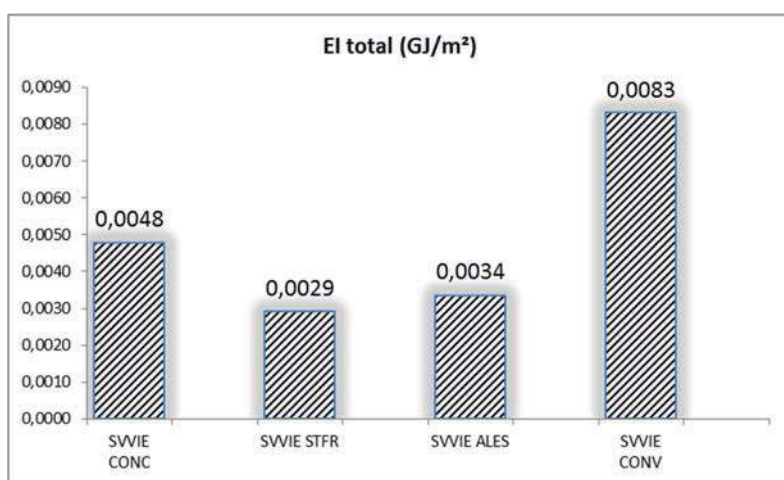


Figura 9: Comportamento dos SVVIEs quanto ao consumo de EI/m² na desmontagem

O potencial de desconstrução pôde, assim, ser estabelecido para os diversos sistemas estudados, considerando-se um estudo de caso no DF, sendo este potencial em ordem decrescente para os sistemas SVVIE STFR, SVVIE ALES, SVVIE CONC e SVVIE CONV.

Este potencial pode ser utilizado na fase de projeto, onde visando a sua maior sustentabilidade adotam-se critérios de menor consumo de energia na fase de desconstrução. No entanto, observa-se que a desconstrução não pode ser dissociada de estudos de reuso ou reciclagem dos materiais, pois a partir da integridade e do tipo de resíduo ou material obtido é que se tem um cenário do seu maior benefício.

Além disso, também é necessário o conhecimento da gestão dos resíduos no local, com a finalidade de compreender o seu destino e/ou reaproveitamento.

8 - CONCLUSÕES

O estudo mostrou que a desmontagem de SVVIEs pode apresentar valores de EI muito diferentes, devido as suas composições de materiais e componentes, tipos de conexões e projetos.

Dentre os sistemas pesquisados, os valores evidenciam que consideradas as limitações impostas pela metodologia, o sistema em *steel frame* é aquele que consome menos EI no processo de desmontagem. Tal situação pode ser explicada pelo método de desmontagem que no caso, consiste na adoção da parafusadeira que quando acionada com rotação contrária, desmonta o conjunto, num tempo menor que os demais.

Mensurando os valores de EI total, a mesma representa 39 % para o sistema em *steel frame* em relação ao sistema em concreto armado convencional, 63 % em relação ao sistema em painel de concreto e 89 % em relação à EI do sistema em alvenaria estrutural. O sistema em concreto

armado convencional com blocos cerâmicos é aquele que consome mais EI na etapa de desmontagem, o que ficou evidenciado nos ensaios pela dificuldade em demolir mesmo com o martelo a parte relacionada aos pilares de concreto armado.

Já os sistemas em alvenaria estrutural e de painel de concreto mantiveram-se em posição intermediária em relação aos demais, na questão do consumo de EI. Este estudo foi realizado com amostras em tamanho 1:3, logo não pode ser considerado como regra para escala real, entretanto, desperta o interesse em uma área crescente em função de todo o contexto da sustentabilidade na indústria da construção civil.

Como considerações finais tem-se que um projeto de habitação, para ser mais sustentável, deve considerar aspectos de desconstrução dos seus componentes, elementos ou sistemas, para economia de energia nesta fase, bem como para permitir o reuso ou reciclagem destas partes.

Desta forma, outros estudos de reuso e reciclagem de materiais, componentes e elementos ou sistemas são necessários, tendo em vista que os recursos (materiais e energia) para a sua fabricação são cada vez mais escassos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES/MEC pelo recurso concedido para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2001. NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 10 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009. NBR 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012. NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013. NBR 15575-4: Edificações habitacionais — Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro.

Andrade, F. (2013). Metodologia para a Avaliação do Processo de Desconstrução de Estruturas de Concreto Armado Pré-Fabricado de Galpões: estudo de caso no DF e GO. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD-004A/13, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 147p.

Bouchard, C. A. et al. 1983. Method to assess energy expenditure in children and adults. *American Journal of Clinical Nutrition*, New York, v. 37, p. 4610467.

Carminatti JR., R. 2012. Análise do ciclo de vida energético de projeto de habitação de interesse social concebido em light steel framing. Dissertação de Mestrado. São Carlos, SP, UFSCar.

Caixa, 2003. Sistema construtivo utilizando perfis estruturais formados a frio de aços revestidos – Requisitos e condições mínimos para financiamento pela Caixa / Caixa Econômica Federal. – Brasília, DF, acesso em 13 de julho de 2013.

Crowther, Philip. Design for buildability and the deconstruction consequences. In: Design for deconstruction and materials reuse. CIB Publication 272, 2002.

Huberman, N.; Pearlmutter, D. A life-cycle energy analysis materials in the Negev desert. *Energy and Buildings* 40. 2008. Pgs. 837 - 848.

ITEC, 1995, Institut de la Tecnologia de la Construcció de Catalunya, Manual de desconstrucció, Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Junta de Residus, 1ª Edició: novembre 1995. Raimon Flos.

Kibert, C. J.; CHINI, A. R. Overview of Deconstruction in Selected Countries. CIB Publication 252, 2000.

Maciel, A. C. F. 2013. Energia incorporada de fachadas ventiladas nas fases de pré-uso, uso e manutenção: Estudo de caso para edificação habitacional modelo típica do plano piloto de Brasília-DF. Dissertação de Mestrado em Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Paulsen, J. S.; Sposto, R. M. 2013. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program "MY HOUSE MY LIFE". Energy and Buildings 57, pags. 95-102.

Parzekian, G. A.; Hamid, A. A.; Drysdale, R. G. 2012. Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural. São Carlos: EdUFSCar, 625 p.

Pedroso, G. M.; Sposto, R. M. 2013. Análise do ciclo de vida energético (ACVE) de habitações de interesse social (HIS) de paredes de concreto. In: III Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, VI Encontro Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 24-26 Julho, Campinas, SP.

Pedroso, G. M.; Sposto, R. M.; Campos, D. P.; Paiva, L. A. 2014. Energia incorporada na fase de pré-uso de paredes de concreto armado moldadas *in loco* – Estudo de caso no DF. Congresso internacional: Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social (Anais. 3.:2014: Porto Alegre, RS).

Pullen, S. F. The spatial representation of embodied energy of residential areas in the urban environment. 1996. 297 p. Thesis (Doctor Degree of Philosophy) – The University of Adelaide. Adelaide, Australia. 1996.

Tavares, S.F. 2006. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. 2006. 225f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Uribe, P. C. D. 2013. Análise Térmica e Energia Incorporada de Vedações para Habitações de Interesse Social. Estudo de Caso com Utilização do Steel Frame no Entorno do DF. Dissertação de Mestrado em Construção Civil, Publicação E.DM-005A/13, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 108p.

Avaliação da sustentabilidade ambiental de edificações públicas sob o foco do sistema de certificação LEED

Roberto Caldeira da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba/Paraná, Brasil.

rcaldeira@utfpr.edu.br

Eloy F. Casagrande Jr.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba/Paraná, Brasil.

eloy.casagrande@gmail.com

Adriana de Paula Lacerda Santos

Universidade Federal do Paraná, Curitiba/Paraná, Brasil.

adrianapls1@gmail.com

ABSTRACT: The construction of a building accounts for a significant portion of the negative impacts to the environment. In this context, governments have the means to design more sustainable buildings, taking into account in project design issues related to the rational use of water and materials, the preservation of natural resources, the enhancement of the local workforce, the energy efficiency and the user comfort, considering all stages of the life cycle of the building. However, the main intervention in the adoption of environmental sustainability criteria process must start from the professionals and managers involved in the design of projects. In this sense, the aim of this paper is to propose improvements to the stage of public building projects, from the standpoint of LEED-NC system. The strategy adopted for the research was the case study of a Federal Higher Education Institution (IFES), located in the city of Curitiba-PR, and data collection performed by applying a checklist, where with its help was possible to check the composition of the building in relation to the categories listed in the certification system. The study revealed that the building does not meet most of the items of the categories specified in checklist, reaching a very low score. However, with recommendations for improvement, the assessment was redone, managing to get a score that would enable the building's certification. It is expected that innovation in project design processes provide important elements for implementing a sustainable pattern of procedure that will enable the sector to encourage research and development of materials and products, in search of solutions that present satisfactory benefit cost, durability, responsibility social and environmental respect.

Keywords: LEED-NC, sustainability assessment. **RESUMO:** A construção de um edifício responde por uma parcela significativa dos impactos negativos causados ao meio ambiente. Neste contexto, a Administração pública possui condições de conceber edificações mais sustentáveis, levando em consideração na elaboração dos projetos as questões relativas ao uso racional da água e dos materiais empregados, a preservação dos recursos naturais, a valorização da mão de obra local, a eficiência energética e o conforto do usuário, tendo em vista todas as etapas do ciclo de vida da edificação. No entanto, a principal intervenção no processo de adoção de critérios de sustentabilidade ambiental deve partir dos profissionais e gestores envolvidos na concepção dos projetos. Neste sentido o objetivo deste artigo é propor melhorias para a fase de projetos de edificações públicas, sob o enfoque do sistema de certificação LEED-NC (New Construction). A estratégia adotada para a pesquisa foi o estudo de caso de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), localizada na cidade de Curitiba-PR, sendo a coleta dos dados realizada por meio da aplicação de um *checklist*, onde com o auxílio deste foi possível verificar o enquadramento da edificação em relação às categorias constantes do sistema de certificação. O estudo revelou que a edificação não atende a maioria dos itens das categorias previstas no *checklist*, alcançando uma pontuação muito baixa. No entanto, com as recomendações de melhoria, refez-se a

avaliação, conseguindo obter um escore tal que possibilitaria enquadrar a edificação como certificada. Espera-se que a inovação nos processos de concepção de projeto fornecerá elementos importantes para implantação de um padrão de procedimento sustentável que possibilitará incentivar o setor de pesquisa e desenvolvimento de materiais e produtos, na busca de soluções que apresentem custo benefício satisfatório, durabilidade, responsabilidade social e respeito ao meio ambiente.

Palavras-chave: LEED-NC, avaliação da sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

É dever da administração pública planejar e controlar a execução de suas obras, de modo que as mesmas sejam concluídas dentro do prazo, no valor estimado e em conformidade com a legislação e os parâmetros especificados no Edital de licitação. Além disso, uma edificação pública deve primar pela sustentabilidade, ou seja, minimizar os impactos gerados ao meio ambiente e aos usuários, bem como ser projetada e construída visando uma vida útil prolongada a custos de execução e manutenção viáveis (MOTTA, 2005).

Neste sentido, os principais esforços para implementação de critérios de sustentabilidade ambiental e inovação em edificações públicas devem estar voltados para concepção dos projetos, especificamente na elaboração do projeto básico, pois nesta etapa a possibilidade de intervenção é muito maior e os custos envolvidos na necessidade de adequações são muito menores que nas demais etapas que compõem o ciclo de vida desta tipologia de edificação.

Para Valente (2009) a construção sustentável se desenvolve a partir de ações que permitam à construção civil enfrentar e criar soluções aos problemas ecológicos, utilizando tecnologia, selecionando os materiais e seus fornecedores, criando construções que atendam às necessidades de seus usuários como também do meio ambiente.

Tendo em vista este cenário que se apresenta, em 2010 o governo federal do Brasil publicou a Instrução Normativa Nº 01/2010 - que trata dos critérios de sustentabilidade ambiental para aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal- enfatizando que na contratação das obras e serviços de engenharia, conforme o Art. 4º nos termos do art. 12 da Lei nº 8.666, de 1993 “as especificações e demais exigências do projeto básico ou executivo, para contratação de obras e serviços de engenharia, devem ser elaborados visando à economia da manutenção e operacionalização da edificação, a redução do consumo de energia e água, bem como a utilização de tecnologias e materiais que reduzam o impacto ambiental” (BRASIL, 2010). Recentemente foi publicada a Instrução Normativa Nº 02/2014, a qual dispõe sobre a obrigatoriedade das edificações públicas obterem a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), Geral de Projeto classe “A” e Geral de Edificação Construída classe “A”, onde é avaliada a conformidade da envoltória da edificação e dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar.

Cabe ressaltar que os critérios de sustentabilidade para o espaço construído muitas vezes representam um investimento inicial alto, mas que ao longo da vida útil do empreendimento, vão sendo minimizados por meio dos ganhos com eficiência energética, uso racional da água e durabilidade da edificação.

Existem inúmeros conceitos de sustentabilidade ambiental e desempenho, mas que no presente trabalho foram analisados de acordo com os estudos de Degani (2003, 2010), Rosa (2005), Antonioli (2009), Valente (2009), Tavares (2006), Hernandez (2006) e Silva (2003).

Neste contexto, esta pesquisa pretendeu analisar a sustentabilidade de edificações públicas sob o enfoque do sistema de certificação LEED-NC.

2. OBJETIVO

Tendo em vista a pesquisa de Silva (2012) que contemplou o estudo de caso realizado em uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), de acordo com o sistema de certificação LEED-NC, o objetivo geral do presente trabalho é propor melhorias para a fase de projetos de edificações públicas, sob o foco da sustentabilidade ambiental.

Os objetivos específicos da pesquisa consistiram em:

- Realizar uma análise comparativa dos principais sistemas de certificação atuantes no Brasil e adotar o mais adequado à realidade da instituição;
- Avaliar por meio do estudo de caso o nível de utilização da certificação LEED-NC nas edificações da IFES;
- Indicar os itens deficitários da edificação de estudo, com relação aos parâmetros da certificação adotada;
- Avaliar a possibilidade de adequar a edificação aos critérios da certificação;
- Propor soluções de projeto visando cumprir as exigências mínimas para tornar as futuras edificações da IFES compatível com os requisitos da certificação.

3. JUSTIFICATIVA

É possível afirmar que o desempenho de uma edificação está intimamente ligado a sua concepção, ou seja, ao modo como foi projetada e construída, tendo em vista os materiais empregados e os sistemas construtivos. Neste contexto, uma edificação sustentável não é apenas aquela que utiliza materiais ambientalmente corretos ou que recicla os resíduos gerados da construção, mas sim a que adota princípios de conforto térmico e de iluminação, visando a eficiência energética e um ambiente salubre, como também o aproveitamento da água da chuva e a facilidade de manutenção e desmonte da edificação quando for o momento (BORGES, 2008).

Sob o mesmo ponto de vista, a preocupação com a questão ambiental passou a ser levantada nos mais diversos setores da sociedade, promovendo a gradativa adesão dos diferentes setores mercadológicos. A busca do equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável, é usualmente descrita em função da chamada “triple bottom line”, que congrega as dimensões ambiental, social e econômica do desenvolvimento sustentável (SILVA, 2003).

Nesse sentido, nos Estados Unidos o *United States Green Building Council* (USGBC) desenvolveu no ano 1999 um sistema de certificação ambiental divulgado e aplicado internacionalmente, o LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*. No Brasil, ele está representado pelo GBC Brasil, no entanto, o organismo certificador permanece sendo o USGBC nos Estados Unidos. A certificação confirma que os empreendimentos foram projetados e construídos por meio de estratégias destinadas a melhorar o desempenho em termos de energia, água, redução da emissão de CO₂, melhor qualidade do ambiente interior, administrando o uso dos recursos naturais e minimizando os impactos ambientais (DEGANI, 2010).

De acordo com Silva (2003) o LEED é provavelmente o método disponível mais amigável enquanto ferramenta de projeto, o que facilita a sua incorporação à prática profissional. Do mesmo modo, o LEED-NC (New Construction) é uma certificação baseada na pontuação de sete grandes áreas: Espaço sustentável; Uso racional da água; Energia e atmosfera; Materiais e recursos; Qualidade ambiental interna; Inovação e processo de projeto e; Créditos regionais. O objetivo do LEED é acelerar a adoção das práticas dos Edifícios Verdes (GBC Brasil, 2011).

É possível afirmar que o conceito de construção sustentável é variável de acordo com as prioridades de cada país e está relacionado diretamente com as especificidades de seu clima, tradições construtivas, estágio de desenvolvimento industrial, cultura, natureza das edificações existentes e características dos diversos agentes envolvidos (DEGANI, 2010).

Assim, tendo em vista a atual conjuntura da sociedade, em termos de um desenvolvimento sustentável, é de suma importância conceber edificações públicas tendo como objetivos: o emprego consciente de materiais; a facilidade de construção e manutenção; a eficiência energética; conforto ambiental; o uso racional da água; e a economicidade.

Com relação ao assunto, Valente (2009) afirma que construções sustentáveis geram menos impactos ambientais abrangendo todas as etapas do ciclo de vida dos edifícios, desde a concepção do produto e o projeto, passando pelos processos de construção e de uso das edificações, chegando até a etapa de desmonte.

Além disso, Valente (2009) pondera que o objetivo da certificação é promover a conscientização de todos os envolvidos no processo, desde a fase de projeto, passando pela construção, até o usuário final, incorporando soluções que irão permitir uma redução no uso de recursos naturais, promovendo conforto e qualidade para seus usuários.

No intuito de ilustrar este cenário que se apresenta, de acordo com publicação no *site* oficial do *Green Build Council* (GBC) Brasil, destaca-se da Figura 01 que os registros de empreendimentos públicos representam 2,9%, onde este panorama demonstra que a Administração pública se comparada com a iniciativa privada e os demais segmentos responde por um pequeno percentual de empreendimentos com critérios de sustentabilidade ambiental.

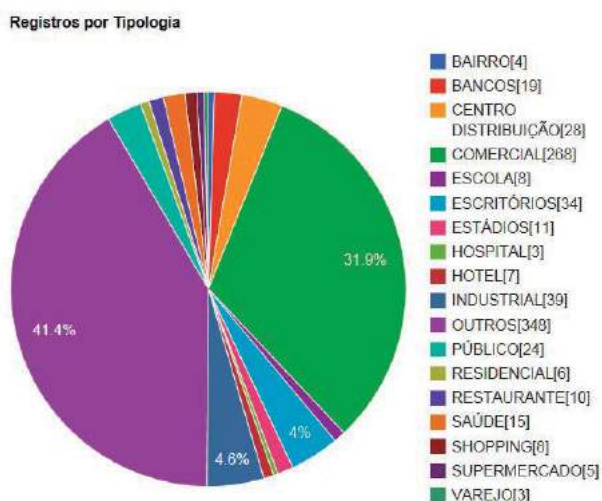


Figura 1 – Percentual de certificação LEED por tipologia do empreendimento FONTE: GBC Brasil (2014)

Ademais, é possível afirmar que para investidores e empreendedores privados, a viabilidade de um projeto é condição de sua capacidade de gerar retorno financeiro sobre o capital investido, isto é, de produzir lucro, ou seja, o investimento no projeto deve ser rentável (ROSA, 2005).

Desta forma, todo empreendimento depois de idealizado e realizado o projeto básico (composto por estudos, anteprojetos e orçamento estimativo) passa por uma etapa de viabilidade financeira. Esta etapa é primordial e define se o empreendimento terá prosseguimento ou será revisado e adaptado, onde entende-se que um empreendimento para ser viável financeiramente deve gerar retorno financeiro ao empreendedor ou proprietário.

Nesse sentido as construções sustentáveis tendem a utilizar materiais e sistemas construtivos que atualmente apresentam preços superiores aos convencionais, mas que ao longo do tempo esses custos serão recuperados com o aumento da vida útil da edificação e com a redução dos custos de operação e manutenção.

Segundo Rosa (2005), um empreendimento para ser viável financeiramente deve gerar retorno financeiro ao empreendedor ou proprietário, seja a curto ou longo prazo, conforme as expectativas previamente definidas. Para isso, deve-se ter em vista que o custo global de construção depende da vida útil projetada, sendo o custo global a soma dos custos de aquisição mais o custo de operação e uso, considerando o desmonte do bem após a vida útil (BORGES, 2008).

Assim, as edificações sustentáveis podem apresentar um maior investimento inicial, porém possuem custos operacionais mais baixos, valorizando o imóvel, sendo mais saudável para seus usuários, conservando água e energia, reduzindo a emissão de gases (VALENTE, 2009).

Pela mesma razão, uma edificação pública sustentável, no caso em questão de uma IFES, o retorno financeiro está na durabilidade e conforto que a edificação proporcionará aos usuários, bem como na economia de recursos para o governo com a adoção de critérios que economizem e racionalizem o consumo de recursos, ou seja, a eficiência energética e o uso racional da água. Quanto aos fatores sociais, as obras de edificações públicas norteiam-se pela excelência e pelo bem social que elas proporcionam à população e não apenas pelo enorme volume de recursos que as envolvem. Estas são concebidas para atender a sociedade em suas necessidades básicas, tais como: hospitais, escolas, universidades, aeroportos e casas populares (SILVA, 2009).

Neste contexto, de acordo com a tendência que se apresenta de uma construção civil sustentável, a presente pesquisa justifica-se tendo em vista que grande parcela do setor é motivada pelos órgãos públicos e que a sociedade é atingida tanto pelas bem feitorias de uma obra pública, como também pelos impactos ambientais decorrentes da escassez dos recursos naturais e dos resíduos gerados.

4. MÉTODO EMPREGADO

O trabalho abordou a metodologia de avaliação da sustentabilidade ambiental de uma edificação da IFES, financiada pelo Programa de Reestruturação das Universidades Federais - REUNI, de acordo com os parâmetros definidos no sistema de certificação LEED-NC versão 2010. O estudo realizado é qualitativo e não faz parte do escopo do trabalho a abordagem de métodos quantitativos nem ensaios de materiais.

Da análise comparativa apresentada na pesquisa de Silva (2012), foi possível verificar que a metodologia melhor estruturada e que apresenta maior facilidade de aplicação é a LEED-NC, pois seu formato em *checklist* é mais apropriado para etapa de pesquisa de campo, além de ser a mais difundida com relação à divulgação das práticas de edificações sustentáveis.

Nesse sentido, não se pretendeu certificar a edificação estudada, mas sim indicar aos projetistas decisões de projeto que podem minimizar os impactos ambientais gerados pelo ambiente construído.

O procedimento para avaliação consistiu no estudo de campo da edificação *in loco*, ou seja, procedendo a análise de acordo com a edificação executada e em uso, confrontando a mesma com os créditos da certificação. As fontes de evidência para tanto foram: observação-participante, documentos relacionados à edificação (projetos, memoriais, planilhas, etc.) e aplicação de questionários com engenheiros e arquitetos que atuam na concepção e fiscalização de obras públicas.

A Figura 2 a seguir apresenta de maneira resumida os resultados obtidos em cada categoria analisada de acordo com a certificação LEED-NC.








RESUMO DO RESULTADO DA ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO		
CATEGORIA	PREVISTO	VERIFICADO
 ESPAÇO SUSTENTÁVEL	26	14
 USO RACIONAL DA ÁGUA	10	0
 ENERGIA E ATMOSFERA	35	0
 MATERIAIS E RECURSOS	14	1
 QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA	15	3
 INOVAÇÃO E PROCESSO DE PROJETO	6	0
 CRÉDITOS REGIONAIS	4	1
TOTAL	110	19

Figura 2 – Resumo do resultado da avaliação do LEED-NC FONTE: Silva (2012)

A avaliação foi realizada de acordo com as categorias constantes da metodologia de certificação ambiental LEED-NC. Cada categoria apresenta um *checklist* com uma série de créditos, totalizando 110 pontos, os quais foram relacionados à edificação em estudo, onde ao final a soma dos pontos obtidos nas categorias identificou o nível de certificação atingido, sendo: Certificado 40 a 49 pontos; Prata 50 a 59 pontos; Ouro 60 a 79 pontos; e Platinum 80 pontos ou mais.

Desta forma, tendo em vista os 19 (dezenove) pontos atingidos na verificação global da edificação, é possível afirmar que o nível de sustentabilidade da edificação está muito abaixo do mínimo que seria de 40 pontos.

5. RESULTADOS OBTIDOS








A análise da edificação do estudo de caso, de acordo com a metodologia de certificação ambiental adotada, permitiu propor algumas recomendações de projeto, no intuito de melhorar a pontuação atingida nas categorias do *checklist*, para que as edificações públicas possam ser concebidas de forma mais sustentáveis, priorizando a durabilidade, o conforto ambiental, a eficiência energética e o uso racional da água.

É importante ressaltar que para cada recomendação proposta, sempre deve ser considerado o tempo de retorno do investimento e o ganho ambiental resultante. Há casos em que o retorno financeiro é rápido e outros em longo prazo, ou seja, é necessário ponderar o ganho ambiental e o retorno financeiro, pois de nada adianta uma solução ambientalmente correta, mas que tenha altos custos de implantação e manutenção, ou seja, para a solução ser sustentável tem que levar em consideração o meio ambiente, as pessoas envolvidas e os custos financeiros de implantação e operação, principalmente por tratar-se de uma edificação pública.

A Tabela 1 apresenta de forma sintética o resumo das recomendações para a construção de edificações públicas mais sustentáveis, tendo em vista os parâmetros constantes da metodologia de certificação ambiental LEED-NC.

Desta forma, verificou-se que com a implantação das melhorias sugeridas, a edificação do estudo de caso teria condições de obter a certificação LEED-NC. Para tanto, foi elaborada a Figura 3, a qual apresenta a pontuação que seria alcançada na verificação *in loco* da edificação, caso fossem implementadas as recomendações de melhorias.

Tabela 1 – Recomendações para edificações mais sustentáveis FONTE: Silva (2012)

Item	Recomendação
 Espaço sustentável	<ul style="list-style-type: none"> - Na ocasião da análise da viabilidade do terreno, priorizar áreas onde haja facilidade de acesso ao transporte público. - Atuar na redução do impacto direto ao meio ambiente do local da obra, atendendo ao disposto na Resolução CO-NAMA nº 307/2002. - Canteiro de obras: layout e operação em conformidade com a Norma Regulamentadora nº 18 do Ministério do Trabalho; redução de perdas por operação inadequada; uso racional da água (água de chuva) e eficiência energética (placa solar); adoção de materiais de origem local e com baixa emissão de CO₂; e tratamento e destinação final dos resíduos gerados. - Destinar áreas no terreno para estacionamento de veículos, bem como bicicletários e vestiários. - Aproveitamento da água de chuva. * priorizar a água de chuva para descarga de vasos sanitários e rega de jardim
 Uso racional da água	<ul style="list-style-type: none"> - Reuso da água. * priorizar a água de reuso para lavagem de calçadas - Aparelhos economizadores de água.
 Energia e atmosfera	<ul style="list-style-type: none"> - Comissionamento dos sistemas elétricos. - Adoção de luminárias com lâmpadas de LED; - Para áreas de circulação, corredores e escadas adotar luminárias com dispositivo sensor de presença. - Sempre que possível, utilizar fontes alternativas de geração de energia (solar) - Adotar aparelhos elétrico/eletrônicos com selo procel de eficiência energética nível A. - Atender ao disposto na Instrução Normativa Nº 01, de 19 de janeiro de 2010.
 Materiais e recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Adotar materiais com baixa emissão de CO₂. - Adotar materiais de origem regional. - Especificar materiais levando em consideração aspectos ambientais e sociais além do preço e qualidade. - Sempre que possível utilizar materiais provenientes de reuso e/ou de conteúdo reciclado. - Adotar materiais livres de compostos orgânicos voláteis (VOC) (tintas, vernizes, madeiras compostas).
 Qualidade ambiental interna	<ul style="list-style-type: none"> - Conceber projetos priorizando a ventilação cruzada e insolação - Adotar brises para controle da incidência solar - Manter o ambiente interno livre da fumaça do cigarro.
 Inovação e processo de projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Conceber projetos de edificações sustentáveis visando reduzir os custos de operação e manutenção
 Créditos regionais	<ul style="list-style-type: none"> - Levantar em consideração as prioridades ambientais específicas da região, de acordo com legislação dos órgãos competentes





RESUMO DA AVALIAÇÃO APÓS AS IMPLEMENTAÇÕES RECOMENDADAS		
CATEGORIA	PREVISTO	VERIFICADO
 ESPAÇO SUSTENTÁVEL	26	17
 USO RACIONAL DA ÁGUA	10	4
 ENERGIA E ATMOSFERA	35	6
 MATERIAIS E RECURSOS	14	6
 QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA	15	10
 INOVAÇÃO E PROCESSO DE PROJETO	6	1
 CRÉDITOS REGIONAIS	4	1
TOTAL	110	45

Figura 3 – Resumo da pontuação com as recomendações de melhorias FONTE: Silva (2012)

Assim, a edificação poderia ser enquadrada como CERTIFICADA, pois totalizou 45 pontos, ficando dentro da margem estipulada para a categoria que é de 40 a 49 pontos.

Por analogia, pode-se verificar que as IFES, assim como as demais edificações públicas, têm condições de conceber projetos para tornar suas edificações mais sustentáveis, bem como há a possibilidade de obter uma certificação LEED para esta tipologia de edificações.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs demonstrar a avaliação da sustentabilidade ambiental das edificações da IFES, tendo em vista o sistema de certificação LEED, onde verificou-se que é possível aplicar a metodologia demonstrada em outras tipologias de edificações.

A pesquisa contemplou a verificação minuciosa na edificação do estudo de caso, tendo como fontes de evidências os projetos, caderno de encargos, questionário aplicado na equipe de projetos e vistoria *in loco*. O objetivo foi verificar o nível de enquadramento da edificação, como construída, com relação aos itens constantes do *checklist* da certificação LEED-NC.

Ressalta-se que o objetivo principal não foi a certificação, mas sim identificar se as obras de edificações públicas brasileiras podem incorporar ações de projeto que minimizem os impactos ambientais.

Assim, com a verificação *in loco*, foi possível concluir que a edificação não atende a maioria dos itens das categorias previstas no *checklist*, alcançado uma pontuação muito baixa, insuficiente para obter uma certificação, caso esse fosse o objetivo.

No entanto, com as recomendações de melhoria, refez-se a avaliação do *checklist* realizada na verificação, conseguindo obter um escore de 45 pontos, o qual possibilitaria enquadrar a edificação como certificada, conforme a escala de 40 a 49 pontos.

Desta forma, é possível afirmar que a administração pública possui condições de conceber edificações mais sustentáveis, levando em consideração na elaboração dos projetos e no controle e fiscalização das obras, as questões relativas ao uso racional da água e dos materiais, a preservação dos recursos naturais, a valorização da mão de obra local, a eficiência energética e o conforto do usuário, tendo em vista todas as etapas do ciclo de vida da edificação.

É preciso atentar que a principal intervenção deve partir dos profissionais envolvidos na elaboração dos projetos, pois é preciso desenvolver e incentivar a cultura de agregar aos já tradicionais preço e qualidade, também os critérios relacionados ao meio ambiente e ao bem estar social dos usuários.

Ressalta-se que estas implementações devem ser motivadas pelos responsáveis pela gestão dos recursos públicos, pois existe uma resistência a mudanças e certa tendência a se manter os métodos tradicionais de se pensar e agir, sendo a inovação muitas vezes uma barreira que deve ser ultrapassada gradativamente.

REFERÊNCIAS

Antonioli, P. E. Estudo crítico sobre subsídios conceituais para suporte do planejamento de sistemas de gerenciamento de facilidades em edificações produtivas. São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Araújo, V. M. Coordenação técnica de projetos: caracterização e Subsídios para sua aplicação na gestão do processo de Projeto de edificações. São Paulo, 2009. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de Universidade de São Paulo.

Aulicino, P. Análise de métodos de avaliação de sustentabilidade do ambiente construído: o caso dos conjuntos Habitacionais. São Paulo, 2008. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de Universidade de São Paulo.

Borges, Carlos Alberto de Moraes. O conceito de desempenho das edificações e a sua importância para o setor da construção civil. São Paulo, 2008. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Brasil. Instrução Normativa Nº 01 de 19 de janeiro de 2010. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Brasília, 2010.

Brasil. Instrução Normativa Nº 02 de 04 de junho de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Brasília, 2014.

_____. Agenda 21 brasileira. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. Brasília, 2002.

_____. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.

Degani, C. M. Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios. São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de Universidade de São Paulo.

Degani, C. M. Modelo de gerenciamento da sustentabilidade de facilidades construídas. São Paulo, 2010. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica de Universidade de São Paulo.

GBC Brasil – Green Building Council Brasil, 2013. Empreendimentos certificados. <http://www.gbcbrazil.org.br/?p=faq> Acesso em 13/03/2014.

GBC Brasil – Green Building Council Brasil, 2011. Checklist da certificação LEED-NC. Disponível em<

Hernandes, T. Z. LEED-NC como sistema de avaliação da sustentabilidade: uma perspectiva nacional? São Paulo, 2006. Dissertação FAU/USP.

Motta, C. A. P. Qualidade das obras públicas em função da interpretação e prática dos fundamentos da lei 8.666/93 e da legislação correlata. Santa Maria, 2005. Artigo – Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul.

Rosa, M. P. Viabilidade econômico-financeira e benefícios ambientais da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil produzidos em Florianópolis-SC. Florianópolis, 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

Silva, R. C. Proposta de melhorias para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental: Estudo de caso de um edifício de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. Curitiba, 2012. Dissertação (Mestrado) – PPGCC - Universidade Federal do Paraná.

Silva, R. C. Critérios para licitação e fiscalização em obras de edificações públicas. Curitiba, 2009. Monografia (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SILVA, V. G. Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Valente, J. P. Certificações na construção civil: comparativo entre LEED e HQE. Rio de Janeiro, 2009. Monografia (Graduação) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Tavares, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de Edificações residenciais brasileiras. Florianópolis, 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

USGBC – United States Green Building Council. LEED 2009 for new construction and major renovations. Disponível em <<http://www.gbcbrazil.org.br/pt/index.php?pag=certificacao.php>> Acesso em 10/06/2011.

Study of the of the concept of community buildings and its importance for Land Use Efficiency

José Amarílio Barbosa

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
jabarbosa@civil.uminho.pt

Catarina Araújo

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
cba@civil.uminho.pt

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

Ricardo Mateus

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
ricardomateus@civil.uminho.pt

ABSTRACT: Nowadays cities are facing several environmental problems due to the population migration to urban areas, which is causing urban sprawl. This way, it is very important to define solutions to improve Land Use Efficiency (LUE). This article proposes the use of community buildings features as a solution to increase land use efficiency. Community buildings consider the design of shared building spaces to reduce the floor area of buildings. This work tests the performance of some case-study buildings regarding LUE to analyse its possible pros and cons. A quantifiable method is used to assess buildings' LUE, which considers the number of occupants, the gross floor area, the functional area, the implantation area and the allotment area. Buildings with higher values for this index have reduced environmental impacts because they use less construction materials, produce less construction and demolition wastes and require less energy for building operation. The results showed that the use of community building features can increase Land Use Efficiency of buildings.

Keywords: land use efficiency; building performance; sustainable buildings; community buildings

1 INTRODUCTION

Nowadays societies are responsible for many environmental and societal problems resulting from a mixture of population growth, the movement to urban areas and the increase of consumerism and of the standard of living of the population. With a world population of about 7.3 billion persons, the UN predicts that nowadays, about 3.8 billion already live in cities. By the year 2030, these figures are predicted to evolve to 5 billion people living in cities out of 8.4 billion (United Nations, 2014) (Figure 1).

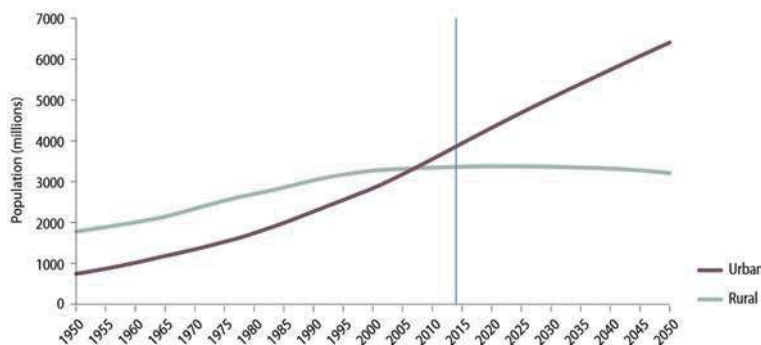


Figure 1. World population growth in urban and rural environments (United Nations, 2014).

The fast increase of population living in urban environments in combination with poor urban planning has been causing low land use efficiency and a growing urban sprawl, which is common in most cities of the world (Arribas-Bel et al., 2010, Halleux et al., 2012, Amado and Ribeiro, 2011, Habibi and Asadi, 2011). Low density areas cause unnecessary land use and destruction of natural environments, having more environmental impacts than high density areas (Norman et al., 2006). This demonstrates the need for the development of solutions to increase the land use efficiency.

To assess buildings impact on land use, it is necessary to be able to quantify the land use efficiency of a building in a quantitative approach. In a previous work from the authors, a method to quantify buildings' impact land use efficiency was developed considering population and construction density (Barbosa et al., 2014). In that work, the calculation method was based in a single index using the following variables: functional area; number of occupants; gross floor area, building footprint and the allotment area (Barbosa et al., 2014). The trend to improve the land use efficiency of buildings is to design buildings with good values for the spatial efficiency (ratio between functional area and gross floor area) and with high density (in construction and in population). Therefore, buildings with optimal values of LUE provide reduced environmental impacts by reducing the need for construction materials, the production of construction and demolition wastes and the energy consumption for building operation.

The argument of this work is that residential buildings with features of community buildings (such as shared spaces for some building services such as kitchens, bathrooms or others) can improve buildings land use efficiency. This is because the features of community buildings allow reducing the area of the buildings, maintaining functionality and number of inhabitants, increasing efficiency.

There are not much examples of community buildings serving as semi-permanent residences. They are found mainly working as university residences. Hotels and other types of touristic buildings can also fit in the category of community buildings. There is an obvious possibility that the features of community buildings bring social and behavior issues due to the reduction of the habitable space and to the very question of shared spaces. Although this work will try to address these issues, the objective of this work is solely to quantitatively assess the building environmental performance regarding land use.

For that, a quantitative method previously developed will be used to assess two case study buildings that serve as university residences. The buildings are part of the same complex, but one uses conventional design and the other has some features of community buildings. The difference in the performance of these two buildings is expected to be related to the expected difference between conventional residential buildings and those that would be designed using the features of community buildings.

2 STATE OF THE ART REVIEW

2.1 Land use efficiency and urban sprawl

The pursuit for land use efficiency is related to how buildings and urban areas occupy the land, promoting the use of the minimum areas possible and at the same time maximize the use of these areas. Urban areas with high efficiency in land use prevent the expansion of cities, often denominated as city sprawl. Urban sprawl is a phenomenon verified in most cities in the world. In Figure 2 are shown examples from the some cities around the world.



Figure 2. Examples of poor urban planning leading to urban sprawl in the cities of Chicago (Wikipedia, 2012) and Mexico city (<http://www.dailygalaxy.com>, 2012).

In the last 15 to 20 years of the 20th century, the occupancy of land increased more than the population growth would have justified (Liu et al., 2003), causing an increase in the built area per capita (de Wilde and van den Dobbelsteen, 2004, van den Dobbelsteen and de Wilde, 2004). As the world population grows, areas available for new buildings are scarcer. New construction tends to expand the cities by replacing forests and agricultural areas, destructing natural habitats and affecting biodiversity (Pauleit and Duhme, 2000). The uncontrolled expansion of cities also reduces the soil capacity to absorb rainwater and increases the cases of floods and soil erosion. Moreover, urban sprawl is also related to an increase in the distance between city functional areas and in consequence implies the necessity for more infrastructures and increased traffic congestion (Mateus, 2010, Mateus and Bragança, 2009, Mateus and Bragança, 2011).

Nevertheless, the impacts of urban sprawl are not consensual among different stakeholders and even between researchers from different disciplines. Some authors focus in social aspects such as inequality or stratification, while others focus in economic aspects and others identify the potential environmental threats (Arribas-Bel et al., 2010). However, for the sake of sustainability, the setup of land use must be optimised considering all aspects simultaneously (de Wilde and van den Dobbelsteen, 2004, van den Dobbelsteen and de Wilde, 2004).

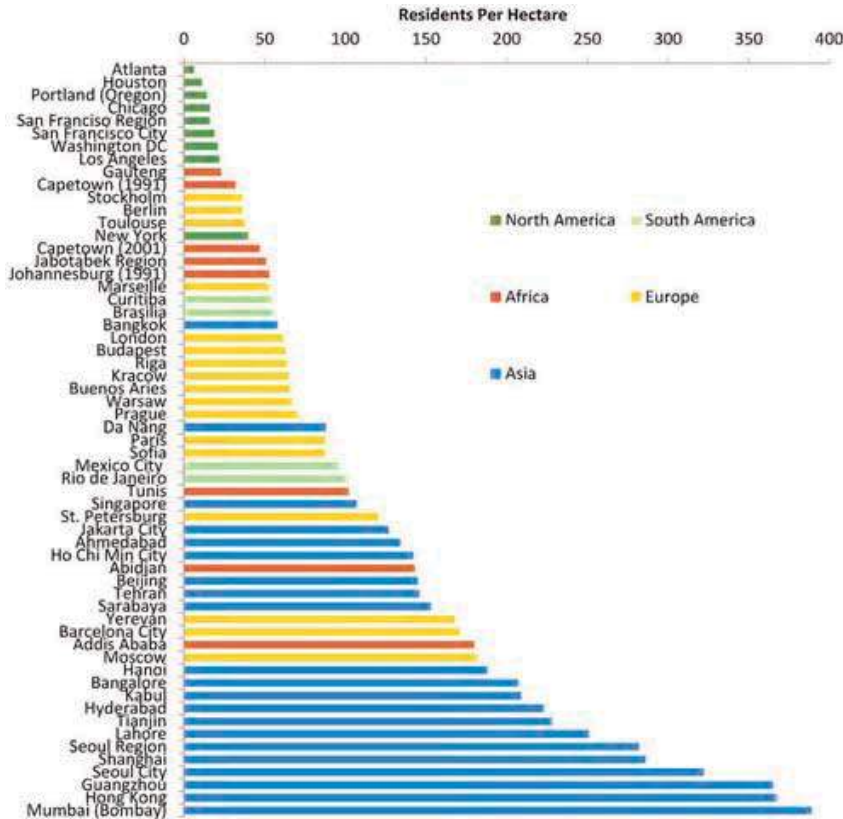


Figure 3. Population density in several world cities (Badger, 2004).

2.2 Implications of building design for land use efficiency

It is almost common sense that building design is important for land use efficiency. An urban area solely with low density buildings like single family houses will need a bigger amount of land to accommodate the same number of inhabitants than an urban area with higher density buildings such a tall buildings. But for similar buildings, the comparison is not that simple. Nevertheless, it is understandable that buildings with higher areas per occupant will make urban areas require more land. Also the amount of construction area in comparison to the allotment area of each building is important. Allotments with big empty areas are underused and make the urban areas need more land for other buildings. Consequently, buildings can have different performance regarding land use based on their design and density. This way, it is very important to be able to evaluate the buildings impact on land use.

To be able to measure the importance of buildings design for land use efficiency, it is firstly necessary to be able to quantify the buildings impact on land use. In the work of Barbosa et al., an index was developed for the assessment of Land Use Efficiency of buildings (Barbosa et al., 2014). The calculation method and the definitions of the variables are described below.

$$LUE = \frac{FA \times OC}{GFA \times IA \times AA} \quad (1)$$

- Gross Floor Area (GFA): It is the area of the total surface of the building, measured by the external perimeter of exterior walls and includes balconies.
- Functional Area (FA): It is the area of all compartments of the building, measured by the internal perimeter of external walls, not including internal walls, ducts, vestibules, interior corridors, bathrooms, storage areas, other compartments of similar function and closets in the walls.
- Allotment Area (AA): Area of terrain, resulting from an allotment operation approved under

the current legislation.

- Implantation Area or Deployment Area (IA): Area resulting from vertical projection of the building in a horizontal plan, measured by the external perimeter of exterior walls including basements and attachments, excluding balconies, parapets, peaks, eaves and porches.
- Number of Occupants (OC): Predicted number of occupants of the building.

This index indicates that buildings have better performance with higher values for functional area and the number of occupants and with lower values for the gross floor area, the implantation area and the allotment area. Consequently, land use efficiency is improved with high construction density and population density.

It is expected that the implementation of community building features in nowadays buildings would have a positive influence on land use efficiency regarding this calculation method. This is because the use of shared spaces would reduce the size of individual apartments, reducing the gross floor area (maintaining the same relation with the functional area) and the implantation area of the buildings.

2.3 Definition of community buildings features

Community buildings are a new concept of residential buildings developed in this work, in which some parts of the buildings are common for a group of apartments. The term “community” was chosen because some studies show that public spaces can improve the sense of community by the nearby inhabitants (Francis et al., 2012), even though these studies were not aimed at public spaces inside buildings. The main characteristic of these buildings is that the use of shared or common compartments such as bathrooms, kitchens or living rooms, allow reducing the area of each individual apartment since these do not need to have individual compartment for the same purpose. It is expected that using these features, it is possible to reduce substantially the area of buildings. A deep research in the literature for examples of buildings that may have such features showed that only students’ residences and touristic buildings share these features. This shows a new potential area for scientific research about the possibility to use some of these features in residential buildings in order to reduce environmental impacts.

3 RESULTS AND DISCUSSION

To test the argument that community buildings features can increase Land Use Efficiency, this work analyses a case-study building that has some features such as shared kitchen and bathrooms for all apartments of the same floor (Building G1). The building is a 5 floors students’ residence which is part of the students’ residences complex of University of Minho, in Guimarães (Figure 4). The area of each apartment of this building is very small when compared to the area of apartments in conventional residential buildings, so it would be unreasonable and inaccurate to compare this building to conventional residential buildings.



Figure 4. Photo of the case study buildings complex (Serviços Acção Social, 2014).

Nevertheless, next to this building, there is another very similar building (in the same complex) but using a more conventional design, in which each apartment has its own bathroom and a small kitchen (Building G2). This second building has also 5 floors and also uses much less area for each apartment when compared to conventional buildings. In the absence of conventionally sized community buildings to be compared to conventional residential buildings, the comparison of results between these two buildings will give insights about the difference between the performance of a conventional residential building and a residential building using community building features. The designs of both buildings are presented in Figure 5 and the results from the assessment of each building are presented in Table 1.

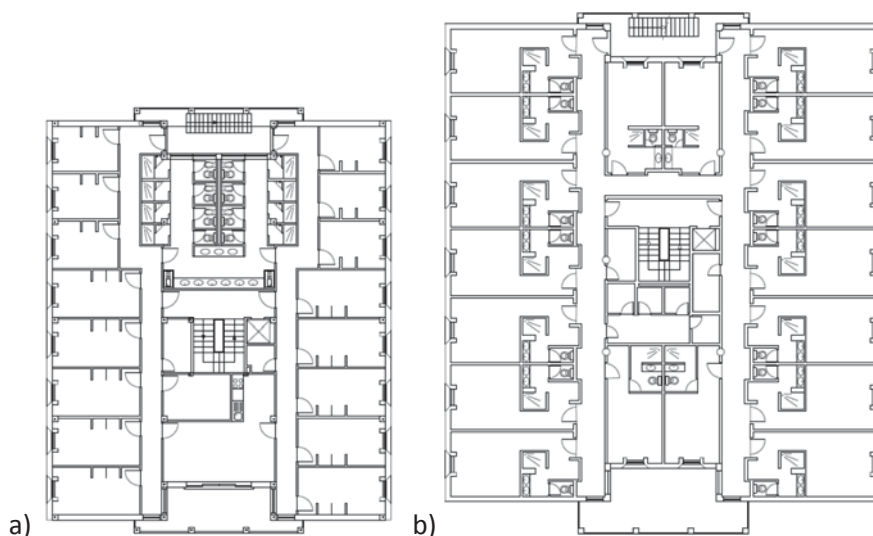


Figure 5. Floor design of students' residence buildings in the same scale; a) "Building G1" using some community buildings features; b) "Building G2" using a conventional design.

Table 1. Calculation data from both buildings.

Building G1	Building G2
AA: 1146 m ²	AA: 1723 m ²
IA: 410 m ²	IA: 616 m ²
GFA: 2051 m ²	GFA: 3082 m ²
FA: 1319 m ²	FA: 2010 m ²
OC: 125 oc	OC: 160 oc
LUE = 17,1 E ⁻⁰⁵ oc/m ⁴	LUE = 9,83 E ⁻⁰⁵ oc/m ⁴

It is possible to conclude that the design of building G1, has a better performance in land use than building G2. When compared to building G2, building G1 has 33% less gross floor area (and implantation area), while having only 22% less occupants. However, both buildings show a similar relation between the functional area and the gross floor area (known as spatial efficiency). The values of LUE calculated for both buildings show clearly that building G1 (LUE = 17.1 E⁻⁰⁵ oc/m⁴) has a better performance (around 74%) than building G2 (LUE = 9.83 E⁻⁰⁵ oc/m⁴). Considering that both buildings have the same function and a similar size, these results indicate that community buildings features may improve the buildings impacts on land use and prevent urban sprawl. Here we consider only environmental impacts regarding land use efficiency, not comfort or other social issues.

As expected, the results obtained from the assessment of these buildings provided higher values when compared to similar buildings due to the small areas for each apartment. In a previous work, the assessment of two conventional buildings provided values of LUE between 2.7 E⁻⁰⁵ and 3.3 E⁻⁰⁵ (Barbosa et al., 2014), while the values obtained for these two case studies are in average four to five times higher.

The main issue regarding community buildings is the possible discomfort due to the reduction of the habitable space and due to the loss of privacy in the shared spaces. It is still necessary to perform behavioural studies and questionnaires, real size tests and interviews to study the response of building occupants to this new concept of buildings. Community buildings features are easy to implement in new construction, but in existing buildings there is the need for rehabilitation. Considering the lack of flexibility of nowadays conventional buildings, it is predicted that these features may require considerable retrofit operations. This may be another issue in the implementation of these strategies. However, this study focuses only in proving the argument that it is possible to improve land use using community buildings features.

4 CONCLUSIONS

The results obtained by the assessment of the case study buildings give insights about the expected performance regarding LUE of residential buildings if community building features were used. The results propose an improvement of around 74%. The performance improvement is considerable not only regarding Land Use Efficiency, but also regarding the materials consumption. Considering the reduction in the building gross floor area needed for the same number of occupants and the overall weight reduction of the building, the structural elements could also be reduced. Consequently, the initial costs of the building would be much less. Moreover, the costs for building operation could also decrease because the reduced building volume would require less energy for acclimatization.

The main obstacles for the implementation of community buildings are comfort issues and difficulties in the adaptation of existing buildings. However, the objective of this work solely to analyze quantitatively the impacts of community buildings features in land use and propose a design alternative that may increase the sustainability of the built environment.

The superior environmental performance of community buildings considering land use (and other benefits) presents an interesting alternative to the conventional practices in construction that is worth investigation and further analysis. Mainly when considered the progressive increase of population living in cities and the consequent increase in urban sprawl that may be predicted in the next decades. This work provides a possible answer to the growing necessity of solutions to reduce the environmental impacts of buildings and urban areas.

REFERENCES

- Amado, M. P. & Ribeiro, M. R. Urban Sprawl promoted through Master Planning. World Congress of Sustainable Building, 2011 Helsinki, Finland. SB11,
- Arribas-Bel, D., Nijkamp, P. & Scholten, H. 2010. Multidimensional urban sprawl in Europe: A self-organizing map approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 35, 263-275.
- Badger, E. 2004. *The spatial organization of cities: Deliberate outcome or unforeseen consequence?* [Online]. Available: <http://alainbertaud.com/>.
- Barbosa, J., Bragança, L. & Mateus, R. 2014. Assessment of Land Use Efficiency Using BSA Tools: Development of a New Index. *Journal of Urban Planning and Development*, 0, 04014020.
- De Wilde, S. & Van Den Dobbelsteen, A. 2004. Space use optimisation and sustainability - environmental comparison of international cases. *Journal of Environmental Management*, 73, 91-101.
- Francis, J., Giles-Corti, B., Wood, L. & Knuijan, M. 2012. Creating sense of community: The role of public space. *Journal of Environmental Psychology*, 32, 401-409.
- Habibi, S. & Asadi, N. 2011. Causes, Results and Methods of Controlling Urban Sprawl. *Procedia Engineering*, 21, 133-141.

Halleux, J.-M., Marcinczak, S. & Van Der Krabben, E. 2012. The adaptive efficiency of land use planning measured by the control of urban sprawl. The cases of the Netherlands, Belgium and Poland. *Land Use Policy*, 29, 887-898.

[Http://www.dailygalaxy.com](http://www.dailygalaxy.com). 2012. *EcoAlert: Urban Sprawl! --Welcome to the 'Anthropocene Epoch'* [Online]. Available: <http://www.dailygalaxy.com>.

Liu, J., Daily, G. C., Ehrlich, P. R. & Luck, G. W. 2003. Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity. *Nature*, 421.

Mateus, R. 2010. *Avaliação da Sustentabilidade da Construção - Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios Sustentáveis*. PhD, University of Minho, Guimarães.

Mateus, R. & Bragança, L. (eds.) 2009. *Guia de Avaliação SBTool PT-H*: Associação iiSBE Portugal.

Mateus, R. & Bragança, L. 2011. Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBTool PT-H. *Building and Environment*, 46, 1962-1971.

Norman, J., Maclean, H. & Kennedy, C. 2006. Comparing High and Low Residential Density: Life-Cycle Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions. *Journal of Urban Planning and Development*, 132, 10-21.

Pauleit, S. & Duhme, F. 2000. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 52, 1-20.

Serviços Acção Social, U. M. 2014. *Photos, Accommodation, Residential Complex of Azurém* [Online]. Available: <http://www.sas.uminho.pt/default.aspx?tabid=4&pageid=121&lang=pt-pt&path=Alojamento> [Accessed 2014].

United Nations. 2014. *World Urbanization Prospects: 10 The 2014 Revision, Highlights* [Online]. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Available: <http://esa.un.org/unpd/wup/> [Accessed 2014].

Van Den Dobbelen, A. & De Wilde, S. 2004. Space use optimisation and sustainability-environmental assessment of space use concepts. *Journal of Environmental Management*, 73, 81-89.

Wikipedia. 2012. *Urban Sprawl* [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Urban_sprawl.

Análise e diagnóstico da ecoeficiência do Museu Zoobotânico Augusto Ruschi

Marcos Antonio Leite Frandoloso

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, curso de Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

frandoloso@upf.br

Luciana Londero Brandli

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

brandli@upf

Ana Paula Scheffer

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

119642@upf.br

Bruna Stürmer

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

99507@upf.br

Deividy Morello

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

110643@upf.br

Evelise Both

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

113726@upf.br

Franciele Carniel Basso

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

106584@upf.br

ABSTRACT: The research project "Eco efficiency analysis and diagnosis of the University of Passo Fundo", located in Southern Brazil, encourages and prioritizes the management of natural resources, presents as main objective the discussion and proposal of guidelines for the inclusion of sustainability principles in the building stock design, through implementation of integrated environmental master plans and environmental management systems, and seek to involve the entire academic community in this process of paradigm shifts. Regarding methodology, was chosen as the reference building the Museum Zoo-botanic Augusto Ruschi (MUZAR), a space to valorize the biological heritage by the conservation of natural resources and the integration of living beings and knowledge. By the application of the methodology of energy auditing, the research analyzes the energy demand, thermal performance and its relation with the conditions of use and comfort of users. The current conditions of the building are collected from spreadsheets, temperature measurement equipment, air humidity and thermal performance by infrared camera; also, it was evaluated the energy consumption by an online system. The diagnosis shows that there are conflicts between the building envelope and the operation of the museum, and consequently on the collection conservation. Besides, the research findings will contribute to the proposition of operating instruments for improving the performance of existing buildings so that the building becomes a benchmark in energy efficiency, aiming at users' awareness of the importance of developing guidelines for a program of eco efficiency, feasible on all campuses of the UPF.

Keywords: Eco efficiency, Museum Zoo-botanic Augusto Ruschi.

RESUMO: O projeto de pesquisa “análise e diagnóstico da ecoeficiência da Universidade de Passo Fundo”, localizada no sul do Brasil, incentiva e prioriza a gestão dos recursos naturais, apresenta como principal objetivo a discussão e proposição de diretrizes para a inclusão de princípios de sustentabilidade no planejamento do parque construído, através da implementação de planos diretores ambientais integrados e sistemas de gestão ambiental, além de procurar envolver toda a comunidade acadêmica nesse processo de mudanças de paradigma. Desta forma, foi definido como edifício de estudo o Museu Zoobotânico Augusto Ruschi (MUZAR), pelo uso como elemento de valorização do patrimônio natural e difusão da educação ambiental. A partir da metodologia de auditoria energética aplicado ao objeto de estudo, a pesquisa avalia a demanda energética e o desempenho térmico, a partir do levantamento das condições de uso e ocupação dos compartimentos, das variáveis ambientais de temperatura e umidade relativa e do desempenho térmico da envolvente utilizando-se imagens de infravermelho; também se avalia o consumo energético com a utilização de sistema de monitoramento online. Como resultado do diagnóstico percebe que existem incompatibilidades entre as características da envoltória e a funcionalidade do museu e, principalmente, na conservação do acervo. Assim, a pesquisa tem como objetivo a proposição de instrumentos operacionais para a melhoria do desempenho do parque construído da Universidade, sob os critérios de eco-eficiência a ser estendida aos novos edifícios da UPF.

Palavras-chave: Eco-eficiência, Museu Zoobotânico Augusto Ruschi.

1. INTRODUÇÃO

A universidade e seu papel para o desenvolvimento sustentável têm sido reconhecidos nas últimas décadas a partir da definição pela UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) da Década para a Educação para o Desenvolvimento Sustentável para 2005-2014 (UNESCO, 2004). Com a conclusão deste período, ainda que muitas universidades incorporassem as metas estabelecidas pela UNESCO em suas ações nos aspectos de ensino e pesquisa, as políticas nas áreas de administração e operação das infraestruturas de campus e edifícios ainda encontram-se em fase de implementação.

Quanto aos edifícios, reveste-se de relevância a incorporação de critérios da construção sustentável, para a redução do uso de recursos naturais, e redução de custos na operação do parque construído das universidades, principalmente no consumo de energia e água. Ainda, este mesmo parque construído pode ter uma contribuição efetiva no processo de ensino e aprendizagem do corpo discente. Estes edifícios e campus podem se constituírem em “laboratórios” para a construção de conhecimento e de experiências concretas, contribuindo para a formação de profissionais comprometidos e responsáveis com a mudança de paradigmas que fazem parte da Educação para a Sustentabilidade (UNESCO 2004). Da mesma forma, é imprescindível a incorporação de todos os agentes e interessados, sejam corpo docente, dirigentes e funcionários, mas também compartilhando estas experiências com as comunidades locais e regionais, nas quais as universidades se inserem.

Neste sentido, o presente artigo explana os procedimentos da pesquisa desenvolvida no Museu Zoobotânico Augusto Ruschi (MUZAR) representativo de uma tipologia construtiva distinta do Campus I da Universidade de Passo Fundo. A partir da identificação dos fatores que incidem no desempenho térmico e no consumo de energia dos edifícios universitários, propõe-se uma metodologia que permita estabelecer critérios para a otimização do uso dos recursos naturais e a aplicação prática da dos princípios da ecoeficiência.

Com a realização de um inventário com as características gerais dos edifícios (analisando seus espaços internos, instalações, padrões de uso e ocupação, acompanhamento do consumo de energia e das variáveis ambientais internas) obtém-se resultados comparados com os dados de desempenho energético do edifício real e as condições de conforto interno. Sendo possível

identificar os pontos positivos e negativos do edifício, para analisar e propor melhorias no desempenho energético e térmico.

Estes resultados podem direcionar melhor quanto à tomada de medidas que enfatizem a ecoeficiência e que possam ser aplicados ao restante do parque construído da universidade. Também podem servir como padrões de referência para novas infraestruturas, ou até mesmo para outras universidades, desde que obviamente seja identificado cada contexto específico.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização do campo de estudo

O edifício de referência para as avaliações, Museu Zoobotânico Augusto Ruschi (MUZAR), foi selecionado de acordo com os parâmetros definidos pela metodologia de Auditoria Energética que compõe a base instrumental da pesquisa, segundo as tipologias correntes na UPF, tanto por suas características construtivas da envoltória como pelas características funcionais e de ocupação (Frاندoloso et al. 2012; 2013).

2.2. Gestão ambiental

A pesquisa compromete-se com os princípios da arquitetura sustentável (Anink, Boonstra & Mak, 1996) através da inclusão de parâmetros baseados no fechamento dos ciclos dos fluxos materiais (em alternativa à Análise de Ciclo de Vida – ACV – tradicional) de água, materiais de construção, de energia e de resíduos nas edificações da UPF, observando-se toda a vida útil dos edifícios e infraestruturas, o que cobre as fases de projeto, construção, operação e manutenção.

Neste sentido, a presente pesquisa incorpora-se na definição de um escopo adequado às características específicas da UPF, a partir do planejamento apresentado por Philippi Jr. e Aguiar (2004, p. 826-839). Adotando a classificação dos mesmos autores (*idem*, p. 811-814) a auditoria será constituída por auditoria de primeira parte e de desempenho ambiental, ou seja, realizada por equipe formada por membros da própria instituição e com o objetivo de verificar indicadores de desempenho e compará-los a padrões setoriais e metas pré-estabelecidas (Spellerberg, Buchan & Englefield, 2004; Vienbanh 2002).

2.3. Auditoria Energética

A avaliação do desempenho térmico e energético dos edifícios de referência utiliza a metodologia de Auditorias Energéticas aplicadas ao parque construído da Universitat Politècnica de Catalunya - UPC (López Plazas, 2006; Bosch Gonzáles et al., 2006). Esta metodologia permite caracterizar cada edifício relacionando as diferentes fontes de energia com seus respectivos usos.

Esta caracterização é obtida a partir da compilação de informações diferenciadas em dois tipos: os dados estáticos (características construtivas dos edifícios e dos espaços internos e das instalações) e os dados dinâmicos, com alterações ao longo do tempo, como perfil de uso, variáveis ambientais e consumo energético. As auditorias energéticas apresentam como premissa a integração de três tipos de fatores: a demanda, o rendimento das instalações e a gestão de uso e ocupação (Frاندoloso et al. 2013). As condições reais dos edifícios são coletadas a partir de planilhas, equipamentos de medições de temperatura e umidade (data-loggers marca Testo 175-H2), termovisor (marca Testo modelo 881) e sistema multipontos com monitoração informatizada (SmartGate M - Gestal).

3. ANÁLISE DE RESULTADOS

No caso da Universidade de Passo Fundo foram inicialmente analisadas as ações ambientais (Brandli et al. 2011) e a situação do uso de energia no Campus I, estrutura principal da UPF localizada em Passo Fundo - RS (Frاندoloso et al., 2010a; Frاندoloso et al. 2010b).

O corpo de estudo foi definido tendo em vista características distintas do edifício Museu Zoobotânico Augusto Ruschi (MUZAR), com área de 644,14 m², conforme Figura 2 e Figura 2. Igualmente, a definição pela avaliação deste edifício foi determinada pelo seu uso como parte das práticas da educação ambiental da Universidade, como elemento de formação e de construção da Educação para a Sustentabilidade, a partir da visita de alunos de todos os níveis de ensino e diversas atividades desenvolvidas tais como o projeto Sala Verde, sensibilização ambiental, dentre outros.



Figura 1 - Edifício MUZAR, fachada Oeste



Figura 2 - Edifício MUZAR, fachada Sudoeste.

3.1 Características da edificação:

Para os dados estáticos foram coletadas características da edificação, obtendo-se dados gerais, recompilou-se o projeto existente além do levantamento in-loco, identificando detalhadamente o uso de cada ambiente e sua correspondente superfície; as informações foram obtidas junto ao Setor de Projetos da Universidade.

Na avaliação das características da envolvente e da temperatura das superfícies com a utilização do termovisor, percebe-se uma clara interferência da tipologia arquitetônica, em forma circular e com superfície envidraçada voltada para a orientação sudoeste, com um importante índice de radiação solar em praticamente todo o ano. Neste sentido, mesmo em períodos de inverno as temperaturas da superfície envidraçada atingem aproximadamente 30°C enquanto as superfícies opacas registram aproximadamente 15°C, conforme mostra a Figura 3 nas imagens externas. Este impacto no ambiente interno além da elevação de temperatura em períodos indesejáveis -

Figura 4, também causa a deterioração do acervo pela exposição à radiação.

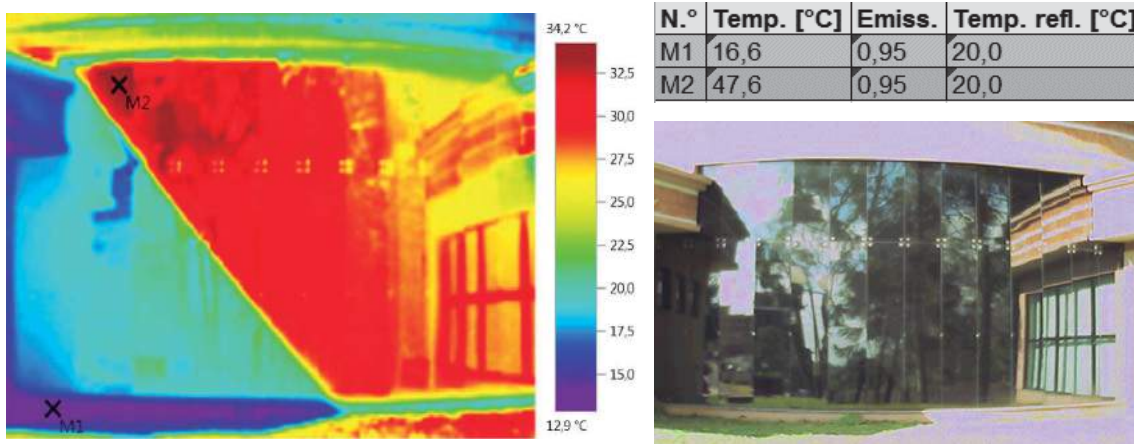


Figura 3 - Imagens termográficas externas MUZAR – UPF, imagens infravermelho e real.

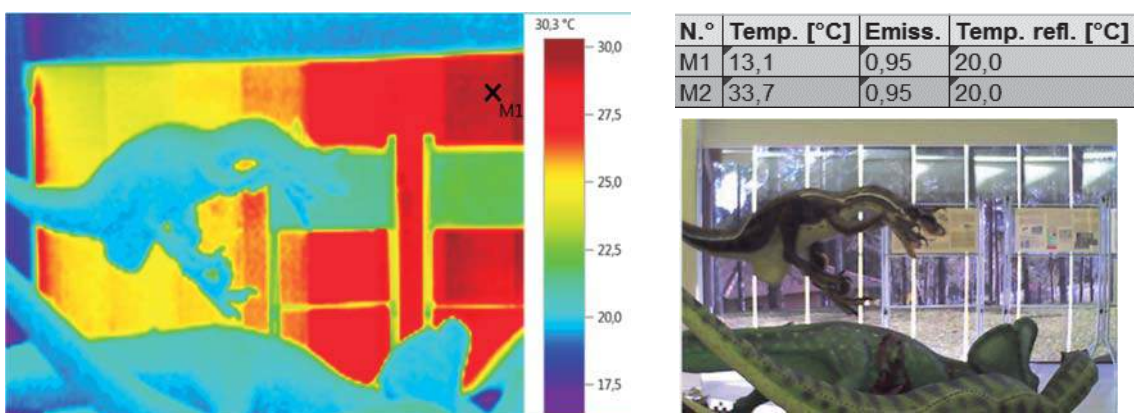


Figura 4 - Imagens termográficas internas MUZAR – UPF, imagens infravermelho e real.

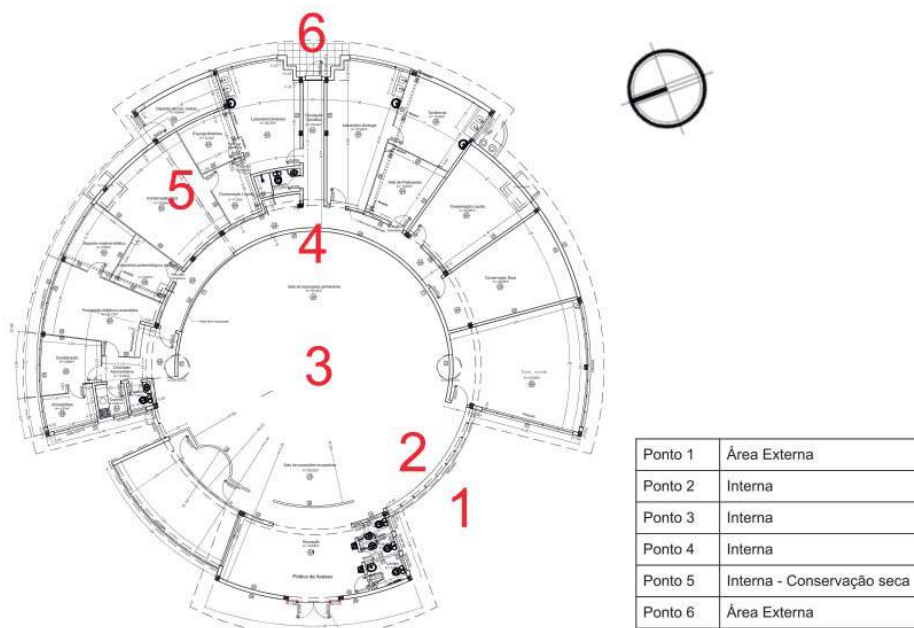
3.2 Controle ambiental:

Os aspectos de controle das condições internas dos diversos ambientes se fazem imprescindível para a conservação do acervo do museu, caracterizados por elementos que necessitam cuidados específicos com relação a temperatura, umidade relativa e exposição à radiação solar e infra violeta.

Após a análise funcional do edifício, foram identificadas duas funções preponderantes: por um lado as áreas expositivas, por outro o setor de estudo e catalogação de espécies vegetais e animais. No setor expositivo as áreas de maior dimensão e volume contam com aberturas diretamente voltadas ao exterior. As áreas de estudo e catalogação são caracterizadas por ambientes de menor área, menor altura e restrições de aberturas externas, tanto que as janelas inexistem, havendo apenas renovação do ar de forma mecânica (uso de ar condicionado tipo Split).

A localização e definição dos pontos de coleta de informações - Figura 5 vincula-se diretamente com tais condições funcionais, adotando-se as diretrizes definidas pela ISO 7726 (ISO 1998).

Umidade e temperatura agem em conjunto de modo que o coeficiente de umidade relativa do ar está diretamente relacionado a temperatura ambiente. Para uma boa conservação de acervos recomenda-se que estes estejam acondicionados em ambientes com temperatura entre 20 a 23°C, e que a umidade relativa esteja entre 50 e 60% (DRUMOND, 2006). Cabe salientar que ambientes úmidos tornam-se favoráveis a proliferação de microorganismos como fungos e bactérias, e que esses também são considerados importantes fatores de degradação.



PLANTA BAIXA TÉRREO
 ÁREA TOTAL: 644,14 m²

Figura 5 - Planta baixa MUZAR com localização dos pontos de monitoramento.

De modo a exemplificar o monitoramento das variáveis ambientais, no espaço expositivo – Ponto 4, através do diagrama da Figura 6 constata-se que a umidade relativa e temperatura oscilam bruscamente, não estando de acordo com os parâmetros adequados interferindo assim diretamente na conservação das peças do acervo. Cabe salientar que o aparelho está situado em uma área de 213,66 m², pé direito de 4,40 m desprovida de esquadrias, com fechamentos parciais e auxílio da ventilação mecânica: três aparelhos de ar condicionados (piso teto 33000 BTU/H – frio/quente marca KOP 36QC) e dois desumidificadores (marca ARSEC Modelo 160 e ARSEC Modelo 250).

O ponto 5 localiza-se no setor de conservação a seco – Herbário, ambiente relativamente menor com 29,90 m², pé direito de 3 m, desprovido de esquadrias, com fechamentos totais para evitar a entrada de radiação e controle de acesso.

De acordo com os resultados para o período de inverno, constata-se o equilíbrio da temperatura, objetivando estabilizar-se em 18°C, temperatura adequada para a conservação do material distinto da sala, de acordo com os parâmetros adotados pelo setor de manutenção do Museu. O controle acontece também com a umidade relativa, o qual possui oscilações parciais, investigadas e esclarecidas pelo desligamento do aparelho desumidificador nos finais de semana, conforme dados são apresentados na Figura 7.

Nome do aparelho: Testo 175-H2 38228756		03/09/2014 12:14:59			Página	1/1
Tempo de início: 10/06/2014 18:45:00		Mínimo	Máximo	Valor médio	Valores limite	
Tempo de fim: 19/08/2014 18:00:00	Channel 1 [%Hr]	37,30	84,00	66,060	0,0/100,0	
Canais de medição: 2	Channel 2 [°C]	14,00	22,40	18,324	-20,0/70,0	
Valores de medição: 6718						
CI: SN 38228756 / 904						

Figura 6 (parte 1) – Tabela e Diagrama de Umidade, Ponto 4, representado pela cor azul e Temperatura, representado pela cor vermelha

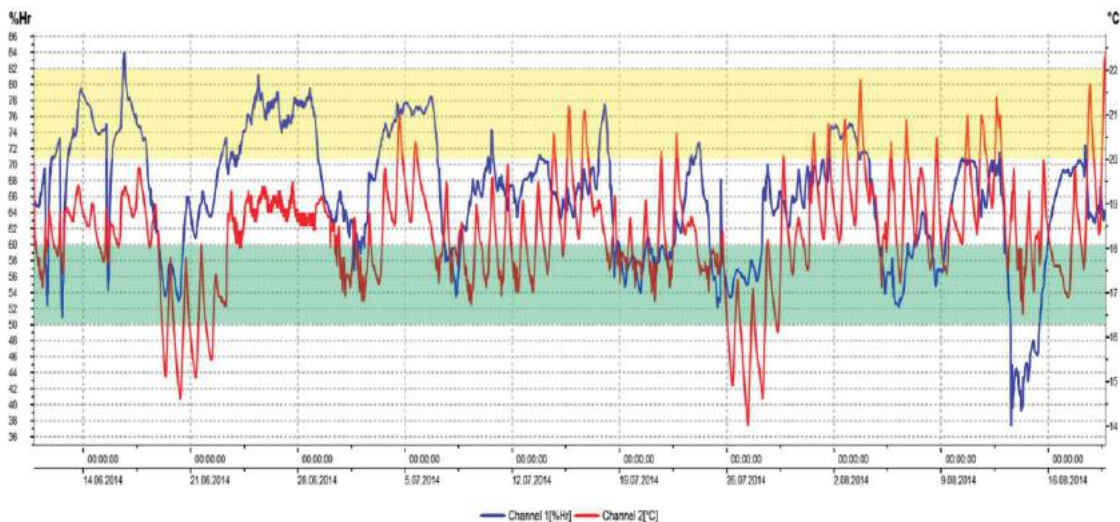


Figura 7 (parte 2) – Tabela e Diagrama de Umidade, Ponto 4, representado pela cor azul e Temperatura, representado pela cor vermelha

Nome do aparelho: Testo 175-H2 38230916		03/09/2014 12:20:20			Página	1/1
Tempo de início: 10/06/2014 18:47:00		Mínimo	Máximo	Valor médio	Valores limite	
Tempo de fim: 19/08/2014 18:17:00	Channel 1 [%Hr]	40,70	68,70	55,633	0,0/100,0	
Canais de medição: 2	Channel 2 [°C]	12,90	20,40	17,561	-20,0/70,0	
Valores de medição: 6719						
C1: SN 38230916 / 906						

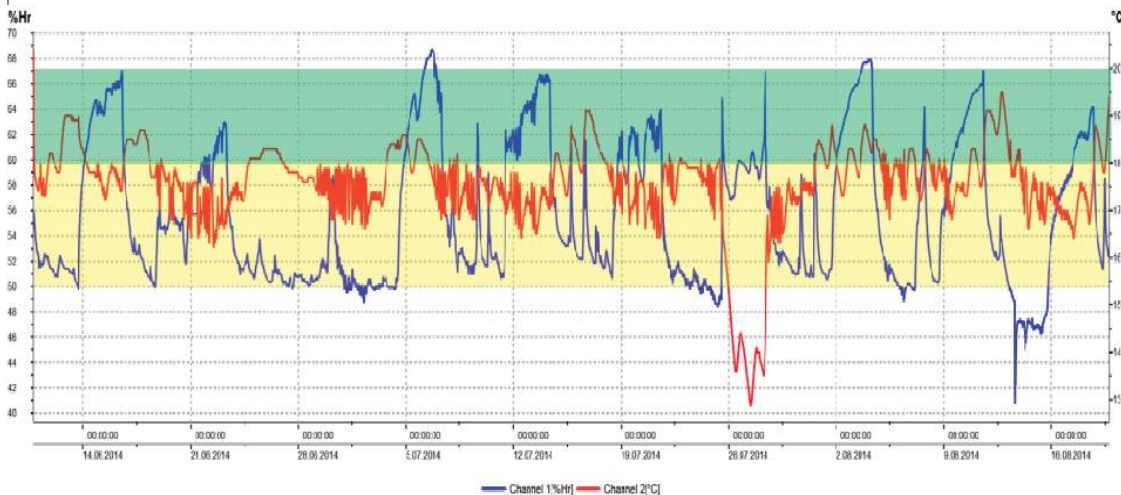


Figura 8 - Tabela e Diagrama de Umidade, Ponto 5, representado pela cor azul e Temperatura, representado pela cor vermelha.

Com relação ao monitoramento do consumo energético, a UPF desde 2009 implantou um sistema multipontos para controle de demanda energética – *SmartGate-Gesta*, que cobre todo os edifícios do Campus I, com acesso on-line às informações. O sistema permite uma análise do desempenho energético de cada unidade, e partir disso propor medidas de racionalização do uso de recursos naturais (energia e gás) e dos respectivos custos financeiros.

Com base nos resultados obtidos pelo sistema *SmartGate* para os anos de 2012 e 2013 - Figura 9, percebe-se a influência direta do desempenho da edificação e das condições de uso: nos meses mais quentes a carga térmica para refrigeração e manutenção dentro das condições ideais tem um impacto direto no consumo, superior aos meses de frio, com uma necessidade de uso também em função dos ganhos térmicos pelas superfícies envidraçadas orientadas para a pior situação, comprovadas pelos estudos de termografia, além do elemento zenital composto por vidro temperado transparente 8mm, localizado próximo a área de acervo. Salienta-se que a cor verde claro e escuro das figuras, representam valores dentro dos limites determinados pelo

contrato com a Concessionária de energia, enquanto a cor vermelha das figuras representa o consumo em horas-pico com sobre-tarifação ou pela geração própria de energia pela Universidade (gerador à gás com potência de 1.45MW).

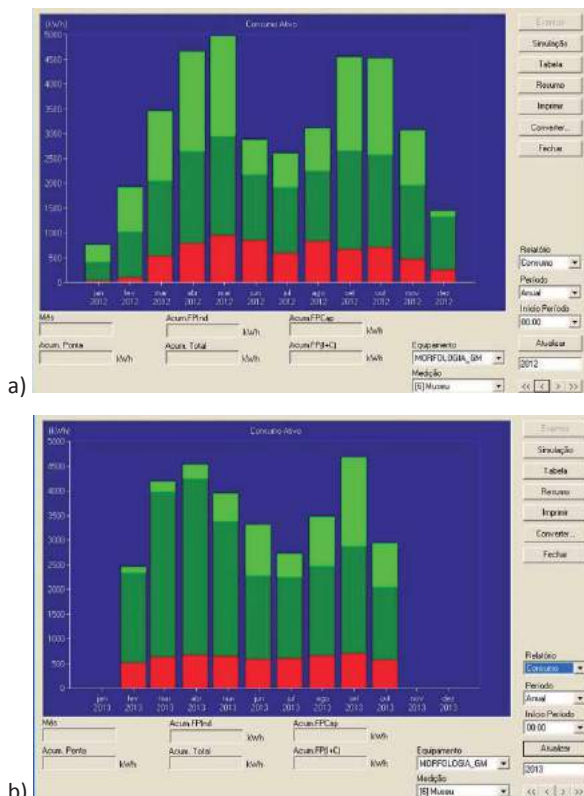


Figura 9 Resumo de energia ativa para o MUZAR – UPF SmartGate: a. 2012; b. 2013.

4. CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES FUTURAS

A responsabilidade ambiental das Instituições do Ensino Superior (IES) inicia na inclusão de princípios de sustentabilidade, dentre eles a gestão ambiental de todas as atividades acadêmicas e administrativas, de maneira a fomentar a aplicação das boas práticas de gestão ambiental e inseri-las no conceito de “eco-campus”. Neste sentido se faz relevante a discussão das práticas concretas já adotadas pela Universidade de Passo Fundo, bem como propor estratégias para a inclusão de demais práticas ainda não consolidadas e/ou consideradas.

As auditorias aplicadas às IES se constituem em uma ferramenta prática para o reconhecimento das reais condições de cada edifício, o que permite a proposição de um plano de ações concretas de investimentos, com o objetivo de ser alcançada a eficiência, em todas as suas dimensões econômicas, sociais e ambientais.

O impacto ambiental da construção civil aliado a má utilização das ferramentas projetuais, resultam em um edifício ineficiente adotando como parâmetro a sustentabilidade e o desempenho energético. A importância de um planejamento apropriado, levando em conta aspectos físicos como o terreno e topografia, orientação solar, entorno, escolha de materiais, análise de sombras e disposição de um layout adequado para a função desejada, tornasse imprescindível para uma edificação dotada de exigências humanas e ambientais que um projeto deva suprir.

A grande carga energética exigida pela edificação justifica-se tanto pela tipologia arquitetônica bem como a setorização dos espaços internos que contribuem para um aumento na demanda de energia elétrica. Estes ganhos térmicos devem-se à orientação desfavorável, em especial a fachada sudoeste composta por um plano envidraçado, que aliada à necessidade de um controle

de temperatura, determina uma maior carga térmica para condicionamento e a consequência direta no aumento do consumo de energia.

Embora ainda em desenvolvimento, a pesquisa aplicada no Museu Augusto Ruschi está apta a sugerir estratégias para o melhoramento do desempenho das edificações de acordo com os dados analisados. Poderiam ser implantados protetores solares nas áreas envidraçadas de maior insolação, aplicação de películas nas zenitais, e sombreamento parcial externo de modo a barrar a radiação solar superior permitindo apenas a entrada de luz no ambiente.

Nos aspectos mais específicos das edificações do Campus I da UPF, percebe-se a importância da revisão dos parâmetros construtivos para as novas construções, com a utilização de envoltória com massa térmica adequada e isolamento de pontes térmicas. Também se faz imprescindível uma reflexão maior na etapa de lançamento dos projetos para a definição de critérios de orientação solar, adequados às restrições dos diferentes setores da programação arquitetônica.

Sobre o parque construído atual da UPF, embora apenas com o estudo comparativo de dois edifícios anteriores e atualmente o edifício em estudo MUZAR, porém representativos da infraestrutura existente, os resultados obtidos indicam a necessidade de estabelecimento de programas de retrofitting a fim de melhorar as condições de conforto térmico, notadamente desfavoráveis, e que correspondam às complexas condições climáticas locais (quente e úmido no verão e frio e úmido no inverno). Tal melhoria deveria incluir o uso de estratégias passivas de resfriamento e ventilação, assim como a implementação de ventilação natural cruzada ou de sistemas de ventilação mecânica (quando imprescindível e de acordo com os usos).

REFERÊNCIAS

Anink, D. Boonstra, C.; Mak, J. 1996. *Handbook of sustainable building: an environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment*. London: James & James.

Bosch, M. et al. 2006. *Avaluació energètica d'edificis: experiència de la UPC*. Barcelona: Edicions UPC.

Brandli, L. et al. 2011. Improving the environmental work at University of Passo Fundo, Brazil - towards an Environmental Management System. *BJO&PM* 8 (1): 31-54.

Drumond, M. C. P. 2006. Prevenção e Conservação em Museus. In: *Caderno de diretrizes museológicas I*. 2ª ed. Belo Horizonte, p. 107 – 133.

Frndoloso, M. A. L. 2010a. Avaliação do desempenho térmico e da eficiência energética no parque construído da universidade de Passo Fundo -RS. In: *ENTAC 2010*, 13, 2010, Canela. Anais... Porto Alegre: ANTAC.

Frndoloso, M. A. L. et al. 2010b. The energy and thermal performance of two university buildings in Southern Brazil with the aim of achieving environmental efficiency. In: *ERSCP-EMSU 2010*, Delft, NL, October 25-29, 2010. Proceedings... Delft, NL: TUDelft/The Hague University.

Frndoloso, M. A. L.; Brandli, L. L.; Pedroso, F. D. 2012. How to improve eco-efficiency and indoor comfort at University of Passo Fundo - Brazil. In: *PLEA2012 Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an Environmentally Responsible Architecture*, 2012, Lima - Peru. Proceedings... Lima: PLEA; PUCPE.

Frndoloso, M. A. L., Brandli, L. L., Scheffer, A. P. 2013. Avaliação do parque construído da Universidade de Passo Fundo - RS, com base na eco-eficiência: o consumo de energia e o conforto dos usuários. *Revista de Arquitetura da IMED*. 2: 123 - 145. Disponível em:<<http://www.seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/440>>. ISSN 2196-288X. Acesso em: 17 ago. 2014.

ISO. International Organization for Standardization 1998. *ISO/DIS 7726:1998*. Ergonomics of thermal environment - instruments for measuring physical. Genève: ISO.

López Plaza, F. 2006. *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación*. Tese (Doutorado em Arquitetura). - Departament de Construccions Arquitectòniques I, Programa Àmbits de Recerca en l'Energia i el Medi Ambient a l'Arquitectura, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

Philippi Jr., A.; Aguiar, A. de O. 2004. Auditoria Ambiental. En: Philippi Jr., A.; Romero, M. de A.; Bruna G.C. (Ed.). *Curso de gestão ambiental*. Barueri, SP: Manole, p. 805-856. (Coleção Ambiental; 1). ISBN 8520420559.

Spellerberg, I.F. Buchan, G. D.; Englefield, R. 2004. Need a university adopt a formal environmental management system?: progress without an EMS at a small university. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 5 (2): 125-132. ISBN 1467-6370.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Education for sustainable development. *Draft international implementation scheme for the UN decade of education for sustainable development (2005-2014)*. Disponível em: <http://portal.unesco.org/education/en/ev.php-URL_ID=23280&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.htm>. Acesso em: 20 nov. 2007.

Vienbahn, P. 2002. An environmental management model for universities: from environmental guidelines to staff involvement. *Journal of Cleaner Production* 10 (1): 3-12. ISBN 0959-6526.

Using performance indicators to evaluate concrete structures sustainability

Flávia Ruschi Mendes de Oliveira

Federal University of Espírito Santo, Technology Centre, Department of Civil Engineering, Vitória, ES, Brazil, flaviaruschi@gmail.com

Marcella Ruschi Mendes Saade

University of Campinas, School of Civil Engineering, Architecture and Urbanism, Department of Architecture and Construction, Campinas, SP, Brazil, marcellarms@hotmail.com

Vanessa Gomes

University of Campinas, School of Civil Engineering, Architecture and Urbanism, Department of Architecture and Construction, Campinas, SP, Brazil, vangomes@gmail.com

Maristela G. da Silva

Federal University of Espírito Santo, Technology Centre, Department of Civil Engineering, Vitória, ES, Brazil, margomes.silva@gmail.com

ABSTRACT: This paper aims at advancing on the validation of indicators for sustainability evaluation of concrete building structures from an integrated life cycle perspective. A case study approach investigates (i) the feasibility of comparing sustainability performance of different concrete slab systems; and (ii) the similarity between environmental indicators trends for a typical floor and the corresponding whole superstructure. Thirty-one vertical buildings are analyzed, five of which are commercial and twenty-six residential buildings, using either prestressed or reinforced concrete slabs with or without beams exposed to a marine environment. SimaPro 7.3 supports calculation of the environmental indicators. Service life estimation is used to ensure functional equivalence and to form a basis for life cycle costing. Analytic Hierarchy Process was used to establish relative importance among indicators. PCF slabs showed best functional-technical and economic results, while no particular trend among prestressed and reinforced concrete slabs was observed concerning environmental results.

Keywords: performance indicators; sustainability; concrete structures; LCA; LCC.

1 INTRODUCTION

Environmental, economic and social performances should be considered in the sustainability assessment of buildings. However, many unsolved difficulties regarding integration of social aspects to environmental lifecycle assessment are pointed out in literature (Reap et al. 2008, Heijungs et al. 2012). Data regarding functional, environmental, economic and social performance integrated evaluation within a building and its subsystems life cycle are practically inexistent in the Brazilian construction sector, where concrete buildings predominate (Oliveira et al. 2013a). Furthermore, life cycle-based studies have shown the structural system and envelope as major contributors to material environmental loads of a building (Dobbelsteen 2007, Haapio & Viitaniemi 2008, Kellenberger & Althaus, 2009). Despite that, most sustainable buildings assessment systems available so far have not given enough attention to service life, durability, and the role played by structural systems.

In order to facilitate the integration of technical/functional indicators to environmental and economic dimensions of sustainability, and allow consideration of important life cycle aspects into the design decision-making routine for concrete structural systems selection, (Oliveira et al.

2011, 2013b) proposed a core set of performance indicators, which were subsequently validated in different studies. This particular paper focuses on its validation at slabs systems and whole superstructure levels (usual reinforced and prestressed concrete technologies) of thirty-one case studies of vertical buildings, being twenty-six residential and five commercial buildings.

2 METHODOLOGY

Table 1 comprises technical- functional, environmental and economic metrics. The technical-functional indicators are based upon recommendations of (ISO 6240, ISO 6241, ABNT NBR 15575-1). As the latter does not detail the requirements for environmental performance compliance, the environmental indicators were then defined according to EN 15643-2 for buildings environmental assessment and EN 15804, which regulates environmental product declarations (EPDs) of construction, in accordance with BS EN ISO 14.025. Life cycle cost (LCC) was chosen to describe economic performance. LCC is obtained through life cycle costing technique, standardized by ISO 15686-5. In this paper LCC calculation profited from the use of Life-365 v.2.1.1 software approach (Ehlen 2012).

Table 1 Functional-technical, environmental and economic indicators assessed

	Performance Indicators of structural systems / elements
Technical / functional (associated to structural safety, constructability, adaptability, maintenance and durability requirements)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Concrete volume over structural area ratio (concrete consumption), [m³/m²_{SA}] 2. Steel mass over structural area ratio (steel consumption), [kg/m²_{SA}] 3. Height over span ratio (h/ℓ) per structural floor area, (h/ℓ)/m²_{SA}, [m⁻²_{SA}] 4. Column density: number of columns over structural floor area ratio, n^o/m²_{SA} [m⁻²_{SA}] 5. Beam over slab height ratio, [m/m] per structural floor area, (hb/hs)/m²_{SA} (m/m) / m²_{SA}, [m⁻²_{SA}]
Environmental (associated to environmental adequacy requirement: encompassing environmental aspects (intensity of resources use) and environmental impacts (LCA impact categories).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Embodied carbon equivalent (ECO_{2e}) [kgCO_{2-eq}/ fu/ m²_{SA}] 2. Embodied primary renewable energy (EE_{ren}) [MJ/ fu/ m²_{SA}] 3. Embodied primary non renewable energy (EE_{n ren}) [MJ/ fu/ m²_{SA}] 4. blue Water Footprint (bWF) [m³/ fu/ m²_{SA}] 5. Material resources consumption (Mc) [kg/fu/ m²_{SA}] (steel + concrete + plywood formwork). 6. Non renewable raw material content (Abiotic Content) (NRc) [(kg_{total material} – kg_{recycled} – kg_{reused}) / fu/ m²_{SA}] 7. Acidification Potential (AP) [kg SO_{2-eq}/ fu/ m²_{SA}] 8. Eutrophication Potential (EP) [kg (PO₄)_{3-eq}/ fu/ m²_{SA}] 9. Depletion potential of the stratospheric ozone layer (ODP) [kg CFC11_{-eq}/ fu/ m²_{SA}] 10. Formation potential of tropospheric ozone (POCP) [kg C₂H_{4-eq}/ fu/ m²_{SA}]
Economic (associated to the economy requirement: life cycle monetary flows)	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Life cycle costs, LCC</i> [\$/m²_{SA}]: Initial costs of design and construction (<i>acquisition costs</i>) and <i>maintenance and repair costs</i>. Obs.: end of life costs (recycling and reuse; demolition and final disposal) were not considered in this LCCA.

EN 15804 breaks down a building's life cycle into three main stages. In this study, the indicators considered cover phases I (pre-use stage) and II (in-use stage), and the environmental indicators did not consider the construction process for Phase I. Phase III (end of life stage) was not considered due to lack of reliable environmental data for end-of-life alternatives, as well as of cost records for design for disassembly and post-use alternatives in the Brazilian context.

The indicators were calculated for thirty-one vertical buildings, varying from 6 to 30 floors, using either prestressed concrete flat (PCF) and waffle (PCW) slabs with flat beams or reinforced concrete waffle (RCW) and solid (RCS) slabs with beams exposed to a Brazilian southeast marine environment, subject to chloride attack. The class of concrete specified in the design is C25 for CS-E, C35 for CS-X and C30 for all other case studies. Case studies description and quantitative design data collected for calculation of indicators are shown in Table 2.

Table 2. Case studies description and design data collected for indicators' calculation

Case study-Typical floor slab system	Number of floors	Concrete volume [m ³]	Plywood formwork area ^a (17mm-thick) [m ²]	Reinforcing steel - CA-50 [kg]	Prestressing steel - CP 190 (unbonded tendons) [kg]	Cast iron anchorages (unit = plate + edge anchor) 0.5kg/unit	Structural area of the typical floor [m ²]	Number of columns at typical floor	Slab span - ℓ , [m]	Slab thickness - h_s , [mm]	Beam height $c-h_b$, [mm]	Total structural area [m ²]
A-RCW	6	121.1	197.5	1065	0	0	784.8	44	6.8	27.5 ^b	27.5	784.8
B-PCF	15	80.9	92.6	2927	1566	112	458.4	15	7.3	18.0	18.0	458.4
C-PCF	6	131.9	185.8	4465	2100	136	773.2	39	6.0	18.0	18.0	773.2
D-PCF	23	164.4	215.2	1334	2987	188	751.0	22	8.3	18.0	18.0	751.0
E-PCF	18	99.3	125.0	6726	1711	154	414.5	22	5.8	20.0	20.0	414.5
F-PCF	18	146.2	178.3	1044	1897	99	626.4	20	6.8	18.0	18.0	626.4
G-RCS	7	39.1	110.8	3801	0	0	247.2	22	6.2	12.0	70.0	247.2
H-RCS	7	86	225.8	8153	0	0	552.7	32	5.7	12.0	50.0	552.7
I-RCS	16	51.4	107.8	4953	0	0	249.0	16	6.4	12.0	60.0	249.0
J-PCF	23	169.2	209.2	6772	2567	194	662.6	25	6.5	20.0	20.0	662.6
K-RCW	23	135.7	65.1	1533	0	0	631.5	19	6.0	26.0	26.0	631.5
L-RCW	7	106.0	148.8	1097	0	0	445.7	21	6.8	30.0	60.0	445.7
M-PCF	19	42.2	64.6	4249	572	55	171.0	13	5.5	18.0	18.0	171.0
N-PCF	19	98.6	139.7	8443	1729	111	401.9	18	6.8	18,0	18,0	401,9
O-RCW	17	87.4	51.6	1316	0	0	411.3	20	6.7	25,0	25,0	411,3
P-PCW	24	189.0	147.4	1839	3445	211	643.2	26	7.6	23,0	23,0	643,2
Q-RCS	10	63.7	127.1	8141	0	0	356.8	20	7.2	13,0	60,0	356,8
R-PCF	17	77.1	100.0	5959	1550	102	331.4	15	6.5	20,0	20,0	331,4
S-PCF	30	105.3	152.4	1079	1293	128	476.1	18	5.8	18,0	18,0	476,1
T-RCS	12	62.3	125.5	5591	0	0	344.1	18	5.8	12,0	60,0	344,1
U-PCF	12	86.2	112.8	6259	1727	130	417.0	14	6.0	18,0	18,0	417,0
V-RCW	16	82.0	38.7	9070	0	0	374.0	17	7.2	26.0	26.0	374.0
X-PCF	18	80.81	110.6	5678	1469	114	371.6	16	7.6	18.0	18.0	371.6
Z-RCS	11	48.81	93.2	2348	0	0	279.1	20	5.1	14.0	60.0	279.1
AA-PCF	15	241.9	315.5	7653	3981	275	1079.4	42	7.0	18.0	18.0	1080
AB-PCF	18	251.4	351.7	1605	4266	246	1222	68	5.5	18.0	18.0	1222
AC-PCF	21	297.2	382.0	2177	5072	293	1388.8	46	8.2	18.0	18.0	1389
AD-PCF	20	68.0	98.6	2504	955	87	287.1	13	5.6	18.0	18.0	287.1
AE-PCW	21	168.5	251.4	1188	2280	134	861.5	22	8.6	28.0	28.0	861.5
AF-PCF	20	81.6	113.2	5347	1501	130	358.2	16	6.0	18.0	18.0	358.2
AG-PCF	9	155.6	219.0	7808	3498	162	778.1	28	6.8	20.0	20.0	778.1

RCW = reinforced concrete waffle slab and flat beams; PCF = prestressed concrete flat slab

RCS = reinforced concrete solid slab with normal beams; PCW = prestressed concrete waffle slab and flat beams

Case studies F, R, S, AB, AE are commercial buildings. All others are residential buildings.

^a considering maximum of five formwork reuse cycles | ^b waffle slab concrete volume equivalent to a 147mm-thick solid slab | ^c for the flooring systems with no beams, beam height is taken as slab height | concrete cover = 20mm.

To form a basis for meaningful comparison, quantified functional/technical requirements for a building or a system assembly are expressed in terms of the functional equivalent (EN 15643-2). In this study, functional equivalence of different designs was expressed in terms of m²structural

area (m^2_{SA}) of residential and commercial vertical concrete buildings exposed to a marine environment with 50-year design life (DL). This DL is the minimum required service life of a residential building according to the Brazilian performance standard (ABNT NBR 15.575-1).

Calculation of the environmental indicators was supported by software SimaPro 7.3. The performed LCAs followed ISO 14040 methodological guidelines. The defined system boundaries characterize a cradle to gate analysis, which disregards transportation and building construction, use and end of life stages. Data for materials production cycle modeling were taken from national literature or adapted from processes within Ecoinvent or ELCD international databases, after switching into the Brazilian energy mix. Data obtained from the Worldsteel Association for prestressing steel could not be edited. Table 3 shows the materials, their units and data sources used for LCA modeling of the considered production processes.

Table 3 – Process name, units and inventory data sources for the materials considered in the assessments

Construction materials	unit	Data source
Concrete (fck 25,30 and 35Mpa) ^a	1 m ³	Silva 2006
Steel rebar, blast furnace and electric arc furnace route, production mix, at plant	1 ton	ELCD v.2.0 (European life cycle database) (available at: <http://www.pre.nl.>.)
Plywood, outdoor use, at plant (BR), Sand, at mine; Gravel, crushed, at mine	1 m ³	Ecoinvent v.2.2 (available at: <http://www.pre.nl.>.)
Wire Rods (prestressing steel)	1 ton	World Steel Association (Finkbeiner et al. 2011)
Cast iron, at plant / RER U - BR (anchorage)	1 ton	Ecoinvent v.2.2 (available at: <http://www.pre.nl.>.)

^a Concrete mix with cement type CPIII-32 (66% of ggbs as clinker replacement)

Data for computing the functional indicators were extracted from structural design shop drawings according to ABNT NBR 6118:2014 provided by the responsible structural design practices. Service life estimated by Life-365 v.2.1.1 software triggered the maintenance program defined to allow all case studies to reach a minimum of 50-year DL and ensure functional equivalence for both LCA and LCC calculations. The default 10-year interval between repairs was considered to reasonably represent current practice. LCC calculation by the software was adapted to also follow ISO 15686-5 guidelines. A 10 % extra volume of material was assumed for each predicted flooring system repair event and added to the overall material consumption of the respective floor. Foundations were disregarded to isolate the effects of soil's carrying capacity on sizing, and consequently on material consumption. These environmental indicators per m^2_{SA} were calculated for one typical floor and for the total superstructure of each case study.

LCC estimation by software Life-365 v.2.1.1 considers only concrete and rebar data. Thus, an input data adaptation was required to include plywood formwork and prestressing steel costs and labor (Labor-Ct-Ufes 2013). LCC was given by the sum of the initial construction costs and the discounted future repair costs, over the design life of each flooring system. Maintenance cost estimation considered the same schedule and assumptions established for LCAs. The four economic parameters input in Life-365 v.2.1.1 were: 50-year DL as the reference period; 2013 as the reference year; annual inflation rate of 6.59% and real discount rate of 7.5%, which respectively represented the Price index to consumer rate (IPCA), defined by the Brazilian Institute of Applied Economic Research (IPEA), and the special system of liquidation and custody rate (SELIC) established by the Brazilian Monetary Policy Committee in April 2013.

For relative importance among technical/functional indicators, analytic hierarchy process (AHP) was applied with consultation to a panel of experts, whilst an adaptation of the *Ecoindicator 99* method (Budavari et al. 2011) was used for weighting the environmental indicators. Before that, all indicators results were normalized by the results of the case study with greater fck (CS-X). In

order to reflect stakeholders' perspectives, three different scenarios were set among the dimensions.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Table 4 shows the originally predicted service life and LCC results for all case studies, after selection of a repair schedule to accomplish the minimum 50-year DL. LCC results varied circa 76% between the best and worst performances. The prestressed concrete flat slabs system of CS-C presented the best LCC result, which is ~14% lower than the best reinforced concrete slab system of CS-A. Considering the LCC median values (RC=US\$ 444,43/m²_{SA}; PC=US\$ 416,35/m²_{SA}), PC slabs performed ~7% better than RC slabs.

Table 4 - Predicted service life and LCC results for all case studies

Case Studies (CS)	Predicted service life [yrs]	Acquisition costs (A) [US\$/m ² _{SA}]	Maintenance /Repair costs* (MR) [US\$/m ² _{SA}]	LCC = (A)+(MR) [US\$/m ² _{SA}]
A-RCW	11.7	87.52	254.03	341.55
B-PCF	11.2	75.65	236.24	311.89
C-PCF	11.2	72.41	227.94	300.35
D-PCF	11.2	128.51	297.15	425.66
E-PCF	12.1	128.78	289.80	418.58
F-PCF	11.2	124.46	315.40	439.86
G-RCS	11.9	104.75	318.44	423.26
H-RCS	11.9	100.15	313.29	413.44
I-RCS	8.9	126.76	401.26	528.01
J-PCF	12.1	110.81	305.54	416.35
K-RCW	11.6	127.43	317.00	444.43
L-RCW	11.8	145.17	385.99	531.17
M-PCF	11.2	161.04	336.31	497.11
N-PCF	11.2	148.64	333.47	482.12
O-RCW	11.2	154.04	334.26	488.30
P-PCW	11.2	180.55	526.00	706.55
Q-RCS	11.7	129.15	335.02	464.17
R-PCF	12.1	135.09	282.57	417.67
S-PCF	11.2	143.22	301.66	444.89
T-RCS	11.9	107.80	364.11	471.91
U-PCF	11.2	116.40	279.96	396.36
V-RCW	11.8	127.59	314.00	441.59
X-PCF	11.2	120.35	294.25	414.60
Z-RCS	11.4	78.33	299.30	377.63
AA-PCF	11.2	92.75	299.35	392.09
AB-PCF	11.3	87.66	287.42	375.09
AC-PCF	11.2	118.69	289.72	408.40
AD-PCF	11.2	133.23	316.61	449.84
AE-PCW	11.6	106.62	243.76	350.38
AF-PCF	11.2	122.72	307.73	430.45
AG-PCF	12.1	100.51	240.83	341.34

* four repair events in a 50-year Design Life (present worth basis)

Concerning the technical-functional indicators, Table 5 shows their median values for the 11 RC case studies, the 20 PC case studies, as well as for the total 31 concrete building case studies.

Table 5. Median values of technical-functional performance indicators results for the case studies

Technical-functional performance indicators	11 reinforced concrete (RC) case studies	20 prestressed concrete (PC) case studies	31 concrete building case studies
Height over span ratio (h/ℓ) per structural floor area [m_{SA}^{-2}]	7.50E-05	5.03E-05	6.37E-05
Number of columns over structural floor area ratio [m_{SA}^{-2}]	5.61E-02	3.97 E-02	4.50 E-02
Beam over slab height ratio, per structural floor area [m_{SA}^{-2}]	7.54E-03	1.85E-03	2.41E-03
Concrete volume over structural area ratio [m^3/m_{SA}^2]	0.18	0.22	0.21
Steel mass over structural area ratio [kg/m_{SA}^2]	19.89	19.19	19.23

Figure 1 shows the technical/functional indicators' results normalized by CS-X and weighted by AHP. Considering the medians of results for RC and PC slabs systems (Table 5), the first ones performed better for consumption of concrete, while the latter presented better performance with respect to all other indicators. The presence of normal beams contributes to the poor functional performance of case studies G and I.

Similarly, Table 6 lists the median values of the environmental indicators results for the 11 RC case studies, the 20 PC case studies, as well as for the total 31 concrete building case studies.

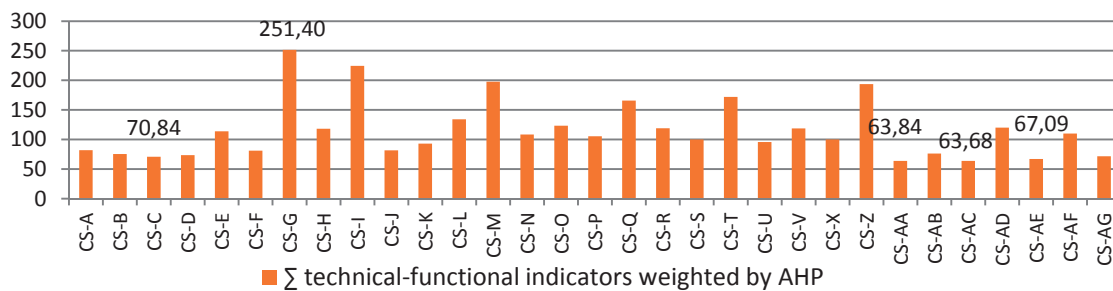


Figure 1. Technical-functional global performance of the typical floors of the 31 case studies, expressed by an aggregated result of the five technical-functional indicators results normalized by CS-X and weighted by AHP.

Table 6. Median values of environmental performance indicators results for the case studies

Environmental performance indicators	11 reinforced concrete (RC) CS	20 prestressed concrete (PC) CS	31 concrete building CS
EGWP [$kgCO_2e/m^2_{SA}$]	84.04	77.06	78.04
EEren [MJ/m^2_{SA}]	890.16	694.40	724.62
EEren [MJ/m^2_{SA}]	120.17	129.14	123.71
bWF [m^3/m^2_{SA}]	1.82	2.14	1.94
Mc [kg/m^2_{SA}]	747.30	805.03	769.93
NRc (abiotic content) [kg/m^2_{SA}]	646.39	702.39	668.68
AP [$kgSO_2-eq/m^2_{SA}$]	1.86 E-01	1.66 E-01	1.73 E-01
EP [$Kg(PO_4)_{3-eq}/m^2_{SA}$]	0.37 E-01	0.33 E-01	0.34 E-01
ODP [$Kg CFC_{11-eq}/m^2_{SA}$]	2.44E-06	1.95E-06	2.02E-06
POCP [$KG C_2H_4-eq/m^2_{SA}$]	0.23 E-01	0.19 E-01	0.20 E-01

The environmental indicators results normalized by CS-X are presented in a radar type graph in Figure 2. It shows a greater variability of ODP results among case studies followed by ECO_2e . The P-value of these indicators results showed that except for POCP, EEren and bWF, the environmental indicators results for both, prestressed and reinforced structures are statistically equal (5% level of significance).

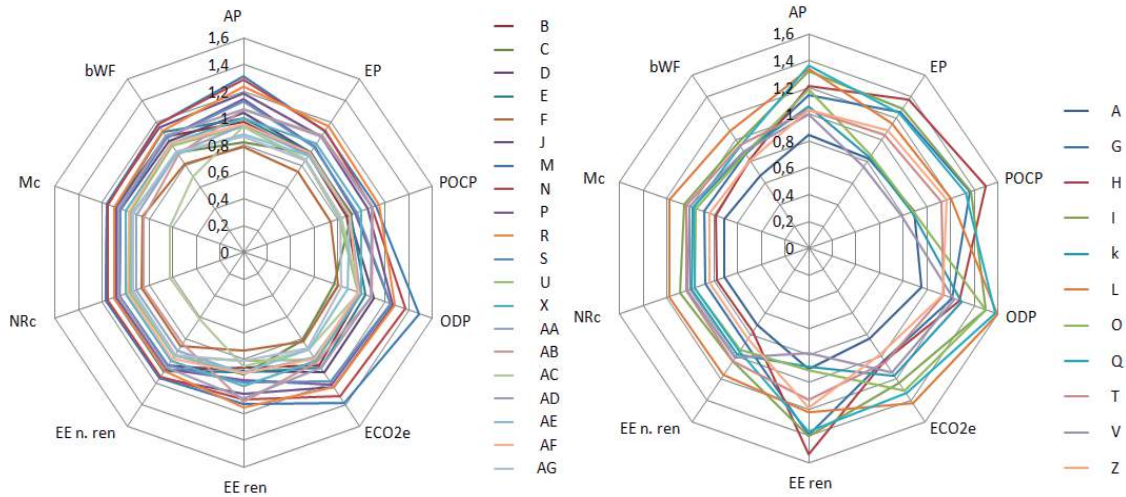


Figure 2. Normalized environmental indicators results for superstructures of the 20 prestressed concrete case studies, and for the 11 reinforced concrete case studies.

Calculated for a typical floor and the whole superstructure, the environmental indicators were weighted by an adaptation of the hierarchist version of *Eco-indicator 99 Life Cycle Impact Assessment (LCIA) method* and aggregated (scenario E1). They presented different trends when calculated at both levels – pointing respectively to CS-C and CS-P as best and worst environmental performance structures at a typical floor and to CS-F and CS-L when calculated at the superstructure level (Figure 3).

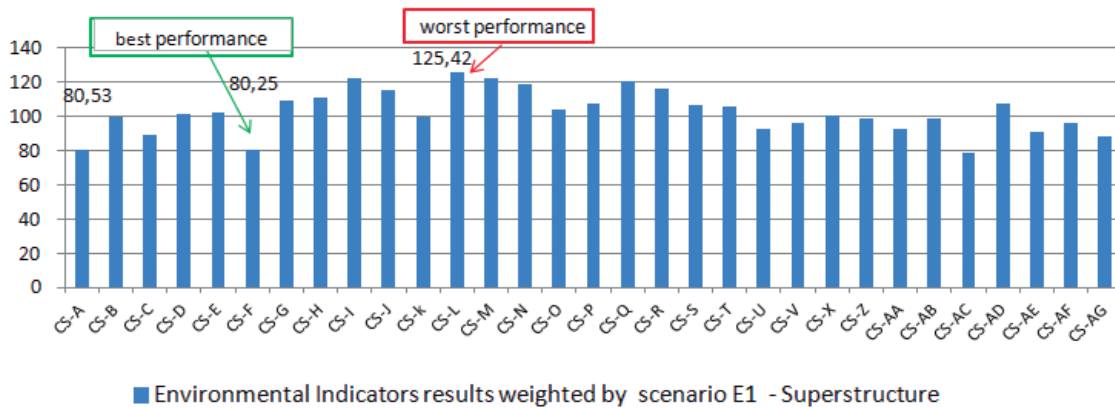


Figure 3. Environmental indicators results, normalized by CS-X and weighted by scenario E1.

Once normalized by CS-X and weighted, the indicators results of each dimension are aggregated. To simulate some stakeholder’s perspectives, three weighting scenarios among the technical-functional, environmental and economic dimensions were defined. The multi-performance indicators results presented in Figure 3 show CS-C as the top performance solution for scenarios 1 and 2, and CS-A when privileging the environmental dimension (scenario 3).



Figure 4. Multi-performance indicators results of the 31 case studies for three different scenarios of importance among technical-functional, environmental and economic dimensions

4 FINAL REMARKS

Specific conclusions could be drawn from the investigation carried out:

- PCF slabs showed best results for the economic and most technical-functional indicators, but concerning the environmental results, no particular trend was observed between reinforced and prestressed concrete slab systems;
- full quantitative superstructure data shall be collected to calculate environmental indicators, as a similar trend was not found for typical floors and their corresponding whole superstructure;
- structural design for marine environment (Class III), according to ABNT NBR 6118, does not ensure compliance with ABNT NBR 15575-1;
- although the service life prediction by Life-365 software can be simplified and conservative, it takes into account the presence of admixtures to the concrete. Thus, the results of the performed simulations suggest a potential need for revision regarding the concrete cover specified for Class III applications (table 6.1 of ABNT NBR 6118);
- weighting scenarios simulating stakeholder’s perspectives, as well as the use of AHP and *Eco-indicator 99 LCIA method* for relative importance among functional and environmental indicators, streamline identification of a top performing solution.

Brazil’s inflation and interest rates are one of the highest in the world. Therefore, performing the LCCA with European or American rates (about four times lower than Brazilian rates) would enrich the discussion, and maybe even broaden the study’s scientific reach.

A LCCA with inflation and interest rates of 1% was performed for case studies A and C (which presented in this paper, the best LCC results among reinforced and prestressed concrete slabs systems, respectively). It was observed that the difference among LCC results of CS-A and CS-C dropped from 14% to 2%, thus in other scenarios, the chosen strategy to reach the design life would be less competitive in a life-cycle perspective. Further studies including different interest rates are already being conducted. In this paper, however, due to length constraints, it wasn't possible to enlarge the results discussion in that way. The paper then reflects not only the Brazilian structural design and construction practices but also its economic-financial reality.

This case study application confirmed the feasibility of calculating the proposed indicators for sustainability evaluation of concrete structural systems. Furthermore, it provided initial benchmarks for the proposed set of performance indicators for the studied typologies in the Brazilian context. It is expected that this set of multi-performance indicators become a tool to support design decision-making regarding important sustainability aspects in concrete structural systems selection.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank FAPESP, CAPES and CNPq for their financial support.

REFERENCES

Associação Brasileira De Normas Técnicas - ABNT. Edificações habitacionais – Desempenho, NBR 15.575, Part 1, Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira De Normas Técnicas - ABNT. Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. NBR 6118, Rio de Janeiro, 2007.

British Standard. European Committee for Standardization. Environmental labels and declarations. Type III environmental declarations. Principles and procedures. BS EN ISO 14.025. Brussels, 2010.

Budavari, Z., Szalay, Z., Brown, N., Malmqvist, T., Peuportier, B., Zabalza, B., Krigsvoll, G., Wetzel, C., Cai, X., Staller, H., Tritthart, W. (2011). Indicators and weighting systems, including normalisation of environmental profiles. LoRe-LCA-WP5-D5.1. Final version, 80p. Available at:<<http://www.sintef.no/Projectweb/LoRe-LCA/Training/>>. [Accessed 15 March 2013].

Dobbelsteen, A.A.J.F.; Arets, M.; Nunes, R. (2007). Sustainable design of supporting structures. Optimal structural spans and component combinations for effective improvement of environmental performance. *Construction Innovation*, v.7, n.1, p.54-71.

Ehlen, M. A. (2012). *Life-365 Service life prediction model*, v.2.1 – Users Manual. USA.

European Committee for Standardization. Sustainability of construction works — Assessment of buildings. Part 2: Framework for the assessment of environmental performance. Incorporating corrigendum February 2012. EN 15643-2, Brussels, 2011.

European Committee for Standardization. Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products. EN 15804:2012. Brussels, 2012.

Finkbeiner, M., Dowdell, D., Inaba, A., Young, S. B. World Steel Association. Life Cycle Assessment Methodology Report, 2011. Available at: <http://worldsteel.org/dms/internetDocumentList/bookshop/LCA-Methodology-Report/document/LCA%20Methodology%20Report.pdf> >. Assessed on March, 2012.

Haapio, A.; Viitaniemi, P. (2008). Environmental effect of structural solutions and building materials to a building. *Environmental Impact Assessment Review*, v.28, n.8, p.587-600.

Heijungs, R.; Setanni, E.; Guinée, J. (2012). Toward a computational structure for a life-cycle sustainability analysis: unifying LCA and LCC. *Int. J. LCA*. DOI: 10.1007/s11367-012-0461-4.

International Organization for Standardization - ISO. Performance standards in building - Contents and presentation – ISO 6240, Geneve, Switzerland, 1980.

International Organization for Standardization - ISO. Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered. ISO 6241, Geneve, Switzerland, 1984.

International Organization for Standardization - ISO. Buildings and constructed assets. Service life planning – Part 5: Life Cycle Costing - ISO 15686-5, Geneve, Switzerland, 2008.

International Organization for Standardization - ISO. Standard 14.040. Environmental management – Life-cycle assessment: Principles and framework. 2006. Genève, Switzerland.

Kellenberger, D.; Althaus, H. (2009). Relevance of simplifications in LCA of building components. *Building and Environment*, v. 44, n. 4, p. 818-825.

Labor/Ct-Ufes. Tabela custos referenciais (Is=129,88%; bdi=28%) Labor/Ct-Ufes padrão IOPES fev/2013 (Available at: <http://siteiopes.no-ip.info/> [assessed on 3/15/2013]).

Oliveira, F. R. M.; Silva, V. G.; Silva, M. G. (2011). Towards Integration of environmental, functional and economic indicators for envelope and structural frame selection: proposal for discussion at the conceptual design stage. In: SB11 HELSINKI, Proceedings, theme 4, p.502-509, Finland.

Oliveira, F. R. M.; Silva, V. G.; Silva, M. G. (2013a). Indicators to Support Sustainability and Performance-Based Selection of Structural Frame Alternatives in Concrete: Preliminary Validation at Element Level. In: SB13 Munich. Munich, 2013. Proceedings, Germany, v.1, p.1-8.

Oliveira, F. R. M.; Silva, M. G.; Silva, V. G. (2013b). “Exploring life-cycle-based indicators for integrated sustainability assessment of building structural frames in concrete”, *Ibracon Structures and Materials Journal*, vol.6, n.5, pp.832-843.

Reap, J.; Roman, F.; Duncan, S.; Bras, B. (2008) A survey of unresolved problems in life cycle assessment. Part 1: goal and scope and inventory analysis. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v.13, p.290-300.

Silva, M. G. (coordinator) (2006). Concreto de Alto Desempenho com Elevados Teores de Escória de Alto Forno: Estratégia para consolidar o Mercado da Escória de Alto Forno. Projeto Desempenho. Technical report. Universidade Federal do Espírito Santo. 254p.

Energia e emissões incorporadas nos estágios de produto e construção de edificações: aplicação a casos brasileiros

Maristela Gomes da Silva

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil, Vitória, Espírito Santo, Brasil

margomes.silva@gmail.com

Marcella Ruschi Mendes Saade

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, São Paulo, Brasil

marcellarms@hotmail.com

Larissa Pereira Miranda

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Ambiental, Vitória, Espírito Santo, Brasil

larmiranda20@gmail.com

Karine Klippel

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Ambiental, Vitória, Espírito Santo, Brasil

karineklippel@gmail.com

Clara Nahas Dias

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil

claranahasdias@gmail.com

Flávia Ruschi Mendes de Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil, Vitória, Espírito Santo, Brasil

flaviaruschi@gmail.com

Vanessa Gomes da Silva

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Construção, Campinas, São Paulo, Brasil

vangomes@gmail.com

ABSTRACT: The International Energy Agency's Annex 57 was established to advance on evaluation of embodied energy and GHG emissions for building construction. Its activities include recommendation of common calculation methods and disclosure of regional benchmarks. Identification of the major products that describe key building typologies plays a strategic role in the tasks of streamlining indicators' monitoring scope and LCI data gathering in contexts with little LCA practice consolidation. Given these motivations and backdrops, the main goals of this paper are (i) to calculate a selected set of LCA-based indicators to synthetically describe environmental performance of construction products for three functionally equivalent case studies; (ii) to detect the major contributors to embodied energy (EE) and green house gas – GHG - emissions (EGWP); and (iii) to examine the implications of considering embodied CO₂ versus total GHG emissions (GWP, expressed in CO_{2eq}). Production cycle modeling used previously collected national data, as well as secondary data extracted from national and international literature or adapted from international databases whenever considered as reasonably similar to Brazilian processes. EE and EGWP results were calculated using the Cumulative Energy Demand (CED) and the CML (2001 baseline v. 2.05) methods, respectively. EE, EGWP and ECO₂ calculations were directly derived from the inventories. Around 80% of the total embodied energy was related to

seven construction products, while four of them also responded for around 80% of embodied GWP. Enlarging the database to encompass ten core products increases coverage to over 93%. Raw material supply, product manufacturing and the use stage clearly dominate lifecycle CED. Further research is expected to advance in LCI development and validation to enable the use of life cycle-based metrics to support decision-making within the building sector.

Keywords: Life cycle indicators, Embodied, Energy, Carbon, GWP.

RESUMO: O Anexo 57 da Agência Internacional de Energia (AIE) foi estabelecido para avançar na avaliação de energia e emissões de GEE associadas à construção de edificações. A avaliação de ciclo de vida auxilia no cálculo destes indicadores. Identificar os principais materiais e componentes de construção que descrevam tipologias construtivas-chaves tem um papel estratégico na otimização do monitoramento de indicadores e construção de inventários em contextos com práticas de ACV pouco consolidadas. Os principais objetivos deste artigo são: (i) *calcular* um conjunto selecionado de indicadores com base em ACV para descrever sinteticamente o desempenho ambiental de produtos de construção utilizados em três estudos de casos funcionalmente equivalentes; (ii) identificar os principais produtos contribuintes para a energia e carbono incorporados totais; e (iii) avaliar as implicações de se considerar CO₂ ou GWP (em CO_{2eq}) incorporado. A modelagem dos ciclos produtivos utilizou dados próprios e dados secundários coletados na literatura ou adaptados de bases internacionais, mediante análise de similaridade com processos nacionais. Resultados de CO₂ e GWP incorporado foram obtidos pelos métodos de demanda acumulada de energia (CED) e CML (2001 baseline v. 2.05), respectivamente, e apresentados para os principais produtos contribuintes. EE, EGWP e ECO₂ foram calculados diretamente a partir dos inventários. Da análise de resultados, observa-se que 80% da energia incorporada resulta de sete produtos de construção, enquanto quatro deles também respondem por pouco mais de 80% do GWP incorporado. Ampliar a base para abranger dez produtos aumenta esta cobertura para mais de 93%. O fornecimento de matéria-prima, fabricação dos produtos (materiais e componentes de construção) e a etapa de uso claramente dominam o ciclo de vida CED. Espera-se que pesquisas futuras avancem no desenvolvimento e validação de inventários e permitam o emprego de métricas de ciclo de vida na tomada de decisão no setor de construção brasileiro.

Palavras-chave: Análise do ciclo de vida, Indicadores, Energia incorporada, Carbono, GWP incorporado.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem um papel cada vez mais importante nas economias regionais e globais, contribuindo para a geração de empregos, para o desenvolvimento de novas tecnologias e infraestruturas e para melhorar a qualidade de vida. Esta mesma grandeza é observada nas cargas ambientais que surgem a partir desta atividade, amplamente documentada por autores como Bribrián et al. (2011).

Apesar de sua relevância ambiental, o desempenho do projeto de construção tem sido tradicionalmente medido em termos de qualidade, tempo e dinheiro gasto (Gangoellis et al. 2009). A avaliação do desempenho ambiental é relativamente nova e, por causa disso, ainda apresenta desafios metodológicos consideráveis, que limitam a sua praticidade e confiabilidade.

Visando sanar este problema, a ACV é utilizada mundialmente como uma ferramenta comum e eficiente que demonstra impactos ambientais relativos a sistemas. Assim, o desempenho ambiental pode ser mensurado através de indicadores estruturados para evidenciar a utilização de recursos e seus consequentes impactos, e fornecer informações que facilitem a tomada de decisões na condução de escolhas mais inteligentes (Wilson et al. 2007)

Dentre os vários indicadores ambientais passíveis de serem usados para o setor da construção civil estão o CO₂ incorporado, a energia incorporada, a pegada de água e a emissão de VOC. A escolha de um indicador se dá principalmente pela forte relação com o objeto de estudo, permitindo destacar os impactos gerados pela atividade, e a facilidade de obtenção de dados necessários para os cálculos.

A descrição das cargas ambientais segundo unidades de massa ou volume de produtos não oferece a melhor descrição funcional de sua aplicação na construção civil. Para permitir comparações em termos de impacto gerado, o princípio da equivalência funcional precisa ser obrigatoriamente aplicado.

1.1 Indicadores de desempenho ambiental compreendidos nesta pesquisa

Dentre os principais impactos ambientais da construção civil, pode-se citar o consumo de recursos naturais, energia e água; a poluição do ar, água e solo; e a geração de resíduos, entre outros. Estes impactos podem ser quantificados e monitorados por meio de indicadores de desempenho ambiental, dando margem para o seu controle e diminuição. Como o cálculo de indicadores é trabalhoso, torna-se particularmente importante selecionar aqueles a serem calculados com base em sua capacidade de expressar o impacto da atividade e de efetivamente informar os processos de tomada de decisão.

As principais atividades humanas que geram emissões de GWP são: geração de energia pela queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural) e desmatamento, que produzem emissões de dióxido de carbono; decomposição anaeróbica de matéria orgânica, que produz emissões de metano em aterros sanitários e na pecuária; uso de fertilizantes nitrogenados, que produz emissões de óxido nítrico; e processos industriais, que produzem emissões de perfluorocarbonos, hidrofluorocarbonos e hexafluoreto de enxofre. Em termos quantitativos, as atividades do setor da construção civil, somadas às atividades envolvendo combustíveis fósseis, são responsáveis por 75% do dióxido de carbono lançado na atmosfera terrestre, desde a Era Pré-industrial do século 18 até os dias atuais, contribuindo para quase um quarto do total de emissões globais de CO₂ atribuíveis ao uso de energia em edificações (Monahan; Powell 2011).

Grande parte das emissões de gases do efeito estufa está, portanto, associada à matriz energética. O Brasil apresenta uma matriz energética mais limpa que a média mundial, e 84,5% da eletricidade é gerada através de fontes renováveis, como pode ser observado na Figura 1 (EPE 2013).

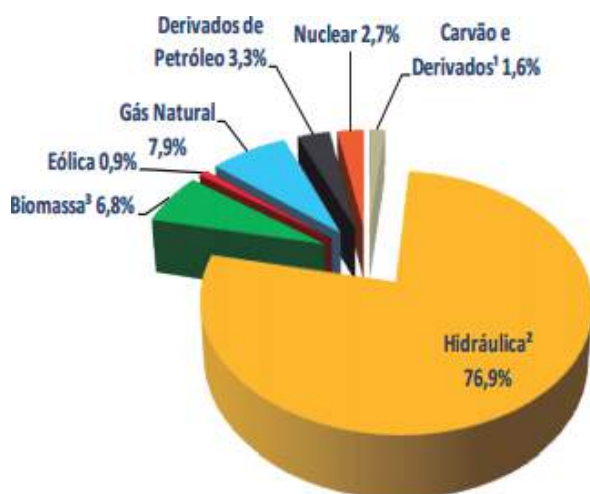


Figura 1. Mix elétrico brasileiro em 2012 (EPE 2013).

A extração, processamento, fabricação, transporte e utilização de um produto utiliza energia e gera impactos ambientais importantes. Considerando o seu ciclo de vida completo, as edificações são grandes contribuintes das emissões globais de CO₂. Reduzir a demanda de energia e as emissões de CO₂ e outros gases de efeito estufa (GWP) atribuídos a edificações vêm se consolidando como uma meta importante para políticas climáticas governamentais (Monahan; Powell 2011). A fabricação de materiais de construção é, frequentemente, a principal fonte de emissão de gases de efeito estufa (GEE). Os materiais concreto, bloco de cerâmica e aço lideram as emissões de carbono incorporado, segundo as pesquisas de Monahan; Powell (2011), Cuchi (2010) e Tavares (2006).

No caso brasileiro, analogamente às emissões de GEE, a energia não renovável incorporada também está mais diretamente ligada à fabricação de materiais do que à etapa de utilização das edificações. A energia incorporada torna-se, portanto, um indicador importante para a tomada de decisões quanto à escolha de materiais (Tavares, 2006), sendo de grande relevância para atingir a aceção mais ampla de eficiência energética, isto é: considerando todo o ciclo de vida da edificação, e não apenas a etapa de uso.

2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

2.1 Objetivos e destaques metodológicos

Os principais objetivos deste artigo são: (i) calcular um conjunto selecionado de indicadores com base em ACV para descrever sinteticamente o desempenho ambiental de produtos de construção utilizados em três estudos de casos funcionalmente equivalentes; (ii) identificar os principais produtos contribuintes para a energia e carbono incorporados totais; e (iii) avaliar as implicações de se considerar CO₂ ou GWP (em CO₂eq) incorporado.

Para esta pesquisa, as fronteiras de sistema estabelecidas abrangem a primeira etapa do ciclo de vida de edificações (Figura 2): o estágio de produto. O software SimaPro 7.3 foi a plataforma selecionada para apoio às ACV realizadas.



Figura 2. Estágios do ciclo de vida completo de edificações, segundo a norma EN15978 (2011)). (Adaptado de GOMES et al., 2014).

De modo facilitar a avaliação e comparação dos resultados, é preciso definir uma unidade de análise, que consiste em uma unidade de referência usada para avaliar o desempenho quantitativo de determinado produto ou processo (Silva; Pacca, 2011). Para o indicador ambiental energia incorporada, a unidade de análise adotada foi MJ/m² de área construída, também utilizada por autores como Paulsen; Sposto (2013), Blengini & Carlo (2010) e Bribián et al. Scarpellini (2009). Para os indicadores ambientais CO₂ | GWP Incorporado foi usada a unidade de análise kg CO₂ | CO₂eq/m² de área construída, como usado por Silva; Pacca (2011), Yan et al. (2010) e Bribián et al. (2009).

2.2 Descrição dos estudos de caso

Os estudos de caso foram obtidos pelo Laboratório de Orçamentos (Labor) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Foram escolhidos três estudos de caso, todos localizados no município do Espírito Santo.

O primeiro estudo de caso se apresenta como um Centro de Atendimento onde são oferecidos serviços de órgãos administrativos, como Polícia Civil, Detran, Procon e Escelsa. O Centro de Atendimento caracteriza-se por uma edificação de 5.313,76 m² de área construída, 2 pavimentos, com estrutura convencional em concreto armado e vedação externa com fechamento em bloco. A relação entre abertura de janela e área de parede é maior se comparada às demais edificações utilizadas na validação. Quanto à envoltória da edificação, apresenta vedações verticais externas em alvenaria e acabamento em pintura. A cobertura é em laje impermeabilizada e a platibanda. A edificação apresenta pintura interna e revestimento cerâmico. O espaço interno é livre com ambientes separados por divisórias revestidas de fórmica (laminado melamínico).

O segundo estudo de caso são dois alojamentos, com um total de 1.511,74 m² de área construída e 2 pavimentos cada. A edificação apresenta baixa relação entre abertura de janela e área de parede, estrutura convencional de concreto armado e vedação externa em alvenaria. Quanto à envoltória, as vedações verticais externas são em alvenaria e o seu acabamento em pintura. A cobertura é em laje em concreto e telha em fibrocimento. A face interna é em revestimento cerâmico.

O terceiro estudo de caso é uma escola pública de ensino fundamental e médio. A escola funciona em períodos matutino, vespertino e noturno. A edificação caracteriza-se por apresentar 4.694 m² de área construída e um pavimento, com baixa relação entre abertura de janela e área de parede, estrutura convencional de concreto armado e laje nervurada e vedação externa em alvenaria. Quanto à envoltória, apresenta vedação vertical externa em alvenaria e o seu acabamento em pintura e revestimento cerâmico nas faces externas e internas. A cobertura é em estrutura metálica e telha cerâmica.

Apesar de apresentarem finalidades construtivas diferentes, os estudos de caso são passíveis de comparação uma vez que a tipologia construtiva é semelhante e o limite de sistema contempla apenas o estágio de produto não dando margem a comparação da fase de uso.

2.3 Cálculo dos indicadores

Em uma metodologia simplificada para cálculo de emissões de materiais em edificações, é relevante avaliar os fatores de emissões dos materiais de construção para definir quais materiais deverão ser incluídos no cálculo de emissões. Isso se justifica, pois um material com fator de emissão muito elevado, mesmo utilizado em pequena quantidade, pode representar um aumento significativo de emissão total. Neste trabalho, adotou-se, portanto, a recomendação de Jião et al. (2012) para considerar os materiais com uma massa igual ou superior a 5% da massa total da construção e/ou os materiais que estão entre mais utilizados na construção e/ou os materiais que possuem elevada carga do referido indicador.

Os quantitativos das edificações foram detalhadamente obtidos de planilhas orçamentárias dos projetos. A partir da área de alvenaria especificada nas planilhas orçamentárias, contabilizou-se os quantitativos de areia, cal e cimento, englobando as quantidades necessárias para a fabricação da argamassa de assentamento e revestimento considerando suas porosidades. Assim também foi calculada a quantidade de blocos cerâmicos necessária para construir a área de alvenaria especificada. Já o consumo de tinta foi calculado a partir de um software disponibilizado no site de um fabricante onde, a partir da área de alvenaria, tipo de revestimento e quantidade de demãos de tinta como dados de entrada, obtém-se a quantidade de tinta necessária para a cobertura. Considerou-se a tinta acrílica para área externa e tinta látex PVA para área interna.

As perdas de materiais de construção no canteiro de obras foram estimadas com base na literatura, usando a pesquisa de Agopyan et al. (2003), que faz a relação dos materiais de construção civil a suas respectivas perdas pela análise de diferentes canteiros de obras brasileiros. Apesar da referência não ser atual, ela mantém-se como a mais completa publicamente disponível e seus dados ainda são correntemente usados, como nas pesquisas de Gomes et al. (2014) e Paulsen; Sposto (2013). A Tabela 1 relaciona os valores de perdas em porcentagem de material.

Tabela 1. Relação entre porcentagem de perdas e os materiais de construção em massa (Agopyan et al., 2003).

Material	Perdas (%)
Areia	44
Cimento	56
Cal	36
Concreto	9
Tijolo e blocos	13
Aço	11
Eetrodutos	15
Condutores	27
Tubo de PVC	15
Revestimento cerâmico	14
Gesso	30
Brita	38

Os fatores de consumo de energia e emissões de CO₂ e GWP por unidade de material são obtidos por meio do software SimaPro 7.3, desenvolvido pela empresa Pré Consultants. Esta é uma ferramenta profissional que permite analisar e monitorar o desempenho ambiental de produtos, processos e serviços, seguindo as recomendações da série ISO 14040. Resulta, então, em um inventário do ciclo de vida passível de ser usado na mensuração dos impactos das edificações analisadas.

A base de dados selecionada foi a Ecoinvent versão 3, com a matriz energética modificada manualmente para melhor adaptação à realidade brasileira. O cálculo do CO₂eq incorporado considera todos os GEE incluídos na categoria de aquecimento global, pelo método de análise de impactos ambientais CML 2001 v. 2.05. O CML é um método de avaliação de impactos ambientais no ciclo de vida (LCIA) que fornece orientações com guias operacionais e fatores de caracterização específicos previamente quantificados para cada problema ambiental ou categoria de impacto.

O cálculo da Energia Incorporada na etapa de materiais é feito através da soma do consumo de energia em todos os materiais e produtos utilizados na construção da edificação, incluindo os resíduos, considerando a quantidade de cada item (massa, volume, área). A equação 1 representa esse cálculo.

$$EE_M = \sum_{i=1}^n EE_{un} \times Q_M \quad (1)$$

Onde EE_M = Energia Incorporada na etapa de materiais (MJ); EE_{un} = Energia Incorporada por unidade de material (MJ); Q_M = quantidade de material (unidade de análise do material); e n = número de materiais.

O CO₂ Incorporado na etapa de materiais é calculado através da soma das emissões de CO₂ em todos os materiais e produtos utilizados na construção da edificação, incluindo os resíduos, considerando a quantidade de cada item (massa, volume, área). A equação 2 representa esse cálculo:

$$CE_M = \sum_{i=1}^n CE_{un} \times Q_M \quad (2)$$

Onde CE_M = CO₂ Incorporado no estágio de materiais (kg); CE_{un} = CO₂ Incorporado em cada unidade de material (kg); Q_M = quantidade de material (unidade de análise do material); e n = número de materiais.

Para o GWP Incorporado na etapa de materiais, o cálculo é feito através da soma das emissões de GWP em CO₂ equivalente em todos os materiais e produtos utilizados na construção da edificação, incluindo os resíduos, considerando a quantidade de cada item (massa, volume, área). A equação 3 representa esse cálculo:

$$CE_M = \sum_{i=1}^n CE_{un} \times Q_M \quad (3)$$

Onde CE_M = GWP (em CO₂eq) Incorporado no estágio de materiais (kg); CE_{un} = CO₂eq (em CO₂eq) Incorporado em cada unidade de material (kg); Q_M = quantidade de material (unidade de análise do material); e n = número de materiais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 traz os resultados da contabilização de Energia Incorporada para os estudos de casos considerados.

Tabela 2. Resultados de Energia Incorporada para o estágio de produto.

Estudo de caso	Energia Incorporada (MJ)	Energia Incorporada (MJ/m ²)
Estudo de caso 1	7.446.059,84	1496,53
Estudo de caso 2	931.522,47	1030,87
Estudo de caso 3	1.084.321,61	1865,75

A Tabela 3 traz os resultados do indicador CO₂ Incorporado.

Tabela 3. Resultados de CO₂ Incorporado para o estágio de produto.

Estudo de caso	CO ₂ Incorporado (kg)	CO ₂ Incorporado (kg/m ²)
Estudo de caso 1	1.558.407,41	187,22
Estudo de caso 2	197.463,48	130,62
Estudo de caso 3	218.642,96	206,13

Para o indicador CO₂eq Incorporado, obtém-se como resultado a Tabela 4.

Tabela 4. Resultados de GWP Incorporado para o estágio de produto.

Estudo de caso	GWP Incorporado (kg)	GWP Incorporado (kg/m ²)
Estudo de caso 1	9.084.765,87	217,93
Estudo de caso 2	1.003.694,38	144,63
Estudo de caso 3	1.138.815,51	233,88

Vale ressaltar que o consumo de materiais dos estudos de caso utilizados são 1330,18 kg/m², 1273,31 kg/m² e 2332,43 kg/m² para os estudos de caso 1, 2 e 3, respectivamente. Isso ajuda a

explicar o fato de que o resultado dos indicadores para o estudo de caso 3 se mostrarem mais elevados, enquanto os resultados do estudo de caso 2 se mostraram menor que os demais.

A Figura 3 apresenta os valores médios de energia incorporada de produtos de construção por m². A energia incorporada do cimento Portland e do concreto é analisada considerando três cenários onde são variadas as porcentagens de escória de alto-forno no cimento Portland (CP IS-32, 5% CP II-E -32, 30% e CP III-32, 66%), de forma consistente com as normas e o mercado brasileiro (ABNT 5732: 1991; ABNT 11578: 1991; ABNT 5735: 1991). Como esperado e bem documentado na literatura, os resultados desta pesquisa mostram que o cimento Portland e o concreto são os principais contribuintes do perfil energético.

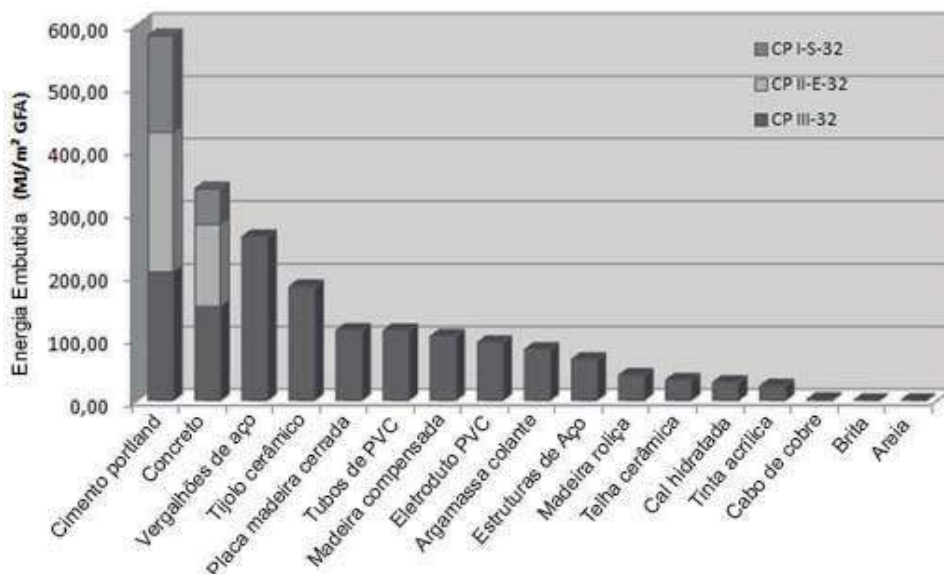


Figura 3. Energia Incorporada em materiais de construção por m² construído.

A Figura 4 apresenta os valores de CO₂ Incorporado por m² construído. Já a Figura 5 apresenta os valores de gases do efeito estufa (GWP) Incorporados por m² construído.

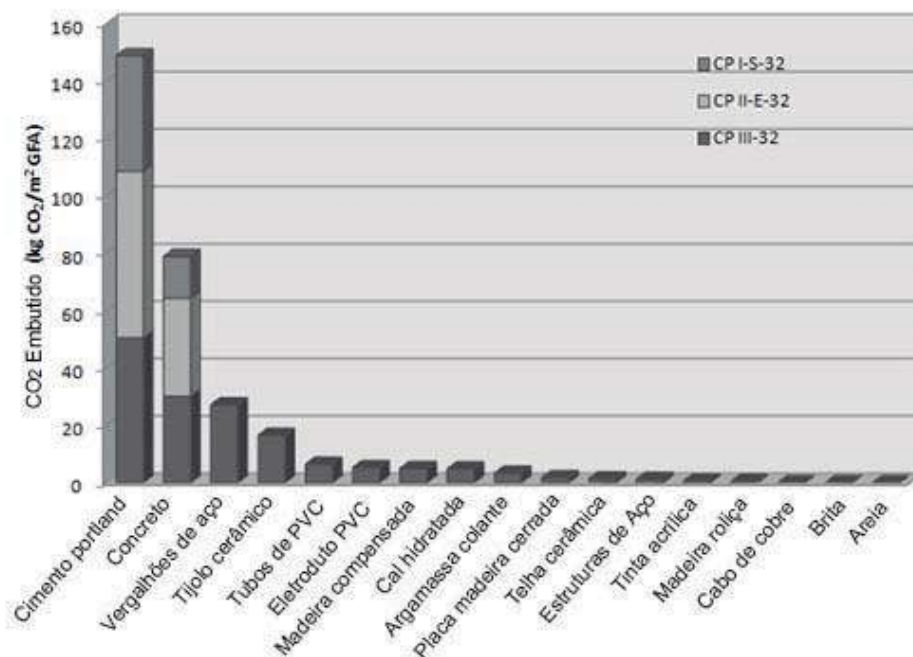


Figura 4. CO₂ Incorporado em materiais de construção por m² construído.

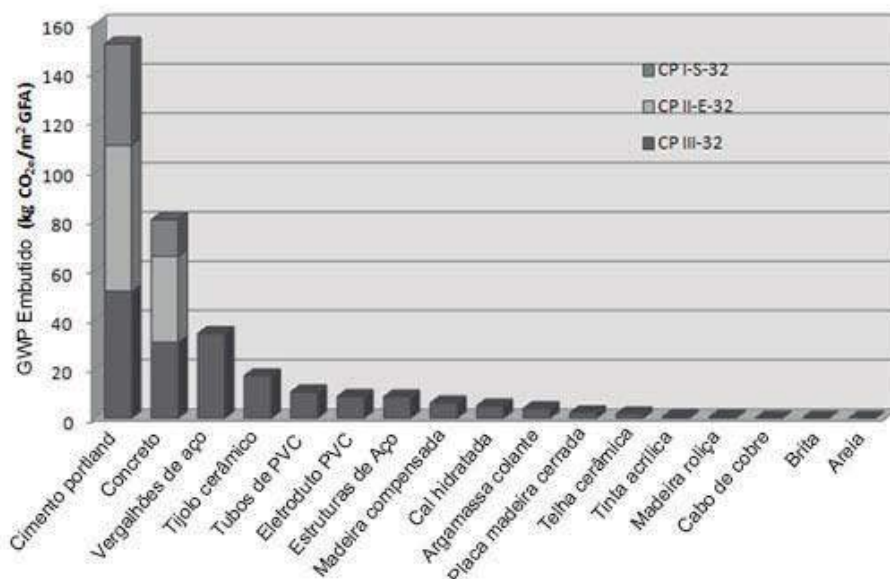


Figura 5. GWP Incorporado em materiais de construção por m² construído.

Os quatro maiores contribuintes para CO₂ Incorporado e GWP Incorporado das edificações estudadas mostraram-se sempre os mesmos: Cimento Portland, Aço CA-50, bloco cerâmico e tubos de PVC. Estes materiais e componentes respondem coletivamente por mais de 80% dos valores de indicadores.

Com os resultados obtidos, pode-se chegar às seguintes considerações:

- 80% da Energia Incorporada resulta de sete materiais e componentes de construção, enquanto que quatro deles também respondem por pouco mais de 80% do GWP Incorporado;
- A ampliação da base para abranger dez materiais e componentes de construção aumenta esta cobertura para mais de 93%;
- Para alguns materiais, a diferença entre os valores de CO₂ Incorporado e GWP Incorporado podem não ser significativa, mas a consideração de ECO₂ conduz a erros grosseiros para outros, não devendo ser adotada como regra.

4 CONCLUSÃO

Muitos esforços para descrever o desempenho ambiental, através do estabelecimento de indicadores adequados, têm sido observados em todo o mundo. No entanto, há divergências significativas em termos de definição dos indicadores e métodos de cálculo. Os indicadores analisados foram selecionados com base em sua relevância ambiental e mensurabilidade, e representam métricas para permitir avaliações rápidas, porém relevantes.

Uma importante limitação decorre da falta de dados de referência de inventário de ciclo de vida (LCI). Embora não seja ideal, a falta de dados nacionais para alguns materiais, particularmente o bloco cerâmico, levou à necessidade de busca-los em bases de dados alternativa. Dito isto, uma vez assegurada a transparência, este é um procedimento frequentemente adotado para preencher as lacunas de informação no domínio ACV em todo o mundo, e observado de forma consistente na sua aplicação a estudos de construção.

A base uniforme para o desenvolvimento e publicação de declaração ambiental de produto (EPD) em alguns países tem contribuído significativamente para a melhoria da disponibilidade de dados para os produtos internacionais de construção relacionados com energia incorporada, GWP e outras métricas ambientais. Infelizmente, o Brasil ainda não está no mesmo ritmo. Entre os próximos passos da pesquisa estão a expansão do banco de dados para incluir outras

tipologias de construção e aumento do número de casos avaliados dentro deles; e expansão da fronteira do sistema para cobrir toda o ciclo de vida de edificações. Espera-se que, após um esboço metodológico de coordenadas, pesquisas futuras evoluam gradualmente para constituir um banco de dados de LCI dos produtos de materiais e componentes de construção mais relevantes, e permitir a utilização das métricas propostas, bem como da ACV como um todo, para apoiar a tomada de decisões no setor de construção brasileiro.

REFERÊNCIAS

Agopyan; U.E.L. Souza; J.C. Paliari; A.C. Andrade. 2003. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra.

Blengini, G. A.; Di Carlo, T. 2010. The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings. *Energy and buildings* (42): 869-880.

Bribrián, I.G.; Capilla, A.V. & Usón, A.A. 2011. Life cycle assessment of building materials: comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and environment*.

Bribrián, I.G.; Capilla, A.V.; Usón, A.A. 2011. Life cycle assessment of building materials: comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment* (46): 1133-1140.

Gangoellis, M.; Casals, M.; Gassó, S.; Forcada, N.; Roca, X.; Fuertes, A. 2009. A methodology for predicting the severity of environmental impacts related to the construction process of residential buildings. *Building and Environment* (44): 558-571.

Gomes, V.; Saade, M.R.M.; Lima, B.W.F.; Mininel, L.S.; Silva, M.G. 2014. Life beyond operational stage: exploring lifecycle zero energy definitions. In *iiSBE Net Zero Built Environment 2014 symposium, Nature-based building Performance; Proceedings, 6-7 march 2014*. University of Florida: Gainesville.

Jião, Y.; Lloyd, C. R.; Wakes, S. J. 2012. The relationship between total embodied energy and cost of commercial buildings. *Energy and buildings* (52): 20-27.

Monahan, J.; Powell, J. C. 2011. An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: a case study using a lifecycle assessment framework. *Energy and buildings* (43): 179 - 188

Paulsen, J. S.; Sposto, R. M. A. 2013. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: case study for the program "My house my life". *Energy and buildings* (57): 95-102.

Silva, B. V.; John, V. M.; Pacca, S. A. 2011. As bases para a avaliação do ciclo de vida de edificações no Brasil. Encontro latino americano de edificações e comunidades sustentáveis: Vitória.

Tavares, S. F. 2006. Metodologia de análise do ciclo de vida energética de edificações residências brasileiras. Tese (doutorado). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis.

Wilson, J.; Tyedmers, P.; Pelot, R. 2007. Contrasting and comparing sustainable development indicator metrics. *Ecological indicators* (7): 299-314.

Yan, H.; Shen, G.; Fan, L. C.H. 2010. Greenhouse gas emissions in building construction: a case study of one peking in Hong Kong. *Building and Environment* (45): 949–955.

Avaliação da Acessibilidade em Edifícios Públicos em Brasília

Chenia Figueiredo

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia, Brasília/DF, Brasil
chenia@unb.br

Andrezza Mendes

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia, Brasília/DF, Brasil
andrezza.barbosa@gmail.com

ABSTRACT: Every public building must comply with the technical standards and meet the needs of accessibility and use of a disability person. In this context, this paper aims to present the data in assessing the conditions of accessibility for the visually impaired three public buildings in Brasilia, refurbished or opened after 2005, when the NBR 9050/2004: Accessibility of buildings, furniture, urban spaces and equipment - was ever published. The tourist buildings were *Centro de Convenções Ulysses Guimarães*, the *Museu Nacional* and the *Biblioteca Nacional*. The results show that the accessibility index obtained on average was 37%, which is very low. Failures were observed in the parking lots, the entrances and in floors, visual and tactile signage, among others, which impairs or prevents the full accessibility for people with visual disabilities. However, it was found that all these buildings already have an accessibility project underway in the *Companhia Urbanizadora da Nova Capital*, the company that runs through management, the works planned by the Government of the Federal District. Still worrying is the lack of accessibility of these buildings, located in the center of the capital, in relation to accessibility for people who are blind.

Keywords: accessibility, architecture.

RESUMO: Todo edifício de uso público e de uso coletivo devem obedecer às normas técnicas e atender às necessidades de acessibilidade e uso de uma pessoa com deficiência. Nesse contexto, este trabalho tem como proposta apresentar os dados obtidos na avaliação das condições de acessibilidade para deficientes visuais de três edifícios públicos em Brasília, reformados ou inaugurados após 2005, data em que a norma NBR 9050/2004: Acessibilidade das edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos – já estava publicada. Os edifícios turísticos avaliados foram o Centro de Convenções Ulisses Guimarães, o Museu Nacional e a Biblioteca Nacional. Os resultados mostram que o índice de acessibilidade obtido, em média, foi de 37%, o que é muito baixo. Foram observadas falhas nos estacionamentos, nos acessos e nos pisos, na sinalização visual e tátil, entre outros, o que dificulta ou inviabiliza a acessibilidade plena das pessoas que possuem deficiência visual, prejudicando um direito a autonomia delas. Contudo, apurou-se que todas essas edificações já possuem um projeto de acessibilidade em andamento na Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil, empresa que executa, através de gerenciamento, as obras planejadas pelo Governo do Distrito Federal. Mesmo assim é preocupante a falta de acessibilidade dessas edificações, localizadas no centro da capital do país, em relação à acessibilidade das pessoas que possuem deficiência visual.

Palavras-chave: acessibilidade, arquitetura.

1 INTRODUÇÃO

O arquiteto é o agente integrador da sociedade, sendo ele o responsável pela inserção das pessoas no ambiente urbano. Assim sendo, o arquiteto deve ter como princípio fundamental realizar projetos que garantam a acessibilidade do maior número de pessoas possível, independente do seu tipo de deficiência, idade, estatura, peso, entre outros condicionantes,

respeitando a diversidade humana. Consequentemente, é importante que o arquiteto auxilie na orientação de todas as pessoas, preocupando-se com a acessibilidade dos usuários no momento da concepção e planejamento do projeto. Assim, quando o projeto arquitetônico e urbanístico contemplar a acessibilidade de todos os cidadãos, também contribuirá para a inclusão social.

Uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), sobre a “Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade - 1980-2050” mostra que a população brasileira está envelhecendo rapidamente. O Brasil está em sétimo lugar entre os países com maior população de idosos, em números absolutos. Os avanços na medicina e as melhorias nas condições gerais de vida foram os principais fatores que provocaram esse incremento na expectativa de vida.

Associado ao aumento da população idosa, temos um número significativo de pessoas que possuem algum tipo de deficiência que, segundo dados do último censo do IBGE, realizado em 2010, representa 23,9% da população brasileira, o que corresponde a mais de 45 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência.

A inclusão social dessa fatia significativa da população é feita por meio de espaços acessíveis. Esses dados mostram a importância de proporcionar a acessibilidade em todos os ambientes, respeitando o usuário que usufrui do espaço em que realiza suas atividades cotidianas.

No Brasil, percebemos que a acessibilidade nas edificações ainda é pouca, o que evidencia a importância de expor a realidade e dificuldades encontradas no dia a dia por pessoas com deficiência. Atualmente todo edifício de uso público (edificações administradas por entidades da administração pública, direta e indireta, ou por empresas prestadoras de serviços públicos destinadas ao público em geral, como por exemplo, o próprio prédio de administração municipal, um terminal rodoviário, etc) e de uso coletivo (edificações destinadas às atividades de natureza comercial, hoteleira, cultural, esportiva, financeira, turística, recreativa, social, religiosa, educacional, industrial e de saúde) deve obedecer às normas técnicas e atender às necessidades de acessibilidade e uso de uma pessoa com deficiência.

A partir da percepção do espaço por portadores de necessidades especiais, é dada ênfase aos aspectos projetuais que visam à inclusão, à acessibilidade, à satisfação e ao conforto desses indivíduos no ambiente construído. Danos induzidos pelo descumprimento dessas exigências, devido a negligências no projeto, dificuldade em atendê-las, despesas na execução da obra ou por desconhecimento, são problemas que atingem tanto ao usuário, que não consegue utilizar o edifício sozinho, quanto o proprietário, pois em caso de reforma o gasto na adaptação do edifício será possivelmente maior do que na fase de construção inicial.

Como consequência do descumprimento das normas técnicas, apontamos a exclusão das pessoas com deficiência que são prejudicadas por uma arquitetura afastada das suas reais necessidades. Dentre os indivíduos excluídos por ambientes não acessíveis, destaca-se as pessoas com deficiência visual que são demasiadamente prejudicadas, pois a visão é o sentido mais utilizado para obter informações e identificar o espaço construído como um todo (Rheingantz & Emery, *apud* Alcântara *et al*, 2005). Se a pessoa não consegue ou tem dificuldades para ver, a percepção do ambiente em que está inserido fica consideravelmente prejudicada.

Embora ocorra o descumprimento das normas, pesquisas, atividades, projetos e cursos sobre acessibilidade e inclusão social passaram a ser promovidos desde 1992 (Cambiaghi, 2007). Todo esse esforço é feito no sentido de tentar estabelecer parâmetros práticos adequados para as reais necessidades, oriundos de pesquisas em diversas áreas de conhecimento (arquitetura, engenharia, direito, educação, psicologia, ergonomia, etc.).

Percebemos no Brasil um esforço coletivo dos usuários, projetistas, proprietários, construtores, instituições de ensino, organismos regulamentadores e entidades de classe para a promoção social e as questões relativas à acessibilidade de pessoas com deficiência. Na bibliografia

encontramos guias práticos de acessibilidade para estabelecimentos de uso público e coletivo; artigos que elaboram diretrizes para o desenho urbano e a acessibilidade (Person, 2006; Dischinger e Ely, apud Oliveira, 2006; Ely et al., 2006) e que avaliam as condições de acessibilidade dos mais variados edifícios, como escolas, centros culturais, prédios de uso público, residências multifamiliares, agência bancária, supermercados (Blanco, 2007; Oliveira, 2006; Ferreira e Sanches, 2004; Bezerra et al., 2006; Frosch e Novaes, 2006; Zeilmann e Ely, 2005; Laufer e Mochinski, 2003). Estas pesquisas contribuem de forma enriquecedora com o estudo sobre as pessoas com deficiência, sua realidade, suas necessidades, seus direitos, além da importância da acessibilidade para a inclusão social. Contudo, esses trabalhos realizados em diferentes regiões brasileiras, mostram que as edificações existentes, com raras exceções, não atendem às necessidades físicas para promoção da inclusão. Alguns edifícios foram construídos ou passaram por intervenções recentes, entretanto, ainda não são satisfatórios nesse requisito.

Percebe-se, também, que apesar do avanço na área de pesquisa sobre acessibilidade, ainda precisa desenvolver mais tecnologias que auxiliem na acessibilidade de indivíduos com deficiência visual.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar os dados obtidos na avaliação das condições de acessibilidade para deficientes visuais de três edifícios públicos em Brasília, reformados ou inaugurados após 2004, data em que a norma NBR 9050 (ABNT, 2004): Acessibilidade das edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos – já estava publicada.

3 METODOLOGIA

3.1 Edificações avaliadas

A pesquisa foi realizada na capital federal do Brasil, Brasília, que além de ser considerada uma cidade relativamente nova, inaugurada em 1960, também é referência em arquitetura moderna. Foram feitas visitas em diversas edificações, procurando selecionar as que seriam utilizadas neste estudo. Primeiramente, procurou-se as edificações que, aparentemente, atendessem às exigências da norma de acessibilidade, associada à viabilidade de acesso ao local (autorização dos responsáveis para a vistoria). Outro critério de seleção das edificações foi a data de entrega da obra, reforma ou adequação: foram selecionadas edificações construídas ou reformadas após a revisão da norma de acessibilidade (NBR 9050), publicada em 2004.

Como o presente estudo foi realizado na capital federal, optou-se por avaliar primeiramente os edifícios turísticos. Bezerra (2005) esclarece a preocupação com os deficientes visuais quanto ao turismo, à recreação e ao lazer, afirmando que os prédios públicos de visitação turística promovem uma ação inclusiva das pessoas com deficiência visual. Um estudo mais amplo, em outros seis tipos de edifícios em Brasília, foi publicado na dissertação de mestrado de Mendes (2009), apresentando, inclusive, um estudo das exigências da norma e a as reais necessidades do deficiente visual.

Na pesquisa foram avaliados, como edifícios turísticos, o Centro de Convenções Ulysses Guimarães, que foi reformado, ampliado e parcialmente inaugurado em 2005; o Museu Nacional, inaugurado em 2006; e a Biblioteca Nacional, cuja obra foi concluída em 2006, mas aberta somente em 2008 (Figura 1).

O Centro de Convenções Ulysses Guimarães foi projetado pelo arquiteto Sérgio Bernardes, reformado, ampliado e parcialmente inaugurado em 2005. O Centro de Convenções ocupa uma área total de 54 mil metros quadrados, com capacidade para receber 9,4 mil pessoas. Sua nova fachada é revestida principalmente por vidro e alumínio, que refletem o céu azul da capital federal. O Centro de Convenções é subdividido em alas: a ala sul, climatizada, é destinada para

montagem de exposições e feiras com 10,2 mil metros quadrados; a ala oeste, com um vão livre de 2 mil metros quadrados no térreo e quatro auditórios. Este oferece múltiplas funções: teatro, cinema, entre outros; na ala norte, há o auditório, com capacidade para 3 mil pessoas, 13 salas moduláveis, área multiuso, camarins, sala VIP e sala de imprensa.



Figura1. Edificações avaliadas: Centro de Convenções Ulysses Guimarães, Museu Nacional e Biblioteca Nacional.

O Museu Nacional Honestino Guimarães, projetado por Oscar Niemeyer, é uma cúpula de 80 m de diâmetro, com área construída de 14,5 mil metros quadrados. No térreo ficam dois auditórios, áreas de apoio, sanitários e administração. No pavimento superior, com acesso independente por meio de duas rampas, está a grande área de exposições, com vão inteiramente livre; acima dele, um mezanino suspenso com formas irregulares e atirantado à cobertura. O mezanino também se destina a abrigar mostras. Ligando esses dois pisos, mais duas rampas, uma interna e outra externa.

A Biblioteca Nacional Leonel de Moura Brizola, também projetada por Oscar Niemeyer, é um pavilhão de planta retangular com 120 m de comprimento, 4 pavimentos, 17 m de largura e 25 m de altura. A Biblioteca Nacional possui salas para leitura e pesquisa, videotecas, salas administrativas, área de apoio técnico e auditórios, além de área para um acervo de 500 mil volumes. O Museu Nacional e a Biblioteca Nacional formam o Complexo Cultural da República João Herculino.

3.2 Procedimento de avaliação

As normas são definidas como as referências mínimas para garantir a funcionalidade de uma edificação. Como o objetivo do trabalho era avaliar a acessibilidade de edifícios em Brasília, foi elaborada uma ficha de avaliação da edificação (Mendes, 2009), utilizando como conteúdo as exigências da norma brasileira de acessibilidade NBR 9050 (ABNT, 2004).

A ficha para a avaliação das edificações foi organizada com intuito de facilitar a pesquisa, testando todos os itens da norma em forma de uma planilha. A ficha apresenta os principais aspectos a serem observados na construção de um edifício no aspecto arquitetônico, desde os materiais de acabamento até detalhes de projeto, que auxiliem a pessoa com deficiência visual a utilizar a edificação. A ficha de avaliação da edificação é composta de 282 exigências, sendo estas divididas entre os itens, como: vagas para veículos, parâmetros antropométricos, sinalização visual para pessoas com baixa visão, guia de balizamento ou linha-guia, circulação – pisos, sinalização tátil, sinalização sonora, degraus e escadas fixas em rotas acessíveis, guarda-corpo, planos e mapas táteis, dentre outros. Foram considerados todos os itens existentes na norma que fazem parte das necessidades para a acessibilidade de um edifício para um deficiente visual.

O procedimento de preenchimento desta ficha de avaliação foi baseado no trabalho de Bezerra et al (2006) que avaliaram a acessibilidade em edifícios de uso coletivo em Recife. Cada item da planilha é classificado em “atende”, “não atende” ou “não existe”. Quando o item é classificado como “atende”, significa que o mesmo está de acordo com as normas vigentes. O item é classificado como “não atende” quando não estiver de acordo com as normas vigentes ou quando o item não existir, e a falta deste item comprometer a acessibilidade da pessoa com deficiência visual. E, por fim, o item é classificado como “não existe” quando inexistir o item

avaliado ou o mesmo quando o item, por qualquer motivo, não pode ser avaliado. Significa que a sua inexistência não afeta a acessibilidade da pessoa com deficiência visual, embora a implantação traga maior segurança.

O intuito do trabalho era obter o índice de acessibilidade das edificações segundo os itens apresentados na ficha de avaliação. O índice de acessibilidade, proposto por Bezerra et al (2006), define o percentual de itens que atendem os critérios definidos na ficha de avaliação das edificações, ou seja, as exigências da norma para acessibilidade de portadores de deficiência visual da edificação avaliada. O Índice de Acessibilidade (I.A) representa a relação dos itens em conformidade com a norma (número de itens marcados como "atende") em relação ao total de itens avaliados (número de itens marcados como "atende" e "não atende"), em percentual calculado para cada edificação pesquisada, conforme apresentado na Equação 1:

$$I.A (\%) = \frac{\text{Itens em conformidade com a Norma (ATENDE)}}{\text{Itens totais avaliados (ATENDE e NÃO ATENDE)}} \quad (1)$$

O índice de acessibilidade obtido considera todos os itens da norma descritos na ficha de avaliação, com o mesmo peso, contudo, alguns itens são mais relevantes para um deficiente visual no aspecto arquitetônico do que outros, embora a norma não aborde nada neste sentido. Para este cálculo, os itens marcados como "não existe" não foram considerados. O índice de acessibilidade é obtido para cada edifício.

O levantamento de dados e as medições realizadas para o preenchimento das fichas e o cálculo do índice de acessibilidade foram elaborados a partir de visitas exploratórias feitas nos locais avaliados e por registros fotográficos. De acordo com Ornstein (1992) as visitas exploratórias buscam analisar a funcionalidade do ambiente construído, indicando os principais aspectos positivos e negativos do objeto de estudo. Este método é de fundamental importância para a organização e realização dos passeios acompanhados, apresentados em um trabalho mais completo por Mendes (2009), e para elaboração das entrevistas, porque permite o desenvolvimento de uma análise inicial do problema e formulação de questões a serem examinadas e aprofundadas.

4 ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE DAS EDIFICAÇÕES AVALIADAS

Inicialmente foram realizadas as visitas exploratórias, registro fotográfico e os levantamentos utilizando a Ficha de Coleta de Dados. Os locais avaliados foram inaugurados ou reformados depois do ano de 2004, o que comprova que todas as edificações deveriam ser projetadas e detalhadas de acordo com a norma NBR 9050, revista em 2004. As edificações foram avaliadas em 2009. A Figura 1 apresenta o Índice de Acessibilidade calculado para os edifícios turísticos.

Em geral, os edifícios turísticos avaliados possuem uma acessibilidade considerada ruim para as pessoas com deficiência visual, com um índice de acessibilidade de 37%, em média. O resultado do índice de acessibilidade é alarmante, principalmente pelo fato desses edifícios estarem na principal avenida (eixo monumental) da capital federal, cujas obras foram construídas ou reformadas recentemente.

Esse resultado explicita que os edifícios turísticos avaliados cumprem uma pequena parcela das normas de acessibilidade e, por isso, é considerado insatisfatório. Dessas edificações, a Biblioteca Nacional não atende a mais da metade das exigências selecionadas que proporcionam a acessibilidade das pessoas com deficiência visual e o Museu Nacional atende a apenas 26% das exigências para a acessibilidade de pessoas com deficiência visual, e apresenta sinalização em braille apenas nas botoeiras dos elevadores. Constatou-se que a reforma arquitetônica do Centro de Convenções previa a acessibilidade entre seus objetivos, porém, ainda assim, não atende completamente às necessidades da norma, restringindo o acesso das pessoas com deficiência visual, obtendo um I.A de 38,96%.

TIPO	EDIFICAÇÕES AVALIADAS	ATENDE ⁽¹⁾	NÃO ATENDE ⁽²⁾	NÃO EXISTE ⁽³⁾	I.A ⁽⁴⁾
Edifícios Turísticos	Centro de Convenções Ulysses Guimarães	30,77%	48,20%	21,03%	38,96%
	Museu Nacional	26,15%	49,23%	24,62%	34,69%
	Biblioteca Nacional	30,26%	50,77%	18,97%	37,34%

(1) ATENDE: quando o item apurado em campo é apresentado de acordo com o exposto na ficha, que foi feita com embasamento nas normas vigentes.

(2) NÃO ATENDE: quando o item apurado em campo não é apresentado de acordo com o exposto na ficha, que foi feita com embasamento nas normas vigentes, ou quando o item descrito não existia, e isso afetava a acessibilidade da pessoa com deficiência visual.

(3) NÃO EXISTE: quando inexistia ou não pode ser avaliado o item descrito na ficha. Significa que sua inexistência não afetava a acessibilidade da pessoa com deficiência visual, entretanto a implantação traria maior segurança.

(4) ÍNDICE DE ACESSIBILIDADE: relação dos itens em conformidade com a norma (número de itens marcados como "ATENDE") e os itens totais avaliados (número de itens marcados como "ATENDE" e "NÃO ATENDE"), calculado para cada edificação pesquisada.

Figura 1. Índice de acessibilidade calculado para os edifícios turísticos.

Com a avaliação dos edifícios turísticos, verificou-se que o principal problema dessas edificações é a ausência de sinalização tátil vertical e de piso adequada e completa, ao usuário com deficiência visual. Infelizmente nenhuma edificação turística avaliada está de acordo com as normas no que diz respeito ao acesso das pessoas com deficiência visual. A ausência de sinalização tátil nas paredes e nos pisos, de mapas ou planos táteis, de sinalização tátil em corrimãos, de piso tátil no início e no fim de escadas e rampas, de piso tátil indicando obstáculos suspensos prejudica a autonomia e a segurança das pessoas com deficiência visual, pois estas sinalizações informam as pessoas com deficiência visual onde elas estão e quais as características físicas de seu entorno imediato, sendo essenciais para a assimilação do espaço construído.

Nos edifícios turísticos avaliados as pessoas com deficiência visual não conseguem determinar a sua localização dentro da edificação e nem desenvolver um plano para levá-las ao seu destino, pois não são fornecidos subsídios exploratórios informando os caminhos a serem seguidos, de forma a auxiliar na acessibilidade das pessoas com deficiência visual.

Nas edificações avaliadas, verificou-se principalmente que não foi desenvolvida a legibilidade do espaço (habilidade de aprender um caminho e refazê-lo mentalmente, relacionada à organização e à comunicação do relacionamento dinâmico do homem com o espaço e com o ambiente) e os indicadores espaciais de antecipação de informações (são elementos que informam as situações que irão ocorrer, as atividades a serem desenvolvidas e os espaços a serem explorados) para correta orientação e uso do espaço construído.

Nos edifícios turísticos, como na grande maioria das construções em Brasília, as pessoas com deficiência visual não conseguem determinar a sua localização dentro da edificação e nem desenvolver um plano para levá-las ao seu destino, pois não são fornecidos subsídios exploratórios informando os caminhos a serem seguidos, de forma a auxiliar na acessibilidade das pessoas com deficiência visual. A ausência de sinalização tátil (em braille ou em alto relevo) nas paredes, de mapas e planos táteis informando o espaço a ser percorrido dentro das edificações e da sinalização tátil em corrimãos, prejudica muito o acesso e autonomia das pessoas com deficiência visual, pois estas sinalizações informam a essas pessoas onde elas estão e quais as características físicas de seu entorno imediato, sendo essenciais para a assimilação do espaço construído.

Os edifícios turísticos apresentaram o menor I.A, embora existam iniciativas para promover a inclusão social das pessoas com deficiência visual nestes locais. Podemos finalizar que, na prática, nenhuma edificação avaliada está apta a receber pessoas com deficiência visual de forma a garantir-lhes a plena circulação, com autonomia e segurança pelos ambientes. A norma de acessibilidade ainda não é efetivamente cumprida na capital federal. Verificamos ações pontuais de promoção da acessibilidade nos espaços construídos, violando o direito de ir e vir das pessoas. Portanto, promover alterações no espaço construído de forma a garantir a utilização do mesmo com autonomia e segurança a todos os seus usuários é democratizar e ordenar o seu uso.

5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa partiu da necessidade de se avaliar a acessibilidade de edificações em Brasília. A compreensão das reais necessidades do usuário, no caso, a pessoas com deficiência visual, é de importância significativa para a inclusão social, servindo como subsídio para a elaboração de projetos arquitetônicos de qualidade.

Neste estudo verificou-se que as condições de acessibilidade para pessoas com deficiência visual nas edificações de uso público avaliadas em Brasília são as mínimas possíveis. As edificações avaliadas registraram um Índice de Acessibilidade baixo, mantendo uma acessibilidade regular em algumas edificações e ruim em outras. Consequentemente, concluiu-se que as edificações avaliadas de uso público em Brasília não cumprem completamente as normas técnicas que garantem a acessibilidade da pessoa com deficiência visual, prejudicando assim a segurança e a autonomia dessas pessoas.

Os resultados mostraram um Índice de Acessibilidade de 37%, em média, nas edificações avaliadas. A edificação que obteve o menor índice de acessibilidade foi o Museu Nacional, com um índice de 34,69%. . Semelhantes resultados foram observados por Mendes (2009) ao avaliar outras seis edificações de uso coletivo em Brasília.

A sinalização fundamental para garantir a integridade física das pessoas com deficiência visual é o piso tátil de alerta e o direcional, que informam as situações de perigo e os locais para andar com segurança. Os resultados mostram o descumprimento das exigências da norma nos locais avaliados, o que impossibilita que todas as pessoas possam apreciar, visitar ou viver nesses locais com autonomia.

REFERÊNCIAS

Alcantara, D. et al. 2005. Os sentidos humanos e a construção do lugar: em busca do caminho do meio para o desenho universal.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 2004. NBR 9050:2004 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT.

Bezerra, N. M. et al. 2006. Avaliação da acessibilidade em edificações de uso coletivo em Recife-PE. Florianópolis: ENTAC.

Bezerra, M. C. S. 2005. Turismo cívico-cultural em Brasília para pessoas portadoras de necessidades especiais – deficiência visual. Brasília: Centro de excelência em turismo.

Blanco, M. A. 2007. O conforto luminoso como fator de inclusão escolar do portador de baixa visão nas escolas públicas regulares do Distrito Federal. Brasília: PPGFAU.

Cambiaghi, S. 2007. Desenho universal: métodos e técnicas para arquitetos e urbanistas. São Paulo: SENAC.

Ely, V. B. et al. 2006. Avaliação das condições de acessibilidade espacial no colégio de aplicação da UFSC. Florianópolis: ENTAC.

Ferreira, M. A. G. & Sanches, S. P. 2004. Avaliação das adaptações realizadas na infra-estrutura do campus da UFSCAR, segundo a percepção das pessoas portadoras de deficiência física. São Paulo: ENTAC.

Frosch, R. & Novaes, C. C. 2006. Análise dos requisitos da acessibilidade em edifícios residenciais. Florianópolis: ENTAC.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2008. Projeção da população do Brasil por sexo e idade. Rio de Janeiro: IBGE.

Laufer, A. & Rocio, M. E. 2003. Avaliação das questões de acessibilidade em supermercados para portadores de deficiência visual. Juiz de Fora: Jornada de ergonomia.

Mendes, A. B. 2009. Avaliação das condições de acessibilidade para pessoas com deficiência visual em edificações em Brasília – Estudos de Casos. Brasília: PPGFAU, UnB.

Ornstein, S. W. 1992. Avaliação pós-ocupação (APO) do ambiente construído. São Paulo: Studio Nobel.

Oliveira, A. S. D. A. 2006. Acessibilidade espacial em centro cultural: estudos de caso. Florianópolis: PPGFAU, UFSC.

Person, E. 2006. Espaços de permanência e passagem: contribuição para a elaboração de diretrizes ambientais e de acessibilidade para o desenho urbano. Brasília: PPGFAU.

Análise do Ciclo de Vida dos Materiais (ACV) em busca de maior Sustentabilidade na Construção Civil Brasileira

Bruna Matos

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil
brunafarhat@yahoo.com.br

Maria Teresa Barbosa

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil
teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br

Maria Aparecida Hippert

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil
aparecida.hippert@ufjf.edu.br

ABSTRACT: From when Brazil began the process of green building certification in 2007 with the LEED and in 2008 with the Aqua, the demand for sustainable architecture has increased markedly. In this increasingly competitive market, subject to evaluation systems and standards, the choice of construction materials represent an important improvement in the field of construction quality. Assuming that compared materials each other must fulfill the same function, the Life Cycle Assessment (LCA) has emerged as an important management tool, able to analyze the environmental impacts of a product or activity through an inventory inputs and outputs of raw materials, energy, waste and others. Thus, through a literature review, this study aims to understand the various phases present in the study and comparison of materials, with a focus on environmental impacts and their perspective of consolidation, based on the current scenario of the Brazilian building.

Keywords: LCA, building, environmental impacts, sustainability

RESUMO: Desde que o Brasil entrou na era da certificação de edifícios verdes em 2007 com o LEED e em 2008 com o Aqua, a demanda por arquitetura sustentável aumentou notoriamente. Mediante a este mercado de competitividade crescente, submetido a instrumentos de controle, como sistemas de avaliação e normas, a escolha de materiais de construção representa um importante campo na melhoria da qualidade da construção civil. Partindo do princípio de que, materiais comparados entre si devem cumprir a mesma função, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) vem se destacando como importante ferramenta de gestão, capaz de analisar os impactos ambientais de um produto ou atividade através de um inventário de entradas e saídas de matérias-primas, energia, resíduos e outros. Assim, por meio de uma revisão de literatura, o presente trabalho tem por objetivo compreender as diversas fases presentes no estudo e comparação de materiais, com foco nos impactos ambientais e sua perspectiva de consolidação, com base no atual cenário da construção civil brasileira.

Palavras-chave: ACV, construção, impactos ambientais, sustentabilidade

1 INTROUÇÃO

Nos trabalhos referentes ao desenvolvimento sustentável é recorrente encontrarmos a definição dada pelo Relatório de Brundtland, ou seja, “que desenvolvimento sustentável deve satisfazer as necessidades das gerações presentes, sem comprometer as gerações futuras” (FGV,

1991). De tal modo, seu significado inclui os fatores: ambiental, econômico, social e, mais recentemente, institucional.

O setor industrial da construção civil destaca-se como sendo a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente (MIYAZATO; OLIVEIRA, 2009 apud CIB; CSTB, 1997), evidenciada, principalmente, pelos prejuízos provenientes da seleção dos materiais e métodos a serem utilizados, ou melhor, dos erros oriundos da etapa de projeto. Pois essa é a etapa, onde o profissional tem o poder definir desde a composição formal, estética e funcional, até a escolha dos materiais e finalização da obra, que por sua vez, é a fase que mais causa danos ao desenvolvimento sustentável.

O conceito de análise do ciclo de vida (ACV), originalmente desenvolvido na esfera de avaliação de impactos de produtos, sustentou o desenvolvimento das metodologias para avaliação ambiental de empreendimentos que surgiram na década de 90 na Europa, nos EUA e no Canadá, como parte das estratégias para o cumprimento de metas ambientais locais estabelecidas a partir da ECO 92. Todos estes métodos partilhavam o objetivo de encorajar a demanda do mercado por níveis superiores de desempenho ambiental, promovendo avaliações, ora detalhadas para o diagnóstico de eventuais necessidades de intervenção no ambiente construído, ora simplificadas para orientar projetistas e apoiar a atribuição de selos ambientais para edifícios (SILVA, 2000).

Nesse contexto verifica-se que não é apenas o produto final que deva ser considerado, mas todo o processo de projeto e produção, juntamente aos impactos diretos e indiretos, que estes causam ao meio ambiente e a qualidade de vida das pessoas. Neste sentido, a Análise do Ciclo de Vida dos Materiais (ACV) consagrou-se como uma ferramenta eficaz na avaliação dos possíveis impactos ambientais que podem ser causados por um produto ou processo, definindo-se por “Vida dos Materiais” todo o período que abrange desde a extração das matérias-primas, até seu destino final (pós-consumo).

Segundo Baumann e Tillman (2004), a ACV, consiste numa ferramenta de engenharia por abranger o estudo de sistemas técnicos e suas alterações potenciais. Mas, paralelamente, é considerada uma ferramenta multidisciplinar por envolver conceitos diversos ao modelar os impactos no ambiente natural e suas relações humanas. Conduzindo às ações mais efetivas, afim de promover, mudanças nos processos de fabricação dos produtos, e pesquisas por novas tecnologias que otimizem o consumo de energia e matéria-prima.

No Brasil, a ACV é normalizada por um conjunto de normas da série ISO 14000, que reconhecem que os procedimentos de investigação ainda estão em um estágio inicial de desenvolvimento. Algumas fases da investigação, como a avaliação de impacto, ainda estão em relativa infância, necessitando de considerável trabalho a ser feito e experiência a ser adquirida para desenvolvimento da prática de ACV.

Diante do exposto e com base no atual cenário de conhecimento da ferramenta ACV, o presente artigo tem como objetivo, avaliar o tema (Análise do Ciclo de Vida dos Materiais) através de uma revisão de literatura nacional e internacional, a respeito de, suas etapas, condições de emprego e limitações.

2 PROCEDIMENTOS DA ACV

2.1 Normalização: NBR-ISO série 14000

No Brasil, o governo e as empresas vêm se preocupando cada vez mais com às questões ambientais, visto que as exigências no mercado aumentaram. Ressalta-se as barreiras técnicas, baseadas em normas internacionais, que delimitam a conformidade ambiental de produtos e serviços. Para tanto, o conceito da ACV vem sendo difundido e sua utilização estimulada (MONTEIRO, 2006).

No cenário internacional, as entidades responsáveis pelas normas técnicas, a partir das quais o mundo globalizado orienta sua produção, têm estado extremamente presentes. Desde 1997, o conjunto de procedimentos relacionados com a condução de um estudo de ACV de um produto ou sistema vem sendo normalizado pela ISO com o propósito de realçar a comparabilidade e evitar variações desnecessárias entre as diferentes metodologias a se desenvolver (LIBRELOTTO; JALALI, 2008). A Figura 1 ilustra o objetivo de cada uma das normas utilizadas nos processos da ACV.



Figura 1 – NBR ISO série 14000. Fonte: Matos (2013).

Estas normas especificam a estrutura geral, princípios e requisitos para conduzir e relatar a avaliação do ciclo de vida de materiais. Entretanto, o detalhamento e o período de tempo de estudo acerca da ACV podem variar significativamente, conforme a definição de objetivo do escopo.

Sobre as diretrizes para emprego de gestão ambiental no Brasil, a ACV cumpre este papel e é normalizada por um conjunto de normas da série ISO 14000. A NBR ISO 14040 fornece princípios, estruturas e alguns requisitos metodológicos para condução de estudos da Análise do Ciclo de Vida. Detalhes adicionais relativos aos métodos são fornecidos nas Normas complementares: NBR ISO 14041, NBR ISO 14042 e NBR ISO 14043, referentes às várias fases da ACV; que tem sua metodologia de pesquisa compreendida por quatro etapas, como mostra a Figura 2.

Internacionalmente, junto às normas citadas, são acrescentadas a ISO/TR 14047, que apresenta exemplos de aplicação; a ISO/TS 14048, que considera o formato de apresentação de dados; e finalmente, a ISO/TR 14049, que fornece exemplos de aplicação especificamente para a definição de objetivos (SOARES, SOUZA, PEREIRA, s/d).

Destaca-se que, por se tratar de um estudo complexo e demorado, cada etapa de uma ACV deve ser minuciosamente estabelecida e investigada, antes e durante sua realização. Garantindo assim, que a interpretação final do trabalho reflita corretamente o sistema em questão e seus impactos associados. Estas etapas devem auxiliar, a tomada de decisões, a definição de itens prioritários e a apropriada na distribuição de recursos, sejam eles financeiros, materiais ou humanos (SOUZA, 2008).

Segundo NBR ISO 14040 (2001), a primeira fase de investigação da ACV é destinada à determinação do objetivo e do escopo de estudo, definidos de modo a evitar qualquer possibilidade de interpretação equivocada. Portanto, o objetivo deve explicitar claramente a aplicação pretendida e as razões que motivaram os interessados a buscarem esta avaliação.

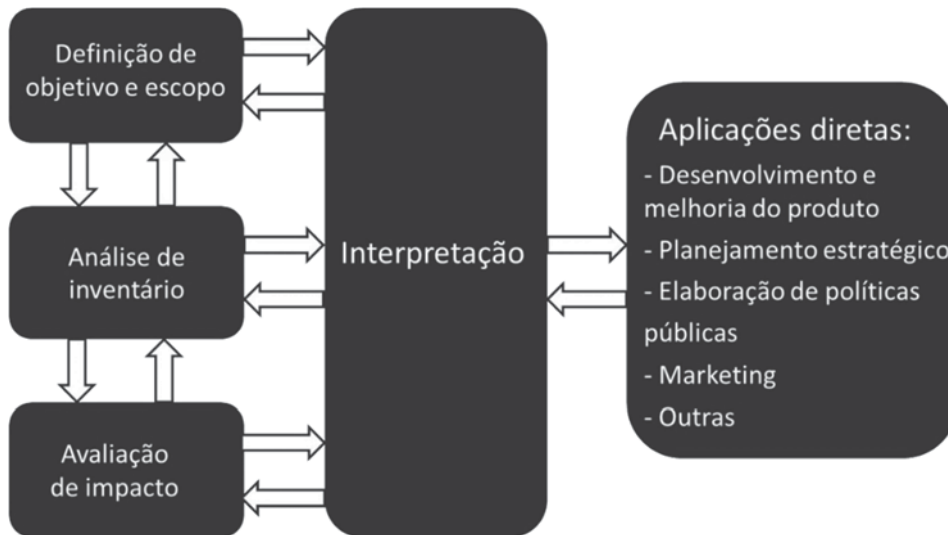


Figura 2 – NBR ISO - 14040, estrutura de estudo ACV. Fonte: Matos (2013).

A definição de escopo refere-se à delimitação das fronteiras do estudo, os tipos de impacto que serão considerados e quais partes do objetivo serão analisadas. As definições das unidades de comparação, chamadas de unidades funcionais, tornam-se um parâmetro da ACV e dos instrumentos que nela se baseiam para comparar produtos diferentes, mas que tem a mesma finalidade. Estabelecendo os limites entre os estudos e definindo responsabilidades baseados de acordo com as metas previamente definidas. Ou seja, esta fase da ACV consiste na análise e na comparação dos impactos ambientais causados por diferentes produtos e processos, que apresentam funções similares.

Como a ACV estuda: os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto, desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas, incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas (NBR ISO 14040, 2001). Quanto ao contexto da construção civil, a avaliação do ciclo de vida normalmente está associada a impactos locais (toxicidade e ecotoxicidade, etc.), regionais (chuvas ácidas, desertificação, etc.) e globais (efeito estufa, redução da camada de ozônio, etc.) (MIYAZATO; OLIVEIRA, 2009).

A análise do inventário envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes a um sistema de produção, estes circuitos, podem incluir o uso de recursos, maturação e liberação de poluentes no ar, água e solo. Assim como as demais fases, o processo de condução de uma análise do inventário é iterativo e produzido na medida em que os dados são coletados e o sistema se torna mais conhecido, podendo portanto, serem identificados novos requisitos ou limitações para que os objetivos do estudo sejam alcançados.

Considerando a unidade funcional adotada, o inventário deve ser preliminarmente estabelecido para assegurar que o fluxo de entrada de matéria encontre uma saída quantificada como unidade funcional, rejeitos e subprodutos. A descrição desse fluxo permite colocar em evidência certos fatores de alteração ambiental como, por exemplo, o consumo de recursos naturais, a geração de resíduos e a emissão de poluentes. Logo, essa etapa constitui uma ferramenta indispensável para a avaliação quantitativa de impactos ambientais.

Segundo FRANKL e RÜBIK (2000), tais inventários possibilitam a identificação de limitações ou relevam a necessidade de mais informações para a avaliação do processo de construção, podendo gerar mudanças nos procedimentos de coleta de dados, revisão dos objetivos ou do escopo referente estudo que está sendo realizado. Para tanto, ressalta-se a importância da consistência dos dados na fase de inventário, para que se possa obter resultados mais precisos e confiáveis.

Com uma detalhada análise, torna-se possível identificar mais precisamente, quais os parâmetros onde um edifício ou produto, possui um bom ou mau desempenho, deixando visíveis os pontos onde deve-se intervir e adequar. Segundo a ISO 14040 (2001), a fase de avaliação de impacto pode incluir, entre outros elementos, a correlação de dados do inventário por categorias de impacto, a caracterização dos dados do inventário dentro de cada categoria e as possíveis ponderações dos resultados em casos muito específicos e somente quando significativos.

Estes indicadores correspondem à uma fase da ACV que resulta em números de consumo e emissões (normalmente importantes em qualquer contexto). E como os resultados são números absolutos, é possível fazer comparações diretas entre edifícios com as mesmas características tipológicas e regionais. Segundo CITHERLET E HAND (2002) a ACV de uma edificação resulta de uma gama de indicadores ambientais, através dos quais é possível obter um perfil ambiental para a compreensão do ciclo de vida do edifício e seus impactos.

Na definição do objetivo de uma ACV deve-se especificar por que e como o estudo está sendo realizado e quais serão as aplicações dos resultados obtidos (BAUMANN; TILLMAN, 2004). Quando realizado de forma clara e consistente com a aplicação do estudo, a definição dos objetivos auxilia na especificação de informações necessárias às etapas posteriores, como na fase de coleta de dados, e na obtenção de resultados mais confiáveis e precisos. Podendo-se comparar produtos com um mesmo uso, mas constituídos de materiais e processos diferentes, ou comparar processos distintos que buscam a obtenção de produtos ou serviços com uma mesma função. É nesta fase que as comparações, análise e resultados, serão interpretados e disponibilizados através de um relatório, visando alcançar conclusões e recomendações.

Os resultados da ACV devem ser relatados ao público-alvo de forma fiel, completa e exata através de um relatório, que deve ter seu tipo e formato de apresentação definido na fase de escopo do estudo. Onde seus resultados, dados, métodos, suposições e limitações devem ser transparentes e apresentados com detalhes suficientes para permitir que o leitor compreenda todas as complexidades entre prós e contras, inerentes ao estudo da ACV.

As constatações desta interpretação tendem a tornarem-se parâmetros de conclusão e comparação na tomada de decisão; de forma consistente de acordo com o objetivo e o escopo do estudo. A fase de interpretação pode envolver o processo iterativo de análise crítica e revisão do escopo da ACV. Mas embora decisões e ações subsequentes possam incorporar implicações ambientais identificadas nas constatações da interpretação, elas vão além do escopo do estudo da ACV, uma vez que outros fatores, como desempenho técnico, aspectos econômicos e sociais, também são considerados.

3 ANÁLISE CRÍTICA

A análise crítica é um importante procedimento para verificar se o estudo da ACV satisfaz os requisitos das Normas ISO - série 14000, quanto à metodologia, aos dados e aos relatórios. Deve ser definido no escopo do estudo, como será conduzida esta análise, assim como quem a conduzirá, o que será coberto e qual nível de detalhe da investigação.

Assim, uma análise crítica pode facilitar a compreensão e aumentar a credibilidade dos estudos, devendo ser utilizada para fazer afirmações comparativas, que estarão posteriormente disponibilizadas ao público.

Neste sentido, corrobora-se que entre as falhas mais comuns na seleção de materiais e projetos sustentáveis citam-se:

- i) Definição de “materiais verdes” desconsiderando o tipo de mão de obra empregada na sua produção, infringindo os impactos sociais constantes no conceito de desenvolvimento sustentável;

- ii) Definição de critérios que considerem apenas alguns itens, por exemplo, energia incorporada e/ou conteúdo de reciclagem e/ou ausência de compostos indesejáveis e/ou reciclabilidade, etc, concentrando os esforços em problemas específicos e desconsiderando os demais;
- iii) Emprego de dados adotados em outros países ou empresas ou outras décadas sem a adequação adequada á realidade nacional, fato esse, por vezes, corriqueiros no contexto brasileiro;
- iv) Não consideração da vida útil nas condições de exposição, ou seja, produtos com vida útil reduzida serão substituídos, mas rapidamente, incidindo sobre os impactos ambientais de produção e geração de resíduos;
- v) Por vezes, desconsideração do transporte, que implica significativamente nos impactos ambientais, principalmente se considerarmos o transporte rodoviário brasileiro, que é o de maior incidência adotado no país;
- vi) O caráter, ainda, tradicional do setor da construção civil brasileira, por exemplo, com o emprego de tijolos cerâmicos destacando-se como melhor solução por ser utilizado há milênios;
- vii) O elevado índice de perdas do setor brasileiro, devido principalmente a deficiência e falta de treinamento da mão-de-obra;

Diante dos itens acima citados e outros mais, que se enumerados confirmaram a deficiência brasileira na conduta para determinação da ACV dos materiais nacionais, verifica-se uma postura que, apesar da normalização existente, visa especificar materiais que identificam a “vantagem” da publicidade e até mesmo a possibilidade de certificação. Dessa forma é negligenciada os impactos ambientais e sociais durante o ciclo de vida do empreendimento, pois muitas soluções tendem a exigir intervenções frequentes dos usuários, que muitas vezes ou não estão dispostos ou não possuem capacidade a fazê-los devido a falta de treinamento.

Atualmente, com a implantação da norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), que visa em resumo atender as necessidades dos usuários, no Brasil, assim como nos demais países, qualidade e desempenho passaram a ser pré-condições para a sustentabilidade, ou melhor, produtos que não têm desempenho, qualidade adequado, ou apresentem altas taxas de falhas, acabam sendo substituídos, multiplicando-se os impactos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, a partir de estudos e exemplos extraídos da literatura e das Normas, foi possível observar que:

- No projeto de novos produtos e edificações, a seleção de materiais e a escolha dos processos de produção e tratamento destes, devem buscar constantemente, ações que minimizem as agressões ao meio ambiente;
- O aumento da reciclagem de produtos e/ou de materiais é um objetivo recorrente, mas nem sempre facilmente alcançado;
- A gestão sustentável dos materiais requer amplos sistemas de informações em todos os níveis e etapas de avaliação;
- A consciência ambiental é sabidamente importante, mas ainda não é o suficiente para criar um mercado especializado em materiais ecologicamente corretos; uma vez que as Normas se cercam de vasta burocracia, o que desmotiva os fabricantes a analisarem seus produtos;

- Um dos motivos pela qual a (ACV) ainda é ainda não é muito utilizada, provavelmente se deve ao fato de que as Normas, até então, são pouco difundidas, o que conseqüentemente restringe o seu conhecimento, divulgação e popularização entre os profissionais;

- A Análise Ciclo de Vida dos Materiais (ACV) pode contribuir muito nos estudos para o fornecimento e obtenção de certificações ambientais, como LEED, AQUA, entre outros;

- Uma construção sustentável, com redução do consumo de matéria prima, emissão de gases de efeito estufa, energia incorporada, entre outros, requer a implementação de inovações importantes na etapa de materiais e componentes, necessitando de investimentos num setor tão tradicional como o brasileiro;

E, finalmente, a implantação da norma de desempenho (NBR 15575) requer a geração de dados que registre a vida útil típica dos produtos mais tradicionais, em diferentes ambientes. Fato esse desconsiderado, talvez pela extensão de nosso país, com diferentes tipos climáticos (equatorial, tropical e temperado), sistemas construtivos adotados, divergência cultural entre as regiões. Nesse sentido, constata-se um grande desafio para a cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas: NBR 15575 – Edificações habitacionais – Norma de Desempenho. 2013.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 14040:Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 14041:Gestão ambiental - Definições de escopo e análise do inventário - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 14042:Gestão ambiental - Avaliação do impacto do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 14043:Gestão ambiental - Interpretação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

Baumann, H.; Tillman, A. M. *The Hitch Hiker's Guide to LCA: An orientation in life cycle assessment – methodology and application*. Lund: Studentlitteratur AB, 2004.

Brundtland, Gro Harlem (Org.). *Nosso futuro comum: Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Rio de Janeiro: FGV 1991.

Campos, F. H. A. *Análise do ciclo de vida na construção civil: um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto*. Escola de Engenharia da UFMG- Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Belo Horizonte, 2012.

Impacto da distância e tipo de transporte de materiais nas emissões de CO₂ na construção de um empreendimento habitacional de interesse social

Marcos Matiello Vieira Godinho

Engenheiro Civil, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil

vieira.godinho@yahoo.com.br

Eduardo Reuter Schneck

Universidade Feevale – FEEVALE, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil

eduardoschneck@feevale.br

Andrea Parisi Kern

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC), São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil

apkern@unisinis.br

Mauricio Mancio

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC), São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil

mancio@unisinis.br

Marco Aurélio Stumpf González

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC), São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil

mgonzalez@unisinis.br

Josiane Reschke Pires

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, ITT Performance, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil

josianepires@uol.com.br

ABSTRACT: One of the biggest challenges of the twenty-first century is to find solutions that assist in the issue of demand for natural resources, since the emission of harmful gases contribute to major climate change. The construction industry is one of the industries that consume energy, natural resources and has high wastage rate in its life cycle. The scarcity of material is gradually raising costs and demanding that the case be reconsidered. However, each decision refers to manufacturing shapes with different levels of CO₂ emissions and different transport distances. The latter, under-analyzed in research, direct influence on the carbon dioxide levels emitted into the atmosphere. In this context, this study compared CO₂ emissions due to the distances covered in the transport of materials of a building, considering the road transportation, freight train and ship cabotage.

Keywords: building materials, CO₂ emission, transporting materials.

RESUMO: Um dos maiores desafios do século XXI é encontrar soluções que auxiliem na problemática da demanda por recursos naturais, posto que a emissão de gases nocivos contribuem para grandes alterações climáticas. A construção civil é uma das indústrias que mais consomem energia, recursos naturais e tem elevado índice de desperdício em seu ciclo de vida. A escassez de material está gradativamente elevando os custos e exigindo que todo o processo seja repensado. Contudo, cada decisão remete a formatos de fabricação com diferentes níveis de emissão de CO₂ e distâncias de transporte distintos. Este último, pouco analisado em pesquisas, influencia diretamente nos níveis de gás carbônico lançados na atmosfera. Nesse âmbito, este trabalho comparou as emissões de CO₂ devido às distâncias percorridas no

transporte de materiais de uma edificação, considerando o modal rodoviário, trem de carga e navio de cabotagem.

Palavras-chave: materiais de construção, emissões de CO₂, transporte de materiais.

1 CONSUMO ENERGÉTICO, EMISSÕES DE CO₂ E TRANSPORTE DE MATERIAIS

A redução dos padrões de energia consumida atualmente necessita ser repensada, especialmente por serem as fontes finitas e escassas. Segundo Duarte (2009), a energia de operação das edificações consome mais de 40% da fonte energética das nações industrializadas, enquanto o transporte e os processos construtivos contribuem com mais 10% do consumo. A escolha dos materiais é um dos fatores contribuintes para a redução da carga energética atual. Os valores gastos com o transporte também indicam a escolha por fornecedores com parques próximos aos locais de destino.

O uso de fontes não-renováveis, principalmente carvão, petróleo e gás natural, são as principais fontes energéticas utilizadas na atualidade. O grande consumo destas está associado a maiores emissões de poluentes, custo final de produtos, maior dependência externa de combustíveis bem como um baixo desempenho na balança comercial. Atualmente o sistema de transportes no Brasil está baseado na utilização destas fontes energéticas, modelo que representa gastos em torno de 25% do PIB (Gonçalves e Martins, 2008).

O Brasil possui uma das maiores extensões territoriais do mundo e conta com extensa malha viária para o modal rodoviário, modalidade que representa hoje aproximadamente 61% de toda a movimentação nacional de cargas. O transporte ferroviário destaca-se pela eficiência energética e a alta capacidade de carga, além de ter, em geral, custos de frete mais baixo, entretanto esbarram nos baixos investimentos, diferentes bitolas e falta de conexão com os demais modais. O sistema hidroviário, somado ao marítimo e a cabotagem, representam cerca de 13% do transporte, modalidades que têm potencial na redução de impactos, custo do frete e redução do fluxo de caminhões nas rodovias (Ministério do Planejamento, 2014).

No país, o modal rodoviário, além de ser o meio preferencial de transporte, é o que mais impacta na geração de emissões nocivas. Segundo Economia e Energia (2002), após a crise do petróleo desencadeada nos anos 70, houve uma migração dos veículos pesados para operação de motores no ciclo diesel, que teve seu combustível considerado como “combustível social” e um menor preço por unidade de energia. Os consumos de óleo diesel, no setor de transporte, seguem os números apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Consumo de óleo diesel por modal de transporte (em milhões de m³). Fonte: CNT, 2014.

Modal	2009	2010	2011	2012	2013
Rodoviário	38.49	34.46	36.38	38.60	40.61
Ferroviário	0.83	1.08	1.18	1.21	1.20
Hidroviário	0.49	0.14	0.14	0.16	0.18
Total	39.81	35.68	37.70	39.97	41.99

A parcela de contribuição no consumo de energia embutida do transporte é de cerca de 6% e é considerada como fator de relevância no consumo energético das edificações (Tavares, 2006).

O transporte está presente nas três fases (fase inicial, operacional e desconstrução). A fase operacional demanda, na maioria dos casos, distâncias curtas para o transporte de materiais e insumos para manutenções e reformas preventivas. A fase de desconstrução necessita de movimentação para os resíduos provenientes de possíveis demolições. Já na fase inicial, a qual se estende desde a extração da matéria-prima até a construção do edifício, se encontra a maior movimentação de matérias. Destacam-se:

- transporte da matéria-prima do seu local original até as fabricas de beneficiamentos;

- centros de beneficiamento até as centrais de distribuição;
- centrais de distribuição até os canteiros de obras;
- resíduos gerados dentro das obras.

As liberações de dióxido de carbono, o CO₂, estão associadas principalmente à queima de combustíveis fósseis, a exemplo do petróleo e carvão mineral e manejo do solo. Os processos industriais contribuem significativamente para a emissão destes gases, uma vez que seus processos possuem reações químicas que liberam essas toxinas, como a decomposição de carbonatos nos fornos de cimento, de aço e cal, que despreendem aproximadamente 44% de dióxido de carbono. A destruição das matas nativas e a modificação do uso do solo, em 2005, foram responsáveis por mais de 50% das emissões dos gases causadores do efeito estufa (Agopyan et al., 2011). Segundo o Inventário Anual de Emissão de Gases (MCT, 2013), os setores considerados na contabilidade de emissão de gases são:

- energia;
- processos industriais;
- agropecuária;
- mudança de uso da terra e florestas;
- tratamento de resíduos.

A produção de materiais de construção se enquadra na categoria de processos industriais, já o transporte, objeto de estudo deste trabalho, se enquadra no grupo de energia, tendo um subsetor próprio em função de seus valores consideráveis.

A industrialização dos materiais de construção passa por processos, que em grande parte, necessitam de fornos com altas temperaturas, elementos estes que utilizam como combustível derivados de petróleo, carvão mineral ou em alguns casos lenha obtidas de desmatamento.

Insumos que são de extrema importância para a construção, como cimento e aço, passam pelo processo de decomposição do calcário em fornos de alta temperatura, método que emite importantes valores de CO₂, por exemplo ao liberar 440 kg de CO₂ e gerar apenas 560 kg de insumo. O cimento é responsável por cerca de 5% de todas as emissões de CO₂ antropogênico, elemento artificial de maior consumo no mundo. O elemento mais impactante nesse material é o clínquer que consome grandes quantidades de dióxido de carbono, tanto na sua produção quanto na operação dos fornos. Portanto, o cimento CP II, por possuir teores de clínquer médios de 60%, é um dos grandes vilões no que diz respeito ao cimento, cuja média mundial de emissões fica entre 814 e 870 kg/t.

O aço, ao reciclar sucata na produção de novos materiais, tem valores que são até 50% inferiores aos que são produzidos diretamente via alto-forno e aciaria. Estima-se que o aço brasileiro seja responsável por emissões na ordem de 1,25 t CO₂/ t. Cabe destacar que tanto a indústria do cimento quanto a do aço possuem consórcios de pesquisas que visam baixar consideravelmente os níveis de emissão de gases nocivos (Agopyan et al., 2011).

Comumente relacionado às alterações climáticas, as emissões de dióxido de carbono têm potencial catalisador nessas modificações. Para se evitar um aumento na temperatura superior a 2° C em 2100, é necessário que se estabilize o CO₂ em 450 ppm. Entretanto, esse assunto é polêmico e de difícil acordo, uma vez que as reduções de emissões implicam em desaceleração da indústria e conseqüentemente impacto na economia. Estima-se que o corte de CO₂ custe entre 1% e 5% do PIB mundial (Gonçalves e Martins, 2008).

1.1 Emissões de CO₂ no transporte

As emissões nos veículos automotores sofrem influência direta da tecnologia do motor, qualidade e tipo do combustível utilizado, fatores da natureza, como pressão e temperatura, idade do veículo, etc. As liberações dos gases nocivos podem ocorrer de forma direta (através do escapamento do veículo) ou durante o uso/reposo do veículo (MMA, 2011).

O sistema de transporte brasileiro utiliza predominantemente motores movidos a diesel, combustível que representa quase 50% do consumo (Fig. 1) nos meios de transportes nacionais (BEN, 2014). Segundo boletim ambiental (CNT, 2014), o setor de transportes foi responsável por 8,65% das emissões totais de CO₂ (Tabela 2). Segundo Agopyan e John (2011), a movimentação de matérias de construção é uma das parcelas mais significativas no transporte brasileiro. Muitos insumos percorrem grandes distâncias até atingirem o local de utilização. Os estados do Norte e Centro-Oeste são mais desprovidos de grandes fornecedores, o que acarreta em maiores percursos.

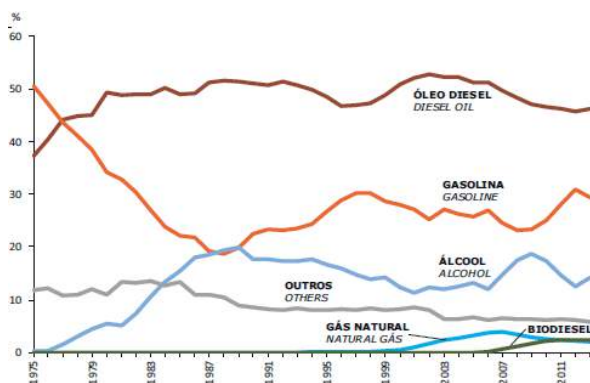


Figura 1. Consumo no setor de transporte por tipo de combustível (BEN, 2014).

Tabela 2. Emissões totais de CO₂ no Brasil. Fonte: adaptado de CNT, 2014.

Sector	CO ₂ (t/ano)	Participação (%)
Mudança no uso da terra	1.202,13	76,35%
Industrial	140,05	8,89%
Transporte	136,15	8,65%
Geração de energia	48,45	3,08%
Outros setores	47,76	3,03%
Total	1.574,54	100%

Quando se analisa o setor de transporte em separado, e se compara a participação de cada modal nas emissões (Tabela 3), a atividade rodoviária predomina com uma representatividade de mais de 90% (CNT, 2014).

Tabela 3. Emissões de CO₂ por modal de transporte. Fonte: adaptado de CNT, 2014.

Sector	CO ₂ (t/ano)	Participação (%)
Rodoviário	123,17	90,47%
Aéreo	7,68	5,64%
Outros meios	5,29	3,89%
Total	136,14	100%

Os dados apresentados colaboram com a relevância que o sistema de transporte tem face às emissões de gases nocivos. Faz-se necessário um aprofundamento nos estudos neste setor. O objetivo deste estudo é comparar emissões de CO₂ devido à distância percorrida para o transporte de materiais em diferentes modais, utilizando dados de um empreendimento habitacional de interesse social localizado no Sul do Brasil.

2 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa consiste na análise da influência da distância de transportes de materiais de construção, desde o fabricante até o canteiro de obra, referente ao consumo de energia incorporada e emissões de dióxido de carbono (CO₂) proveniente dos veículos transportadores.

O edifício de referência situa-se na cidade de São Leopoldo, município brasileiro do Estado do Rio Grande do Sul, distante 35 km da capital Porto Alegre, com população estimada em 226.988 habitantes e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0.74 em 2010 (IBGE,2014).

Trata-se de um empreendimento habitacional de interesse social (EHIS), integrante do programa nacional Minha Casa Minha Vida (MCMV), que compreendeu a construção de 15 torres, cada uma delas com 5 pavimentos, contabilizando um total de 300 apartamentos. Cada torre possui 1.020 m² de área construída. A construção utilizou a técnica de alvenarias de blocos estruturais combinado com lajes moldadas “in loco” em concreto armado.

A quantificação dos insumos utilizados na obra está relacionada ao projeto que Schneck (2013) definiu como “projeto-base” (Fig. 2), referência esta que serve para todas as torres construídas.

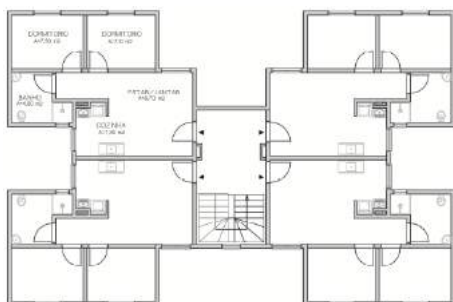


Figura 2. Projeto-base (referência) para quantificação dos insumos (Schneck, 2013).

2.1 Etapas da pesquisa

O trabalho foi realizado mediante três etapas de pesquisa, a seguir descritas na Tabela 4:

Tabela 4. Etapas de pesquisa.

Etapa	Descrição	Ferramentas de pesquisa
Etapa 1	Identificação de insumos relevantes em termos de emissões de CO ₂	Dissertação de Schneck (2013); revisão bibliográfica; <i>software</i> Microsoft Excel.
Etapa 1	Simulação de distâncias de transporte	Associações de classe; <i>softwares</i> Google Maps e Microsoft Excel.
Etapa 3	Investigação da influência de distâncias e meios de transporte	Gráficos e discussão com pesquisadores.

2.1.1 Identificação de Insumos Relevantes em Termos de emissão de CO₂

A lista desenvolvida por Schneck (2013) contabiliza todos os insumos utilizados na concepção do projeto-base e foi composta por mais de 170 itens subdivididos em oito categorias. Após a transformação de todas as quantidades para a unidade quilograma (kg) foi aplicado um fator de energia incorporada, conforme apresentado por Tavares (2006), para se chegar ao total de energia embutida (mega-joule – MJ) demandado para cada material.

Para melhor delineamento da pesquisa, optou-se por focar nos materiais mais exigentes no consumo de energia. Partindo deste pressuposto, elaborou-se os questionamentos de *quintos e quais materiais são os materiais mais significativos em termos de energia incorporada?*

O princípio 80/20, desenvolvido em 1897 pelo economista Vilfredo Pareto, sugere que 80% das consequências estão ligadas a 20% das causas originais, logo 80% das causas tem menor peso nos resultados. Assim, através da planilha inicial completa foi elaborado um diagrama de Pareto que possibilitasse responder as perguntas elaboradas anteriormente.

Conforme Tavares (2006), a quantificação das emissões de CO₂ pode ser estimada a partir dos consumos energéticos. Assim, relacionou-se a energia consumida, para os materiais

identificados através do diagrama de Pareto, com o potencial de geração de CO₂ por kg/MJ para o óleo diesel conforme dados apresentados pelo IPCC (1995).

2.1.2 Simulação de distâncias de transportes

A distância percorrida pelo transporte é um dos pontos de ligação entre o insumo e o impacto que esta extensão irá adicionar ao meio ambiente. A pesquisa se propôs a fazer um levantamento, em nível nacional, a fim de identificar a disponibilidade de fornecedores e se há uma maior ou menor uniformidade na sua distribuição sobre o território nacional.

Optou-se pela escolha, dentre os onze materiais com maior representatividade em termos de energia incorporada, dos três itens, cuja energia incorporada de fabricação representa mais de 40% no total (Tabela 5). Soma-se a esta opção, o fato destes mesmos insumos estarem presentes na grande parte das obras de interesse social executadas no país. A partir desta nova relação se estudou a influência das distâncias de transporte nas emissões de CO₂.

Tabela 5. Materiais selecionados para estudo das distâncias.

Material	EI (MJ/kg)	Participação (%)
Blocos cerâmicos 14x19x29	960.681,88	16,79%
Aço – armadura CA50 d=1/4 a 3/8	931.208,94	16.27%
Aço – armadura CA60 d=1/4 a 3/8	399.089,55	6.97%
Cimento Portland CP II E32	185.987,22	3.25%
	Total	43.29%

De posse destes insumos, as quantificações de CO₂ seguiram o exposto por Tavares (2006), relacionando o consumo energético com o potencial gerador de emissões de CO₂ (Tabela 6).

Tabela 6. Geração de dióxido de carbono (CO₂) por fonte de energia (adaptado de IPCC, 1995).

Fonte	CO ₂ (kg/MJ)
Eletricidade	0.0181
Óleo combustível	0.0798
Gás natural	0.0506
GLP	0.0633
Carvão mineral	0.0915
Carvão vegetal	0.0510

Em seguida, buscou-se a identificação dos principais produtores, a qual foi realizada através de pesquisa junto às associações e suas empresas cadastradas. Entretanto, muitos destes fornecedores, a exemplo da indústria cerâmica, têm uma diversidade de portfólio e muitas vezes não contemplava o material destacado para esta pesquisa.

A partir do conhecimento dos fornecedores iniciou-se, através de *web sites*, a confirmação de que estes produziam o insumo de interesse para o trabalho. Após a aprovação deste item foi formulada uma planilha que agrega a lista de fornecedores desejada. Todos aqueles que não atenderam a este requisito foram excluídos do inventário. Alguns itens não obtiveram retorno satisfatório, principalmente em estados como Roraima, Acre e Amapá.

Na etapa final, foi realizada a localização no mapa político brasileiro de todos os fornecedores listados na planilha desenvolvida na etapa anterior. Foi utilizado o recurso disponibilizado pelo Google que possibilita, para usuários cadastrados, a montagem de mapas personalizados com a inclusão visual, através de indicadores, dos pontos obtidos na busca. As faixas estudadas compreendem as distâncias entre fabricantes e obra de: até 50 km; até 100 km; até 500 km; até 1000 km; até 1500 km; até 2000 km; até 3000 km; até 3500 km.

A busca por fornecedores apresentou resultados diversificados. Insumos como o aço e o cimento têm sua distribuição concentrada em grandes empresas, enquanto os blocos cerâmicos, com

uma indústria mais artesanal, resultaram em mais de 100 opções em todo território. A distribuição de aço é de responsabilidade basicamente de três empresas enquanto o cimento Portland é dividido entre seis empresas que subdividem regiões brasileiras.

2.1.3 Investigação da influência de distâncias e meios de transporte

O modal rodoviário foi o escolhido como o centro da pesquisa por ser o meio de transporte preferencial, representando mais de 60%, utilizado no Brasil (Ministério do Planejamento, 2014). Além do modal rodoviário, também foram investigados os modais ferroviário (trens de carga) e fluvial (navios de cabotagem) que apesar de representarem pouco mais de 30% dos transportes realizados no Brasil (CNT, 2014), poderiam se tornar alternativas mais utilizadas possibilitando reduções de consumos, emissões e acidentes no país.

O cálculo da Energia Incorporada referente ao modal rodoviário relacionou duas etapas: a primeira visou encontrar a energia incorporada consumida efetivamente pelo transporte para cada insumo relacionado nas etapas anteriores. Considerou-se que o rendimento médio de diesel para os caminhões é de 1 litro para cada 3 km, com poder calorífico estimado em 38,35 MJ (Petrobras, 2014). Sendo assim, foi transformado o valor de energia referente a 1km para posteriormente ser possível a aplicação das distâncias determinadas.

Foi determinado, para fins comparativos, que os veículos rodoviários estudados seriam o veículo transportador de 14 toneladas (*truck*) e o de 24 toneladas (carreta), representando médio porte e grande porte para transportes de médias e longas distâncias, respectivamente. Sendo assim, foi compatibilizada a capacidade transportadora do veículo com a energia despendida (MJ/ton) (Equações 1 e 2).

$$12,78 \text{ MJ}/14\text{ton} = 0,9131 \text{ MJ/ton} \quad (1)$$

$$12,78 \text{ MJ} / 24 \text{ ton} = 0,5326 \text{ MJ/ ton} \quad (2)$$

Como parte final da primeira etapa, relacionou-se a quantidade de insumo necessário para execução do projeto-base (Equação 3).

$$EI \text{ transporte} = (0,5326 \times \text{distância (km)}) \times (\text{Total Insumo (kg)} / 1000) \quad (3)$$

A segunda etapa do levantamento energético agregou o percentual consumido na fabricação dos materiais juntamente à parcela referente ao transporte (Equação 4).

$$EI \text{ total} = EI \text{ fabricação} + EI \text{ transporte} \quad (4)$$

Para a investigação dos modais ferroviário e fluvial (trem de carga e navio de cabotagem) foram utilizados dados fornecidos pelo IFIB (1995), que relacionam valores médios para os principais modais em MJ/km/t. Entende-se que, em comparação ao caminhão de 28t, o trem de carga e o navio de cabotagem correspondem, respectivamente, a 42% e 26% do consumo energético.

A quantificação das emissões de dióxido de carbono foi realizada em duas etapas. A primeira consistiu na obtenção das quantidades de carbono emitidas para a produção dos insumos relacionados. De posse da EI de cada material estudado, dividiu-se este valor entre as fontes emissoras necessárias para a produção do bem: eletricidade, óleo combustível, gás natural, GLP, coque de carvão mineral, coque de petróleo, carvão mineral, carvão vegetal, lenha, outros. Cada parcela foi multiplicada pelo seu potencial gerador de CO₂ conforme indicação do IPCC (1995). O somatório resultante apontou a emissão de produção em kg CO₂.

O cálculo de CO₂ utiliza a relação entre a energia despendida pelo transporte e o potencial gerador de CO₂ do combustível utilizado. Segundo o IPCC (1995), o óleo combustível é responsável pela emissão de 0,0798 kg/MJ de CO₂ (Equação 5).

$$\text{CO}_2 \text{ Transporte (kg/CO}_2\text{)} = \text{EI transporte} \times 0,0789 \quad (5)$$

Após somou-se as duas etapas anteriores em emissões totais de CO₂ para cada faixa de distância e cada tipo de transporte. A concepção para os trens de carga e navios de cabotagem partiram do mesmo conceito apresentado em EI (Equação 6).

$$\text{CO}_2 \text{ Total (kg/CO}_2\text{)} = \text{CO}_2 \text{ Fabricação} + \text{CO}_2 \text{ Transporte} \quad (6)$$

3 RESULTADOS

As Figuras 3 a 5 apresentam gráficos que relacionam a emissão de CO₂ por faixa de distância, considerando os três modais para o transporte de blocos cerâmicos, aço e cimento Portland.

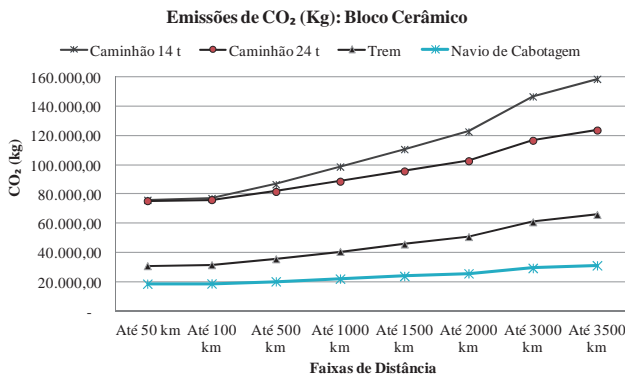


Figura 3: Emissão de CO₂ por faixa de distância para o transporte de blocos Cerâmico. Fonte: Autores

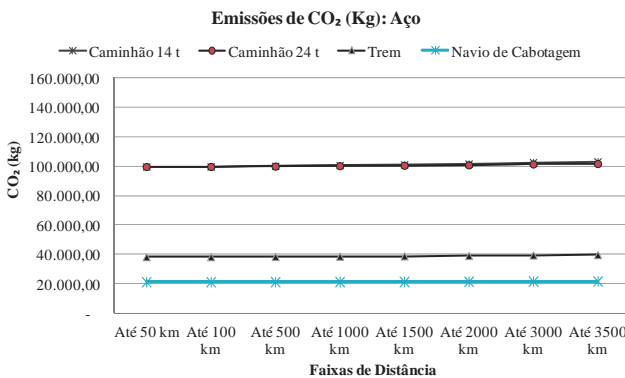


Figura 4: Emissão de CO₂ por faixa de distância para o transporte de aço.

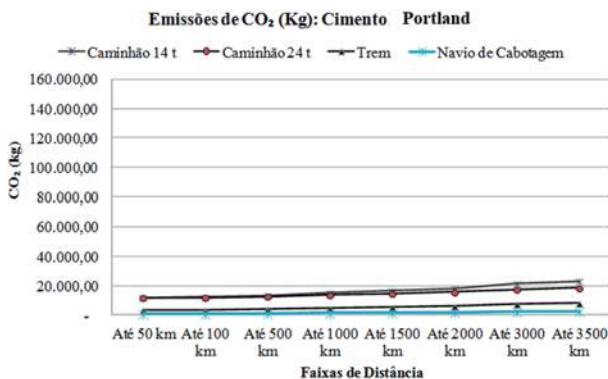


Figura 5: Emissão de CO₂ por faixa de distância para o transporte de cimento Portland.

A diferença encontrada (CO₂ kg) entre fornecedores próximos (50 km) por distâncias médias (1500 km) e longas (3500 km), relacionadas ao tipo de modal são apresentadas na tabela 7.

Tabela 7. Comparativo: diferenças em CO₂ (kg) por faixas de distâncias.

Modal	Bloco cerâmico		Aço		Cimento Portland	
	(50km x 1500km)	(50km x 3500km)	(50km x 1500km)	(50km x 3500km)	(50km x 1500km)	(50km x 3500km)
Caminhão 14 ton	34.760,25	82.705,42	1.463,99	3.483,28	4.676,63	11.127,15
Caminhão 24 ton	20.276,81	48.244,83	853,99	2.031,91	2.728,03	6.490,84
Trem de carga	14.856,61	35.058,22	625,71	1.476,54	1.998,80	4.716,72
Navio de cabotagem	5.297,03	12.603,28	223,09	530,81	712,66	1.695,64

Para uma melhor compreensão, transformaram-se os valores encontrados em kg CO₂ para CO₂ eq. Uma árvore tem capacidade de transformar aproximadamente 180 CO₂ eq, sendo assim comparou-se as diferenças encontradas e o número necessário de árvores para compensar estes valores (Tabelas 8 a 10).

Tabela 8. Comparativo Emissões (kg CO₂ x CO₂ eq. x Compensação) – Bloco Cerâmico.

Modal	CO ₂ eq (50km x 1500km)	CO ₂ eq (50km x 3500km)	Compensação árvores	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Caminhão 14ton	9.49	22.57	53	125
Caminhão 24ton	5.53	13.17	31	73
Trem de carga	4.05	9.57	23	53
Navio de cabotagem	1.45	3.44	8	19

Tabela 9. Comparativo Emissões (kg CO₂ x CO₂ eq. x Compensação) – Aço.

Modal	CO ₂ eq (50km x 1500km)	CO ₂ eq (50km x 3500km)	Compensação árvores	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Caminhão 14ton	0.40	0.95	2	5
Caminhão 24ton	0.23	0.55	1	3
Trem de carga	0.17	0.40	1	2
Navio de cabotagem	0.06	0.14	0	1

Tabela 10. Comparativo Emissões (kg CO₂ x CO₂ eq. x Compensação) – Cimento Portland.

Modal	CO ₂ eq (50km x 1500km)	CO ₂ eq (50km x 3500km)	Compensação árvores	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Caminhão 14ton	1.28	3.04	7	17
Caminhão 24ton	0.74	1.77	4	10
Trem de carga	0.55	1.29	3	7
Navio de cabotagem	0.19	0.46	1	3

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos encaminham para a mesma concepção que foi idealizada na energia incorporada. O transporte rodoviário, apesar de ser o mais utilizado no país, não é o mais eficiente ambientalmente. O modal ferroviário e hidroviário demonstraram ter uma resposta mais limpa para as mesmas exigências.

Ao traçar um panorama das quantidades de emissões de CO₂ para a produção de um empreendimento habitacional de interesse social, pelo viés de diferentes distâncias de fornecedores/distribuidores, pode-se ressaltar a importância das decisões nas etapas de especificações dos materiais e sistemas construtivos. Cada decisão remete a formatos de

fabricação com diferentes níveis de emissão de CO₂ e distâncias de transporte distintos, o que irá influenciar diretamente nos níveis de gás carbônico lançados na atmosfera

REFERÊNCIAS

- Agopyan, V.; John, V. M. *O desafio da sustentabilidade na construção civil*. São Paulo: Blucher, 2011.
- Agopyan, V.; John, V. M.; Silva V.G. *Agenda 21: Uma Proposta de Discussão para o Construbusiness*. Canela, 2011.
- Duarte, B. M. A. *Preocupações de Sustentabilidade e Especificações Técnicas de Obras*. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Portugal.
- Economia E Energia. *Considerações Especiais Sobre o Setor de Transportes*. Edição nº 30 – Janeiro/ Fevereiro, 2002. Disponível em: < http://ecen.com/eee30/s_trnsp9.htm>. Acesso em: 29 setembro 2014
- Golçalves, J. M. F; Martins, G. *Consumo de energia e emissão de gases do efeito estufa no transporte de cargas no Brasil*. 2008. 8 f. Ed. 586 Revista Brasil Engenharia. Disponível em: http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao586/Art.Transporte_1.pdf.
- IPCC. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Geneva, Suíça, 1995.
- Ministério Do Meio Ambiente. *1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por veículos Automotores Rodoviários*. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_publicacao/163_publicacao27072011055200.pdf. Acesso: 20 set. 2014.
- Ministério Da Ciência E Tecnologia. *Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa*. Disponível em: http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310922/Segundo_Inventario_Brasileiro_de_Emissoes_e_Remocoes_Antropicas_de_Gases_de_Efeito_Estufa.html. Acesso em: 25 Jun. 2014.
- Ministério Do Planejamento. *Política de Infraestrutura*. Disponível em: http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spi/PPA/2012/mp_005_dimensao_tatico_infra.pdf.
- Petrobras. *Densidade e poderes caloríficos superiores*. Disponível em: <http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/sevicos/formulas-de-conversao/detalhe-formulas-de-conversao/densidade-e-poderes-calorificos-superiores.htm>. Acesso em: 02 ago 2014
- Schneck, E. R. *Tipo arquitetônico em empreendimentos habitacionais de interesse social: impactos ambientais, diferenças no custo e em quesitos de habitabilidade*. 2013. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo.
- Tavares, S. F. *Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais brasileiras*. 2006. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Análise do consumo de água e energia em prédio comercial com certificação ambiental LEED

Cibele B. Antonioli

UNISINOS, Programa de Pós-Graduação em Eng. Civil, São Leopoldo, RS, Brasil
cibeleantonioli@gmail.com

Andrea P. Kern

UNISINOS, Programa de Pós-Graduação em Eng. Civil, São Leopoldo, RS, Brasil
apkern@unisinós.br

Paulo R. Wander

UNISINOS, Programa de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, São Leopoldo, RS, Brasil
prwander@unisinós.br

Julia C. Herrmann

UNISINOS, Graduação em Eng. Civil, São Leopoldo, RS, Brasil
juliaherrmann@uol.com.br

Carla P. Oliveira

UNISINOS, Graduação em Arquitetura e Urbanismo, São Leopoldo, RS, Brasil
jagadambaoliv@gmail.com

ABSTRACT: The environmental certification arise as a design and execution tool, involving the reduction of environmental, social and economic impacts. The present study is part of a master's dissertation that is under development, in order to analyze the post-occupancy of a LEED commercial building certified in the gold level of the LEED program (Leadership in Energy and Environmental Design) for new constructions, seeking the reduction of water and energy consumption. This research is a study case where it was analyzed the current water and energy consumption, compared to the parameters found in the LEED bibliography and the consumption foresaw by the design. Overall, the results showed that the measured consumption of water was 31% below the LEED parameters, but 199% above the design parameters. The measured consumption of energy was 12% above the LEED parameters and 32% above the design parameters. Thus, there is a weakness in the design phase score based on forecasts, without evaluating the post-occupancy real consumption.

Keywords: environmental certification, water consumption, energy consumption, building post-occupancy.

RESUMO: Os selos de certificação ambiental surgem como uma ferramenta de projeto e execução, envolvendo a diminuição de impactos ambientais, sociais e econômicos. O presente trabalho é parte de uma dissertação de mestrado que se encontra em desenvolvimento, com o objetivo de analisar a pós-ocupação de um prédio comercial, certificado no nível ouro do programa LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) para novas construções, visando à redução no consumo de água e energia. A pesquisa consiste num estudo de caso onde foi analisado o consumo medido de água e energia, comparados aos parâmetros encontrados na bibliografia do LEED e no consumo previsto pelo projeto. De forma geral, os resultados apontam que o consumo medido de água ficou 31% abaixo dos parâmetros do LEED, porém 199% acima dos parâmetros de projeto. Já o consumo medido de energia ficou 12% acima dos parâmetros do LEED e 32% acima dos parâmetros de projeto. Assim, observa-se uma fragilidade da pontuação na fase de projeto baseada em previsões, sem avaliação do consumo na pós-ocupação.

Palavras-chave: certificação ambiental, consumo de água, consumo de energia, pós-ocupação de edificação.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil caracteriza-se como uma das maiores consumidoras de recursos naturais em seu processo produtivo, tanto no Brasil como no exterior (John, 2000). Os impactos ambientais causados por um edifício ocorrem em todas as etapas que compreende seu ciclo de vida, iniciando-se pela extração de matérias-primas, produção e transporte dos materiais e componentes, geração de resíduos durante a fase de construção e ao final da vida útil. Conforme John et al. (2006), a indústria consome cerca de 75% dos recursos naturais do mundo, em sua maioria não renováveis. Além desses, citam-se o consumo de energia e água e a geração de efluentes durante a fase de pós-ocupação. Em relação ao consumo de água, foco deste trabalho, Macozonma (2002) diz que o setor da construção civil é responsável pelo consumo de 2-16% de água potável e 30-40% de energia.

Desde a década de 80, desenvolvimento sustentável, ou sustentabilidade tornam-se cada vez mais discutidos por acadêmicos envolvidos com a construção civil (Torgal; Jalali, 2010). A partir do crescimento do volume de obras ao longo das últimas duas décadas, constata-se que o mundo científico se volta com grande interesse a esse relevante tema. Em paralelo, surgem novas tendências no mercado para promover uma mudança de paradigmas de consumo do setor da construção civil, por meio do incentivo ao uso racional de recursos naturais e da preferência por aqueles produzidos regionalmente, bem como a de reciclagem dos materiais, para que produtos e serviços estejam comprometidos com a preservação do meio ambiente em diferentes formas. Os países que acreditavam dominar os conceitos dos chamados “projetos ecologicamente corretos”, ou prédios verdes, não possuíam meios para verificar quão sustentáveis eram de fato os seus edifícios. Assim surgiu a necessidade de criação de ferramentas, programas ou sistemas de avaliação e certificação, com o objetivo de orientar empreendedores, projetistas e construtores quanto aos aspectos a serem considerados na produção de edificações mais sustentáveis (Silva *et al.*, 2003). Ou seja, de acordo com Gonçalves e Duarte (2006), uma certificação ambiental é concedida a partir de um sistema de avaliação onde se analisa o grau de sustentabilidade associado à uma edificação, em razão de determinados critérios de desempenho aplicados nele.

Existem no mercado diferentes certificações ambientais, cujo escopo e quesitos dependem de cada país, bem como suas reais necessidades (Benini *et al.*, 2003). Os principais sistemas de avaliação internacional atualmente são: Beam (China), BREEAM (Reino Unido), CASBEE (Japão), Démarche HQE (França), Energy Star (Estados Unidos), Green Mark Scheme (Singapura), Green Star SA (Austrália), LEED (Estados Unidos), MSDG (Estados Unidos) e NABERS (Austrália). No Brasil, o interesse na avaliação ambiental de edificações é relativamente recente, e atualmente os principais selos nacionais são: AQUA, Programa Procel Edifica e Selo Casa Azul.

A norte-americana LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*) consiste no primeiro sistema de certificação internacional a ser adotado por empresas brasileiras. Dentre as principais críticas a este sistema, a principal refere-se à aplicação de normas americanas para parâmetros de desempenho, que por vezes não correspondem à realidade brasileira, já que uma avaliação tecnicamente consistente deve refletir as prioridades do país (Stuermer *et al.*, 2010).

Para obter esta certificação o empreendimento deve atender aos pré-requisitos mínimos e obter uma pontuação mínima junto aos créditos, sendo então enquadrado em um sistema de classificação no qual se atribui o nível de conformidade, podendo ser simplesmente certificado, prata, ouro ou platina. O sistema aplica-se também a oito modalidades de certificações LEED, que podem ser atribuídas a tipologias como: novas construções, edificações existentes, comércio, interiores comerciais, núcleo e envoltória, escolas, urbanização e assistência médica.

No país há 203 empreendimentos certificados pelo sistema LEED, 6 destes localizados no Rio Grande do Sul. (GBC, 2015).

Os benefícios típicos de um prédio certificado compreendem a economia no custo operacional e o aumento de produtividade através da satisfação do funcionário. Kats et al. (2003 apud Lee e Guerin 2010). Além disso, no intuito de monitorar a real eficácia dos prédios certificados, os relatórios de pós-ocupação dos usuários devem ser conduzidos e publicados com o objetivo de diagnosticar eventuais problemas operacionais (Newsham *et al.*, 2009). Scofield (2009) concluiu que, de modo geral, prédios comerciais certificados pelo LEED não apresentam redução de energia significativa, em comparação a prédios não certificados. Ele também conclui que a certificação LEED, em média, não reduz o consumo de energia nem a liberação de gases de efeito estufa na fase de operação do prédio.

Para garantir o sucesso de uma implementação de selo ambiental internacional, Silva et al. (2003) reforçam para a educação dos usuários e dos projetistas, para a evolução da qualidade na especificação de projeto, e para a apresentação de um plano de manutenção e um manual do usuário.

O presente trabalho é parte de uma Dissertação de Mestrado que se encontra em desenvolvimento. Tem como objetivo analisar o conjunto de medidas tomadas na fase de um projeto de um prédio comercial certificado no nível ouro do programa LEED, que impactam na pós-ocupação, visando à redução no consumo de água e energia.

2 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa consiste num estudo de caso que utiliza como objeto de estudo o prédio ambientalmente certificado, sede de uma empresa da área de TI (tecnologia de informação) localizado no Rio Grande do Sul. A área total do edifício é de aproximadamente 11.250 metros quadrados. Sua construção foi iniciada em 2007, e está ocupado desde 2009. A seguir, são apresentadas fotografia da fachada e corte esquemático.

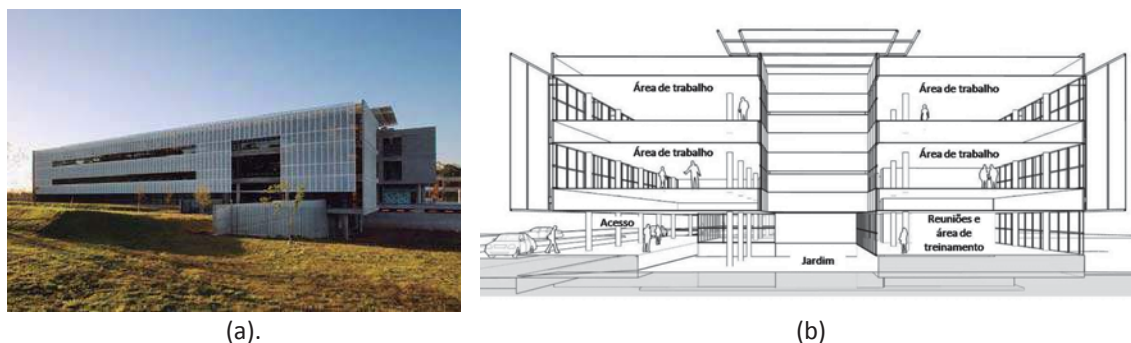


Figura 1. (a) Corte esquemático; (b) Corte esquemático.

A pesquisa foi realizada através de duas etapas, a seguir descritas.

2.1 Etapa 1: identificação das soluções de projeto para atendimento dos pré-requisitos e créditos nas categorias “Eficiência da Água” e “Energia e Atmosfera”

A partir dos pré-requisitos e créditos do programa de certificação da categoria “Eficiência da Água” (Tabela 1) e “Energia e Atmosfera” (Tabela 2) foram identificadas as soluções indicadas no projeto, que concederam a pontuação para o selo de certificação ambiental. Estas informações foram pesquisadas nos projetos e documentação enviada ao órgão certificador.

2.2 Etapa 2: dados de consumo de água e energia

Para a análise do consumo de água e energia do prédio durante seus cinco anos de ocupação, foram buscadas informações provenientes da medição do consumo de água nos hidrômetros localizados junto aos reservatórios de água de reuso e a partir do controle de medições realizado pela equipe terceirizada de manutenção predial. Neste contexto, Informações do sistema de automação também foram utilizadas para análise do consumo de água e energia neste período. As contas de água e energia também foram analisadas.

Para avaliar o consumo medido, os dados foram comparados com o consumo de água e energia previsto na etapa de projeto e com o consumo mínimo estabelecido pelo programa LEED.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Pré-requisitos, créditos e soluções de projeto adotadas para atendimento das categorias “Eficiência da Água” e “Energia e Atmosfera”

A Tabela 1 mostra as soluções de projeto adotadas para cumprimento dos créditos da categoria “Eficiência da Água”, considerando os cinco créditos atingidos pelo projeto em estudo.

Tabela 1. Categoria “Eficiência da Água”.

Pré-requisitos e créditos pontuados	Soluções de projeto adotadas
Crédito 1.1: Uso eficiente de água no paisagismo, reduzir em 50%	Uso de água não potável para irrigação, proveniente da ETE
Crédito 1.2: Uso eficiente de água no paisagismo, não utilização de água potável ou sem irrigação	
Crédito 2: Tecnologias inovadoras para águas residuais	ETE (Estação de Tratamento de Esgoto)
Crédito 3.1: Redução do uso de água: 20% de redução	Uso de água não potável (ETE) para descargas e mictórios. Uso de aeradores em torneiras e chuveiros abastecidos de água potável
Crédito 3.2: Redução do uso de água: 30% de redução	

A categoria “Eficiência da Água” possui 5 créditos atingidos pelo projeto em estudo, e são melhor descritos a seguir:

Para atendimento dos créditos referentes à irrigação do paisagismo (Créditos 1.1 e 1.2), na etapa de projeto, foi definida redução 50% no consumo de água potável. A solução de projeto previu a utilização de água não potável para irrigação do paisagismo, através da água de reuso, tratada na estação de tratamento de esgoto (ETE) construída para uso exclusivo do prédio. Neste crédito o projeto propõe 100% de redução de água potável e 75.4% de redução no consumo total de água.

Para atendimento dos demais créditos, referentes a tecnologias de águas residuais e redução do consumo (Créditos 2, 3.1 e 3.2), a ETE foi projetada para suprir e gerar exatamente a quantidade total necessária de águas residuais para abastecimento do prédio. Esta solução reduz 460% de transporte de esgoto para a cidade, quando o LEED requer que este número seja apenas de 50%.

Já nos créditos de “Redução no uso de água”, o projeto considerou a ocupação de 400 pessoas no prédio, entre elas 374 pessoas fixas (187 homens e 187 mulheres), e população flutuante de 4 visitantes e 22 terceiros. Também foi declarado que todos os banheiros masculinos possuem mictórios, e foram contabilizados 260 dias de operação num ano. Nestes créditos, o projeto prevê a redução de 65.8% no consumo total de água. O LEED estabelece que este número atingindo 20% ganha-se 1 ponto, e 30% ganha 2 pontos. Portanto, o projeto além de reduzir o consumo de água através das válvulas especiais de redução de vazão, ainda utiliza água não potável, totalizando 100% de economia de água potável, quando o LEED estabelece que este número seja de 50%.

A categoria “Energia e Atmosfera” possui 3 pré-requisitos obrigatórios e 6 possíveis créditos, sendo destes apenas 4 atingidos pelo projeto em estudo, conforme mostra a Tabela 2 (a seguir).

Para atendimento do pré-requisito e crédito referentes à Comissionamento (Pré-requisito 1 e Crédito 3) os sistemas básicos a serem comissionados foram: aquecimento, ventilação, ar condicionado (HVAC) e refrigeração; iluminação e controle de luz natural, sistema de água quente e sistema de energia renovável.

Para atendimento do pré-requisito e crédito referentes à Desempenho Energético (Pré-requisito 2 e Crédito 1), optou-se pelo uso de software de simulação energética do projeto como documento de alta performance energética. Todas as disciplinas atenderam às disposições obrigatórias da ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004 através do uso de um modelo de simulação de computador para documentar melhor desempenho energético do edifício, desenvolvido pelo engenheiro de projeto de climatização, com base na integração das informações fornecidas pelo cliente (horário de operação e características) e especificações dos projetos adotados pelas outras disciplinas envolvidas.

Tabela 2. Categoria “Energia e Atmosfera”.

Pré-requisitos e créditos pontuados	Soluções de projeto adotadas
Pré-requisito 1: Comissionamento fundamental dos sistemas prediais de energia	Atendimento de 6 solicitações do LEED.
Pré-requisito 2: Desempenho energético mínimo	Atendimento de todas as disciplinas quanto às disposições obrigatórias para o edifício, segundo a ASHRAE/IESNA Standard 90,1-2.004 (sem alterações).
Pré-requisito 3: Gestão de refrigerantes	Especificação de chillers com refrigerante HFC-134a e splits com refrigerante R-22.
Crédito 1: Otimização de desempenho energético	Utilização do software HAP 4.34 da Carrier, para comprovação do cálculo de avaliação de desempenho.
Crédito 2: Uso de energia renovável*	-
Crédito 3: Comissionamento adicional	Atendimento de 6 solicitações do LEED do pré-requisito + atendimento de 6 solicitações extras do LEED.
Crédito 4: Gestão adicional de refrigerantes	Entrada dos dados de refrigerantes utilizados no projeto, a fim de calcular o impacto final gerado.
Crédito 5: Mensuração e Verificação	Desenvolvimento e implementação de um plano de medida e verificação consistente com o IPMVP.
Crédito 6: Energia Verde*	-

*Os créditos 2 e 6, que correspondem a “Uso de energia renovável” e “Energia Verde” respectivamente, não foram buscados pelo projeto.

Para atendimento do pré-requisito e crédito referentes à Comissionamento (Pré-requisito 1 e Crédito 3), os sistemas básicos a serem comissionados são: aquecimento, ventilação, ar condicionado (HVAC) e refrigeração; iluminação e controle de luz natural, sistema de água quente e sistema de energia renovável.

Para atendimento do pré-requisito e crédito referentes à Desempenho Energético (Pré-requisito 2 e Crédito 1), o projeto deve alcançar níveis crescentes de desempenho energético acima do cálculo de referência do pré-requisito, para reduzir os impactos ambientais e econômicos associados com o uso excessivo de energia. Para isso é utilizado o software HAP 4.34 da Carrier, para comprovar o cálculo de avaliação de desempenho. O atendimento do pré-requisito 2 foi alcançado por ter apresentado uma economia de custo de energia de 14%, e 12% na economia de energia.

Para atendimento do pré-requisito e crédito referentes à Gerenciamento de Refrigerantes (Pré-requisito 3 e Crédito 4), o projeto especificou máquinas Chillers com uso de refrigerante HFC-

134a e o sistema Split com uso de refrigerante R-22. Para garantir o Crédito 4, o projeto requer a entrada dos dados de refrigerantes utilizados no projeto, a fim de calcular o impacto final gerado para o projeto. O resultado do total de impacto de refrigerante é de 92.9 quando o LEED requer que este número seja menor ou igual a 100.

Para atendimento do crédito referente à Mensuração e Verificação (Crédito 5), o projeto especificou o desenvolvimento e implementação de um plano de medição e verificação, além de anexar os projetos para auxiliar a compreensão e obtenção do ponto. Este plano de medição e verificação aborda e considera os efeitos sinérgicos das diferentes medidas e tecnologias planejadas para o projeto.

3.2 Consumos de água e energia: parâmetros do programa de certificação, parâmetros previstos no projeto e dados do consumo real

Entre pré-requisitos e créditos analisados tanto na categoria de água quanto de energia, todos os créditos de água puderam ser analisados na pós-ocupação, enquanto dos pré-requisitos e créditos de energia, apenas os que dizem respeito a Desempenho energético poderão ter dados analisados na mesma fase de pós-ocupação do empreendimento.

3.2.1 Consumo de água

3.2.1.1 Créditos 1 e 2: uso eficiente de água de paisagismo

O LEED determina o cálculo de referência através da medição de áreas de vegetação associadas a dois tipos de irrigação: aspersion e gotejamento (cada um com um índice próprio de eficiência de irrigação) e alguns fatores como coeficiente de tipo de paisagismo, fator das espécies, fator de densidade e fator de microclima. Com base nisso, os parâmetros determinaram 6.246 m³ de consumo de água para irrigação por ano.

O projeto do “Prédio A” previu 1.538m³ por ano para suprir o consumo de irrigação, sendo esta água proveniente da ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), que é uma fonte não potável. Esse baixo consumo de água, em comparação ao determinado pelo LEED, deve-se ao fato de ser utilizado um sistema de irrigação que mistura aspersores e irrigação por gotejamento e também ao uso de arbustos nativos adaptados denominados “vedélias”, que não necessitam de um sistema de irrigação permanente.

Dados que mostram o consumo medido durante a pós-ocupação do “Prédio A” apontam que a quantidade consumida para a irrigação do paisagismo é de, aproximadamente, 3.900m³ por ano, considerando que o sistema é acionado uma vez ao dia durante um período de 10 a 15 minutos.

Tabela 3. Resumo dos dados do crédito: “Uso eficiente de água de paisagismo”.

Água de paisagismo	Parâmetro LEED	Previsão do Projeto	Consumo medido
	6.246 m ³ /ano	1.538 m ³ /ano	3.900 m ³ /ano

3.2.1.2 Crédito 3: tecnologias inovadoras para águas residuais

O LEED determina o cálculo de referência através da declaração da população que ocupará o prédio, entre fixa e flutuante, considerando o total de horas de funcionamento do prédio. A partir disso são determinadas quantidades de descargas acionadas por pessoa originando o fluxo de descarga total do edifício, onde foi estabelecido que 5.192 m³ de água anualmente deveriam ser tratadas pela ETE.

O projeto previu a necessidade de 2.667 m³ de água tratada da ETE por ano.

Dados do consumo medido mostram que a ETE trata 3.414 m³ de água anualmente.

Tabela 4. Resumo dos dados do crédito: “Tecnologias inovadoras para águas residuais”.

Águas residuais	Parâmetro LEED	Previsão do Projeto	Consumo medido
	5.192 m ³ /ano	2.667 m ³ /ano	3.414 m ³ /ano

3.2.1.3 Créditos 4 e 5: redução do uso de água

O LEED determina o cálculo de referência através de parâmetros de uso de torneiras, chuveiros, mictórios e bacias sanitárias, por meio de uma declaração do número de ocupantes do prédio considerando a quantidade de horas que eles ficarão no edifício, semelhante ao crédito anterior. Também são declaradas as especificações técnicas dos metais de banheiro, com seu respectivo valor de vazão de água. No caso das torneiras e chuveiros, além da vazão de água, também é informada a previsão de duração em segundos de cada equipamento. Já para os dispositivos de descarga dupla, são estimadas a quantidade de usos de cada tipo de descarga a ser acionada por dia e por sexo. Com base nisso, foi determinado que são necessários 1.637 m³ por ano de água de reuso na utilização de água na descarga de sanitários e mictório. Já para torneiras de pia (nos banheiros e copas) e chuveiros, foi previsto o consumo de 1.485 m³ por ano de água potável.

O projeto previu que são necessários 1.128 m³ por ano de água de reuso e 1.069 m³ por ano de água potável.

Dados do consumo medido mostram que o consumo de água de reuso é de, aproximadamente, 2.340 m³ por ano, e o consumo de água potável mostrou-se em torno de 2.918 m³ por ano.

Tabela 5. Resumo dos dados do crédito: “Redução do uso de água”.

Redução do uso de água	Parâmetro LEED	Previsão do Projeto	Consumo medido
Água de reuso	1.637 m ³ /ano	1.128 m ³ /ano	2.340 m ³ /ano
Água potável	1.485 m ³ /ano	1.069 m ³ /ano	2.918 m ³ /ano

3.2.1.4 Consumo de água fora dos créditos: sistema de ar condicionado e espelho d’água

Durante a entrevista com o coordenador de instalações do prédio em estudo, junto com a equipe terceirizada pela manutenção predial, e somando as informações obtidas pelo controle das contas de consumo de água, percebeu-se a existência de alguns fatores não considerados no sistema de certificação ambiental LEED, mas que influem fortemente no consumo mensal de água do prédio.

O espelho d’água construído no térreo do prédio foi projetado para umidificar o ar entre os blocos do prédio e tem capacidade para 90 m³ de água potável. Em análise das contas de água do prédio, este item já foi responsável por 55% do consumo total de água em um mês, em função de vazamento detectado devido a problemas de má execução. Na média anual, o espelho d’água é responsável por 16% do total de consumo de água.

Outro fator que influencia na quantidade de água potável consumida é o sistema de ar condicionado central por *Chillers* (resfriador de líquidos) e *Fan Coils*. De acordo com especialistas da área, o consumo de água no sistema de condensação a água como um todo, provém de duas fontes: pelo vaso de expansão ou purgador (elementos presentes na parte mais alta da instalação do sistema de água) ou pelo arraste e respingos de água no processo evaporativo que acontece na torre de resfriamento. Estas perdas devem corresponder a no máximo 0,05% do total de água utilizado no sistema. Na prática, o sistema consome, na média anual, aproximadamente 32% de água potável. Esse valor mostrou-se superior ao previsto pelos fabricantes, e uma conferência in loco deste consumo é necessária para que seja regulado e corrigido ao número considerado adequado.

3.2.2 Consumo de energia

O LEED determinou que o projeto atendesse um nível de eficiência energética para o prédio proposto e seus sistemas operacionais em 2.227.336 kWh por ano. Vale ressaltar que, neste cálculo de performance, foram considerados os dados de consumo de energia elétrica e de uso de gás GLP.

O projeto previu, através de simulação com o uso do software HAP 4.34 da Carrier, a utilização de 1.946.284 kWh por ano, considerando variáveis como sistema estrutural, tipo de fenestração, presença de dispositivos de sombreamento (brise-soleil), sistema de iluminação, ar condicionado e aquecimento.

O consumo anual médio medido indica que o consumo mostrou-se 2.892.229 kWh.

Tabela 6. Resumo dos dados do crédito: “Desempenho energético”.

Desempenho energético	Parâmetro LEED	Previsão do Projeto	Consumo medido
	2.227.339 kWh/ano	1.946.284 kWh/ano	2.892.229 kWh/ano

A partir de Outubro de 2011, foram iniciadas medições específicas no consumo de energia, afim de melhor monitorar os sistemas prediais, como ar condicionado, quadros de força, elevador/bombas, iluminação e nobreaks.

Do consumo total de energia do prédio, o mais elevado é do sistema de ar condicionado central por *Chiller*, que se manteve na média de 15% nos meses frios e 30% nos meses quentes, e na média do ano se manteve em 23%. O nobreak vem em seguida, com consumo de energia na média de 22%. Já no uso para quadros de força, o consumo energético medido ficou na média de 20%. A iluminação consome em média 19% do consumo total do edifício, e os elevadores/bombas são responsáveis por 17% do consumo em média. O consumo é considerado apenas até agosto de 2013, quando a partir deste mês os dados de consumo já acumulam a energia gerada pela ampliação do edifício em estudo.

Além das medidas de projeto adotadas a partir dos créditos do LEED, durante a pós-ocupação do edifício em estudo a equipe de manutenção foi adotando medidas adicionais de economia de energia, que resultaram em mais economia no final do mês. As medidas adotadas incluem desligamento parcial de equipamentos em horários de menor ocupação do prédio (exaustores, ventiladores), desligamento dos jatos de água no espelho d’água, redução de iluminação no subsolo, troca automática de temperatura do ar condicionado, uso de gerador, logística da limpeza por andar e trocas de lâmpadas dicróicas por LED).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 7 sintetiza os resultados obtidos sobre o consumo de água e energia no período analisado, comparando o consumo determinado pelo LEED, o consumo previsto no projeto e o consumo realizado.

Tabela 7. Resumo dos consumos para os pré-requisitos e créditos de água e energia.

Resumo dos consumos para as Categorias	Parâmetro do LEED	Parâmetro do projeto	Consumo medido	Consumo medido em relação ao LEED (%)	Consumo medido em relação ao projeto (%)
“Eficiência da água”	14.560	6.402	12.572	31% abaixo	199% acima
“Energia e Atmosfera”	2.227.339	1.946.284	2.892.229	12 % acima	32% acima

Em ambas categorias, no geral, nenhuma previsão de projeto foi atingida, e o consumo medido se apresentou superior tanto na categoria água quanto energia. Já quanto aos parâmetros do

LEED, o prédio em estudo esteve dentro dos parâmetros estabelecidos na categoria água, porém ficou acima na categoria energia.

A partir da análise dos dados obtidos nas categorias água e energia, buscou-se mais informações com o coordenador de instalações do prédio sobre o porquê dos consumos terem apresentado valor mais elevado que o projeto e o LEED.

Segundo as informações obtidas, algumas possíveis justificativas para aumento da água de reuso nas bacias sanitárias e mictórios podem ser devido à maior frequência de limpeza destes reservatórios específicos já que a água de reuso após tratada ainda carrega uma dada quantidade de sólidos. Há também uma considerável quantidade de entupimentos ocasionada pelo excesso de uso de papel higiênico hidrossolúvel que é descartada na rede de esgoto, que embora seja adaptada para receber este volume, faz com que as pessoas deem mais descargas que o normal. Já quanto ao aumento de água potável, foi explicado que a ETE (por ser uma tecnologia inovadora) demorou muitos anos para se adequar ao melhor tratamento químico. Enquanto estavam se adaptando à manutenção do mesmo, a ETE foi muitas vezes abastecida com água potável para não interromper o funcionamento do sistema em geral. Com o passar do tempo, esse abastecimento não será mais necessário.

O sistema de ar condicionado e o espelho d'água são decisões de projeto que merecem atenção devido à sua relevância no consumo de água. A escolha do ar condicionado é um sistema primordial em um prédio comercial, e deverá ser melhor considerada outras opções de sistema que não utilizem água fria, porém essa decisão é complexa, porque também envolve questões de consumo de energia. Já o espelho d'água, outro elemento não contabilizado nos créditos referentes ao consumo de água, poderia utilizar água da chuva ou um sistema de reservatório que utilizasse o mesmo volume de água apenas sofrendo um tratamento de limpeza, evitando que o volume total seja desperdiçado toda vez que uma troca de água for necessária. Esses elementos mostraram grande influência no consumo de água do prédio, e não foram percebidos pela certificação, que é realizada na etapa de projeto.

Já quanto aos dados de energia, o coordenador de instalações do prédio explica que o comissionamento foi um processo muito útil na fase de projeto e execução, garantindo que os sistemas instalados estivessem adequados ou não. No caso deste projeto em estudo, relata-se que muitos sistemas tiveram que ser corrigidos durante o comissionamento, pois houve diversos problemas apontados nas instalações. No EUA há cerca de 3 anos, discute-se sobre uma nova etapa de revisão destes sistemas na pós-ocupação: o recomissionamento, visando detectar problemas de uso e propor melhorias ao sistema atual, para garantir o melhor desempenho dos sistemas. Porém esta prática ainda é recente no Brasil, com poucos adeptos.

Sobre a eficácia dos créditos de água e energia, apesar dos números de consumo terem se mostrado superiores aos parâmetros do LEED e do projeto, vale ressaltar que na pós-ocupação, nem todos os dados previstos no projeto de fato ocorrem no uso diário da edificação, como população prevista, carga térmica de ar condicionado, cargas elétricas de equipamentos e etc.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o projeto do prédio estudado tenha considerado um conjunto de estratégias para a redução no consumo de água e energia, a análise dos resultados mostra que, no geral, os parâmetros estabelecidos pelo sistema de certificação e previstos no projeto não foram atingidos. Isso se deve, em grande parte, ao fato destes parâmetros considerarem promessas de projeto arrojadas que não ponderam a dinâmica prática de um prédio, o qual poderá ultrapassar a carga e população pré-determinada nos parâmetros do LEED e do projeto, resultando em um aumento de equipamentos, usuários e carga térmica. Assim, observa-se uma fragilidade da pontuação na fase de projeto baseada em previsões, sem avaliação do consumo e da população na pós-ocupação.

REFERÊNCIAS

- benini, H. et al. 2003. *Análise simplificada da sustentabilidade pós-ocupação de um edifício comercial*. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Gonçalves, J. C. S.; Duarte, D. H. S. 2006. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. *Ambiente construído*, v. 6, n. 4, p. 51–81.
- Green Building Council Brasil. Site oficial. Disponível em: <www.gbcbrazil.org.br>. Acesso em: 04 out. 2014.
- John, V.M. 2000. *Reciclagem De Resíduos Na Construção Civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- John, V. M.; Oliveira, D. P.; Agopyan, V. 2006. *Crítérios de sustentabilidade para a seleção de materiais e componentes – uma perspectiva de países em desenvolvimento*. Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP).
- Lee, Y. S.; Guerin, D. A. 2010. Indoor Environmental Quality Differences Between Office Types. In *LEED-Certified Buildings In The US. Building and Environment*, v. 45, n. 5, p. 1104–1112.
- Maconzoma, D. 2002. Construction Site Waste Management and Minimization. *International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB)*, África do Sul.
- Newsham, G. R.; Mancini, S.; Birt, B. J. 2009. Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but... *Energy and Buildings*, v. 41, n. 8, p. 897-905.
- Torgal, F. P.; Jalali, 2010. S. A Sustentabilidade Dos Materiais de Construção. 1.ª ed. Minho: Tecminho.
- Scofield, J. H. 2009. Do LEED-certified buildings save energy? Not really... *Energy and Buildings*, v. 41, n. 12, p. 1386-1390.
- Silva, V.G.; Da Silva, M.G.; Agopyan, V. 2003. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. *Ambiente Construído*, v. 3, n. 3, p. 7-18.
- Stuermer, M.M.; Bedendo, I.A.; Felipette, P. 2010. A Certificação Verde LEED: reflexão de sua aplicação frente à Agenda 21Global. In: Congresso Internacional Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social, p. 10, 2010, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: PUCRS.

Estratégia para a incorporação de impactes ambientais, sociais e económicos específicos num método de Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Saúde (HBSA)

Maria de Fátima Castro

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
info@mfcastro.com

Ricardo Mateus

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
ricardomateus@civil.uminho.pt

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The healthcare project design requires a several number of concerns with the satisfaction and well-being of the working team, patient and administrators, has a strong social responsibility and impact on the city. Due to various design requirements, these buildings are not designed and used in a sustainable way, because there are still no effective methods to support designers in this context. Consequently, they do not know what the best criteria to be followed and their managers are not aware of the measures that should be adopted for efficient use. Furthermore, the aim of this study is to present a proposal for a Healthcare Building Sustainability Assessment (HBSA) method adapted for the Portuguese context and considering the work developed so far in the standardization bodies (CEN and ISO). For this, the chosen methodology is analysed and compared the most relevant building sustainability assessment tools in the context of healthcare buildings.

Keywords: HBSA; CEN; ISO; building sustainability assessment tools

RESUMO: O projeto de um ambiente hospitalar requer uma série de preocupações com a satisfação e bem-estar da equipa de trabalho, paciente e administradores, possui uma forte responsabilidade social e impacto na cidade. Devido às diversas exigências de projeto verifica-se que estes edifícios não são concebidos e utilizados de forma sustentável, isto porque ainda não existe um método eficaz de apoio aos projetistas que lhes permita introduzir conscientemente medidas nesse sentido. Consequentemente, estes não sabem quais os melhores parâmetros a seguir e os seus gestores não estão a par das medidas que devem adoptar para uma utilização eficiente. Neste contexto, o objetivo deste estudo é apresentar uma proposta de metodologia de avaliação da sustentabilidade de edifícios de saúde portugueses, considerando o trabalho desenvolvido até então pelas normas ISO e CEN. Assim, a metodologia escolhida para alcançar os resultados apresentados compreende a análise e comparação entre as reconhecidas metodologias de avaliação existentes.

Palavras-chave: HBSA; CEN; ISO; metodologias de avaliação de edifícios.

1 INTRODUÇÃO

O projeto, construção e utilização sustentáveis de um edifício, baseiam-se no equilíbrio entre: as questões ambientais (relacionadas com os impactes ambientais); as características sociais (conforto dos utilizadores e outros benefícios sociais); e os aspetos económicos (custo do ciclo de vida). Assim, o projeto sustentável de um edifício, analisado como um todo, procura a melhor

compatibilidade possível entre o ambiente construído e o natural, não comprometendo os requisitos funcionais e respetivos custos associados para os quais os edifícios são projetados.

Este objetivo é a base das principais ferramentas de avaliação existentes, assim como dos documentos orientadores que têm vindo a ser desenvolvidos com a finalidade de apoiar tanto as equipas de projeto como as de gestão dos edifícios. Neste contexto, têm surgido várias questões: Será que estas ferramentas consideram as especificidades dos edifícios de saúde? Incorporarão elas, verdadeiramente, os impactes específicos deste tipo de edifícios nas três dimensões do Desenvolvimento Sustentável? Quais são as principais preocupações consideradas na conceção dos reconhecidos casos de estudo? Respostas a estas questões serão apresentadas e discutidas ao longo deste artigo.

2 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DOS EDIFÍCIOS DE SAÚDE

Com o intuito de promover a introdução de práticas sustentáveis no projeto e utilização de edifícios hospitalares, alguns países, corporações e associações têm vindo a publicar diretrizes capazes de orientar esta intenção. De entre elas são de destacar as recomendações para projetos hospitalares que o *Green Building Committee* da *American Society of Healthcare Engineering* (ASHE) publicou em 2002. Pensando em melhorar o meio ambiente, a *American Hospital Association's*, juntamente com a *United States Environmental Protection Agency*, propôs, através dos princípios da arquitetura sustentável, regras para reduzir os resíduos e outros impactes associados aos hospitais (ASHE, 2002).

Nessas recomendações, a ASHE propõe um desenvolvimento arquitectónico e construtivo capaz de melhorar as preocupações a nível da saúde em três escalas (ASHE, 2002):

- proteção da saúde de todos os utilizadores dos edifícios;
- proteção da saúde da comunidade vizinha;
- proteção da saúde da comunidade global e dos recursos naturais.

Neste sentido, há um número significativo de metodologias de avaliação da sustentabilidade, orientadas para o sector da construção, que têm como foco a construção nova, os edifícios existentes e/ou a reabilitação e restauro dos mesmos. Dentro destas metodologias, alguns sistemas têm vindo a orientar-se também para o sector da saúde, procurando desenvolver ferramentas específicas para a avaliação desta tipologia de edifícios. Analisando o estado da arte destas metodologias, é possível ressaltar as seguintes, pela sua maior presença e afirmação a nível mundial: BREEAM New Construction; LEED for Healthcare; Green Star – Healthcare; and CASBEE for New Construction.

É ainda de acrescentar que a realidade desta tipologia de edifícios varia de continente para continente e até mesmo de país para país. No entanto sabe-se que na Europa, aproximadamente 10% do PIB de cada país é utilizado em edifícios orientados para os cuidados médicos e, de acordo com os dados de 2008, estes edifícios acabam por contribuir com, pelo menos, 5% das emissões totais de CO₂ dos países da União Europeia (Vaquero, 2013). Por sua vez, nos E.U.A., o setor hospitalar foi responsável pelo gasto de 5,5% do total da energia consumida pelo setor comercial, em 2007, o qual aumentou relativamente a 2003 onde o consumo era de 4,3%, de acordo com *U.S: Energy Information Administration* (Pentland, 2012). Desta forma, a relevância da existência e aplicação destes sistemas de avaliação é cada vez maior, uma vez que este é um setor em constante evolução e que por consequência se encontra com cada vez mais peso no que respeita ao impacte ambiental das construções em geral.

2.1 Caracterização das metodologias de avaliação existentes

As metodologias de avaliação da sustentabilidade em análise, apresentam no geral uma estrutura semelhante. São todas compostas por categorias (as quais identificam as principais

áreas de avaliação), e indicadores (que possibilitam a avaliação do comportamento das soluções escolhidas perante os objetivos do conceito de desenvolvimento sustentável) que permitem fazer a avaliação e ponderação de cada ponto que se considera relevante para a avaliação da sustentabilidade da construção dos edifícios hospitalares.

Segundo Lee (Lee et al., 2002) a estrutura é a base de todos os sistemas de avaliação, uma vez que é esta que estabelece e permite ponderar a classificação final do desempenho global do edifício. No entanto, ainda não existe unanimidade no que diz respeito à ponderação feita nestes sistemas de avaliação. Assim, cada sistema de avaliação da sustentabilidade considera no cálculo do desempenho global um diferente sistema de pesos para a ponderação do desempenho obtido ao nível de cada indicador de sustentabilidade.

Na Figura 1 apresentam-se os diferentes pesos atribuídos a cada uma das categorias de sustentabilidade pelas metodologias em análise. No que respeita às metodologias BREEAM New Construction, LEED for Healthcare e Green Star – Healthcare, estas apresentam para além de uma estrutura semelhante, um sistema de ponderação de pesos idêntico, embora o peso atribuído a cada categoria seja diferente. Quanto à metodologia CASBEE for New Construction – Hospitals, não é possível compará-la com as outras metodologias uma vez que os dois principais grupos de indicadores [qualidade ambiental do edifício (*Q*) e impacto ambiental do edifícios (*LR*)] não têm correspondência nas outras metodologias. Adicionalmente, o peso final destas duas categorias varia de acordo com as pontuações atribuídas aos indicadores intermédios.

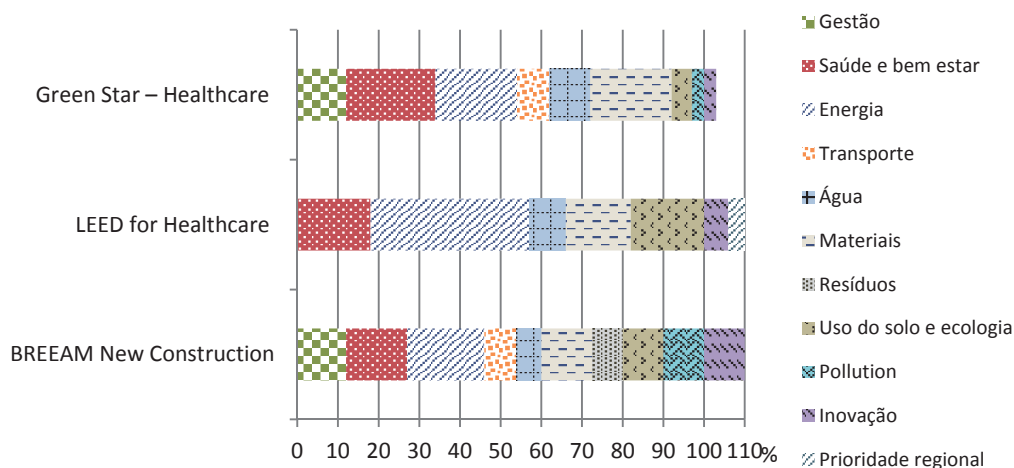


Figura 1. Distribuição de pesos nas metodologias de avaliação BREEAM New Construction, LEED for Healthcare e Green Star – Healthcare.

As metodologias BREEAM New Construction e Green Star – Healthcare aproximam-se quanto às categorias de sustentabilidade que contemplam. No entanto, em termos de ponderação (sistema de pesos), esta última tende a assemelhar-se ao LEED for Healthcare, onde as categorias “Energia” e “Saúde e bem-estar” contêm mais de 50% dos créditos, enquanto que estas mesmas categorias no BREEAM New Construction apresentam um peso de 30%. Por sua vez, a metodologia BREEAM New Construction destaca-se por possuir uma distribuição mais equilibrada dos pesos e por conter um maior número de categorias de sustentabilidade principais, seguida do Green Star – Healthcare.

Nas metodologias LEED for Healthcare e Green Star – Healthcare é ainda de ressaltar a existência de duas categorias (Inovação e Prioridade Regional), que permeiam o nível de inovação incorporado no projeto e a prioridade regional dada a cada uma das restantes categorias. Isto é, estas duas categorias permitem um reconhecimento adicional para um edifício que inove no campo do desenvolvimento sustentável e se preocupe com a promoção e sustentabilidade da região apresentando um desempenho acima e além do nível que é atualmente reconhecido e

recompensado pela metodologia em questão. A satisfação dos indicadores desta categoria permite um aumento de 10% no resultado da avaliação global do edifício (Figura 1).

2.2 Normas existente e em desenvolvimento

Nos últimos anos a *International Organization for Standardization* (ISO) e o *European Committee for Standardization* (CEN) têm vindo a tentar estabelecer uma definição para o conceito de “construção sustentável”. Como resultado existem várias normas já publicadas por ambos: ISO 15392; ISO/IEC TS 17021-4; ISO 20121; ISO 21929-1; ISO 21930; ISO 21931-1; ISO/TR 21932; EN 15643; EN 15942; EN 15804; EN 15978; e prEN 16309.

Analisando estas normas é possível concluir que construção sustentável não significa apenas melhorar e defender o meio ambiente mas também promover e estabilizar o equilíbrio entre este e os aspectos sociais e económicos. Neste contexto, na Tabela 1 apresenta-se a relação entre as categorias definidas pelas metodologias acima referidas e estudadas e as três dimensões da sustentabilidade (e os seus potenciais impactes), de acordo com a divisão proposta pela norma ISO/AWI 21929 (ISO TS, 2010).

Tabela 1 . Relação entre os potenciais impactes determinados pela norma ISO/AWI 21929 e as principais categorias definidas pelas metodologias de avaliação da sustentabilidade dos edifícios de saúde estudadas

Principais categorias	Potenciais impactos							
	Ambiental		Económica			Social		
	Alteração/ Deterioração	Utilização/ Delapidação de recursos	Valor económico	Produti vidade	Saú de	Satisfaç ão	Equida de	Valor cultural
Gestão	2	3		3		2		
Saúde e bem-estar			4	4	4	4		
Qualidade dos serviços		1	1		1	1	1	
Energia	2	1						
Transporte	2	2	3		3	3	3	
Água		2	4					
Materiais	3	4						
Resíduos		3						
Uso do solo e ecologia	4	4				2		
Poluição	4							

Nota: 1: 1 metodologia; 2: 2 metodologias; 3: 3 metodologias; 4: 4 metodologias.

Tendo por base os resultados apresentados na Tabela 1, é possível concluir que a dimensão ambiental é a que possui maior peso e presença em todas as categorias. Por sua vez, é ainda possível ressaltar que estas quatro metodologias consideram de forma diferente as três dimensões do desenvolvimento sustentável.

3 PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE NOS EDIFÍCIOS DE SAÚDE

O processo de definição dos benefícios (para a organização e comunidade) resultantes da introdução das práticas sustentáveis de projeto no sector da saúde, continua a ser um desafio. Assim, torna-se importante que estes benefícios sejam definidos e quantificados, assim como comunicados e rapidamente compreendidos por todos os intervenientes do sector.

Os benefícios resultantes da aplicação de práticas sustentáveis que visem a “eficiência” e “redução” são geralmente mal interpretados pelos utilizadores dos edifícios de saúde, uma vez que este sector trata das pessoas e da sua qualidade-de-vida e bem-estar (Guenther & Vittori, 2013). Paralelamente, as organizações de saúde têm vindo a reunir esforços, no sentido de se

alcançarem e explicarem os benefícios sociais da implementação destas estratégias de redução do impacto ambiental destes edifícios. Inúmeras organizações e edifícios de saúde têm vindo a ser reconhecidos pelas suas iniciativas: tratamento de resíduos hospitalares; programas de reciclagem; programas de melhoria do impacto ambiental que têm reflexo nas comunidades vizinhas; redução do consumo de energia; redução do consumo de água; etc.

Assim, neste contexto, é fundamental promover o diálogo entre os princípios fundamentais de projeto desta tipologia de edifícios e as estratégias de introdução de práticas sustentáveis na indústria de saúde. A maior distinção que se pode fazer sobre estes dois conceitos é que: os princípios fundamentais de projeto são fruto da investigação focada nas preocupações médicas e no objetivo definido para cada espaço de trabalho que incorpora as recomendações de ambiente controlado que este tipo de edifícios deve manter; por seu lado, as práticas sustentáveis de projeto são um processo em desenvolvimento que definem um determinado número de critérios para melhoria do impacto ambiental do edifício, com base em considerações, normas e estudos que estão em constante desenvolvimento (Hamilton, 2006). As estratégias tomadas pela implementação das práticas sustentáveis de projeto têm em consideração a saúde pública, a comunidade e as preocupações sociais.

Robert e Guenther definem como *“Triple Bottom Line for Health”* o entendimento feito pelo sector da saúde acerca da sustentabilidade dos edifícios e da sua exequibilidade e que assenta nos três seguintes pilares (Roberts & Guenther, 2006): desempenho económico; desempenho ambiental; e desempenho social/ético do sucesso de cada unidade de atendimento de saúde. Esta é a base das mais reconhecidas ferramentas de avaliação da sustentabilidade que têm vindo a ser desenvolvidas com o propósito de reconhecer as organizações e os projetistas que têm em conta estas preocupações nas suas intervenções. Contudo, estas considerações aumentam de complexidade quando se acrescentam os interesses da comunidade e da população que podem induzir à ineficácia ou aplicação incorreta das mesmas. Neste sentido, a indústria de saúde deve fazer um esforço para incorporar não só as exigências técnicas dos hospitais, dos pacientes e do ambiente, como também da comunidade como um todo.

Shepley and Baum (2009b) têm estudado os conflitos existentes entre os dois seguintes conceitos: Eco-Effective Design (EED); Evidence-Based Design (EBD). Embora os seus princípios possam estar assentes nas mesmas bases e numa mesma estrutura, existem conflitos entre estes dois conceitos que se prendem, por exemplo, com a conceção e construção de quartos maiores para os pacientes (Baum, Shepley, Rostenberg, & Ginberg, 2009b). Por um lado, esta opção pode aumentar o conforto do paciente, possibilitando-lhe mais espaço e melhores condições. Por outro lado, este aumento de área levará a uma maior utilização de recursos construtivos, aumentará o consumo de água e energia para possibilitar uma boa iluminação e refrigeração ou aquecimento do ar. Assim, mais de 50% de especialistas em EED e EBD defendem que estes dois conceitos devem caminhar juntos e com um mesmo objetivo, promovendo-se e complementando-se (Baum & Shepley, 2009).

3.1 O processo arquitectónico

As mais reconhecidas iniciativas de desempenho ambiental que cedo se fizeram notar, focaram-se especialmente na preocupação com a redução do consumo de energia. Assim, diferentes instituições e iniciativas governamentais desenvolveram ferramentas e diretrizes orientadas para este problema.

Nos anos 80 e 90 do século XX, algumas destas iniciativas começaram a incorporar preocupações sustentáveis, no que diz respeito à indústria de construção, e em 1993 o *UIA/AIA World Congress for Architects* concluiu que era um desafio prioritário para os profissionais de arquitetura porem em prática os princípios da sustentabilidade nos seus processos de projeto (Guenther & Vittori, 2008).

No ano 2000 muitas das iniciativas passaram a incorporar práticas sustentáveis de projeto como a base e fundamento do pensamento do processo arquitectónico e projetual. Em 2005 o *American Institute of Architects* (AIA), estabeleceu a posição mais firme relativamente às responsabilidades dos profissionais de arquitetura, defendendo que estes deveriam alterar as ações dos processos de projeto e trabalharem juntamente com os clientes para que se conseguisse alterar o atual paradigma entre o processo de projeto e de utilização de um edifício (Hamilton, 2006).

O projeto sustentável requer uma verdadeira revolução na maneira de pensar o projeto de um edifício, por isso torna-se fundamental que esta transformação, a qual atravessa todas as fases do ciclo de vida de um edifício, seja refletida na fase inicial do projeto de arquitetura, essencialmente na fase de organização e conceção espacial.

Se o projeto de arquitetura deve conter as necessidades específicas dos pacientes e utilizadores de um edifício hospitalar, as preocupações ambientais e gerar sinergias entre todos os intervenientes no processo de construção de um edifício desta tipologia, então estes princípios deverão ser considerados nas ferramentas de avaliação da sustentabilidade dos edifícios de saúde. Isto torna-se essencial para apoiar os profissionais que desenvolvem estes projetos, a fim de os apoiar desde a fase inicial de pensamento do projeto de arquitetura e também para reconhecer os esforços que foram desenvolvidos no sentido de construção de um edifício mais sustentável.

Michael Lerner (2000) lançou a seguinte questão: “A questão é se os profissionais de saúde estão a começar a reconhecer as consequências ambientais das nossas ações e com vontade de colocar esta casa em ordem?” (Roberts & Guenther, 2006). Esta não é uma pergunta trivial, mas sim a base de todas as outras questões que possam ser levantadas em torno desta mesma preocupação. Com base neste princípio, a Figura 2 ilustra a relação entre a saúde humana, o tratamento médico e a poluição ambiental que afeta diretamente a missão da indústria de cuidados de saúde.

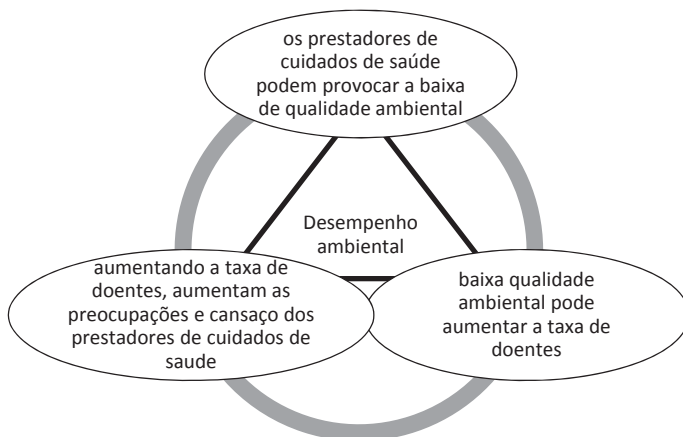


Figura 2. Relação existente entre poluição ambiental e cuidados de saúde (Roberts & Guenther, 2006).

3.2 Sustainable-Effective Design versus Evidence-Based Design

A relação entre os dois conceitos já anteriormente apresentados, EBD e EED, tem vindo a ser discutida, estudada e apresentada, conforme literatura revista (Baum, Shepley, Ginberg, & Rostenberg, 2009a; Guenther & Vittori, 2013). No entanto, pode dizer-se que no conceito de EED não cabem todas as preocupações inerentes ao conceito de construção sustentável. Assim, torna-se fundamental a introdução de um novo conceito, *Sustainable-Effective Design* (SED), capaz de refletir todas as questões que devem ser tidas em conta nas metodologias de avaliação da sustentabilidade dos edifícios hospitalares. A maioria dos estudos que se focam no conceito EED procuram uma resposta para a conceção de um edifício com o mínimo impacte ambiental

possível, para que seja gerado um “*healing environment*”. Tendo em conta este contexto, a Tabela 2 reflete as sinergias e conflitos entre as estratégias apontadas e defendidas pelo conceito EBD e as principais categorias das metodologias de avaliação da sustentabilidade em estudo neste artigo.

Tabela 2. Relação existente entre os princípios defendidos pelo conceito EBD e as principais categorias das metodologias de avaliação da sustentabilidade dos edifícios hospitalares (Castro, Mateus, & Bragança, 2014).

Principais Categorias	Princípios EBD				
	Saúde, segurança e bem-estar do paciente	Saúde, segurança e bem-estar dos profissionais	Eficiência operacional	Tecnologia	Flexibilidade ao longo do ciclo-de-vida
Gestão	4	4	3	3	3
Saúde e Bem-estar	4	4	3	4	3
Qualidade dos serviços	4	4	4	4	4
Energia	3	3	2	2	
Transporte	2	2	3	1	3
Água	1	2	2	1	2
Materiais	2	2	3	4	4
Resíduos	4	4	3	3	3
Uso do solo e ecologia	3	3	3	2	2
Poluição	4	4	4	3	3

Nota: 1: conflito; 2: possibilidade de conflito; 3: possibilidade de sinergia; 4: sinergia.

Salvo raras exceções, como as categorias “Água” e “Transporte”, todas as restantes categorias estão intrinsecamente relacionadas com as estratégias defendidas pelo conceito EBD. A maior parte das categorias apresentam possibilidade de sinergia ou total sinergia com os princípios defendidos pelo conceito EBD, sendo de realçar a categoria “Qualidade dos Serviços” como a que apresenta total sinergia com todos os princípios defendidos.

Para um melhor entendimento desta relação, todos os indicadores de cada categoria deveriam ser tidos em conta numa análise comparativa como a da Tabela 2, a fim de se compreender quais os indicadores que seguem a par ou não com os princípios defendidos pelo EBD. Da mesma forma, as melhores práticas do EBD deveriam ser tidas em conta nesta análise. Assim, é importante salientar que se torna importante ter em conta estas sinergias e conflitos para melhorar a realidade entre estas duas realidades, a fim de se começar a pensar no conceito SED como aglutinador de todos estes princípios.

Um dos objetivos destas metodologias é ajudar as equipas projetistas na fase de projeto e construção. Assim, a combinação entre os princípios defendidos pelo conceito EBD e as estratégias do conceito EED, é importante para se conseguir alcançar os indicadores que poderão enquadrar o conceito SED a fim de este ser claramente considerado nas metodologias de avaliação da sustentabilidade em constante desenvolvimento.

4 O PROCESSO ARQUITETÓNICO

Não existe uma simples resposta que se possa dar à seguinte pergunta: “O que faz um edifício de saúde ser sustentável?”. Isto acontece porque a sustentabilidade não é um conceito que se possa medir e qualificar facilmente (Mateus, 2009). No entanto, as metodologias de avaliação

da sustentabilidade tentam ajudar a encontrar uma resposta cada vez mais clara para esta pergunta. Assim, elas necessitam de ser o mais abrangentes possível, mas também ser simultaneamente fáceis de entender e de serem usadas.

Tabela 3. Metodologia de avaliação da sustentabilidade de edifícios de saúde portugueses – estrutura proposta

Dimensões	Categorias	Indicadores
Ambiental	Alterações climáticas e qualidade do ar exterior	Impacte ambiental associado ao ciclo de vida dos edifícios
	Uso do solo e biodiversidade	Densidade Urbana
		Reutilização de solo previamente edificado ou contaminado
		Uso de plantas autóctones
	Energia	Seleção do local
		Efeito de ilha de calor
		Energia primária não renovável
		Energia primária renovável
		Energia produzida localmente
	Materiais e resíduos sólidos	Energia elétrica
Reutilização de materiais		
Utilização de materiais reciclados		
Recurso a materiais certificados		
Uso de substitutos de cimento no betão		
Recurso à utilização de materiais locais		
Materiais de acabamento		
Condições de armazenamento de resíduos sólidos durante a fase de utilização do edifício		
Resíduos de Construção		
Utilização de mercúrio		
Água	Mobiliário	
	Consumo de água	
	Reutilização de água não potável	
	Tratamento de águas contaminadas	
Poluição	Emissão de gases poluentes	
	Monitorização do consumo de energia utilizada para cada fim	
	Monitorização do consumo de energia utilizada por área de utilizador	
Social	Conforto e saúde dos utilizadores	Eficiência da ventilação natural em espaços interiores
		Toxicidade dos materiais de acabamento
		Contaminação microbiana
		Conforto Térmico
		Conforto Visual
		Conforto Acústico
		Qualidade do ar interior
		Qualidade do ambiente interior
		Desenho passivo
		Desenvolvimento local
Acessibilidades	Equipamentos	
	Acessibilidade a transportes públicos	
	Mobilidade de baixo impacte	
	Acessibilidade a amenidades	
Flexibilidade e adaptabilidade espaciais	Acessibilidade espacial	
	Organização espacial e programa interior	
Sensibilização e educação para a sustentabilidade	Adaptabilidade do espaço	
	Formação dos ocupantes	
Qualidade arquitetónica	Implantação e enquadramento	
	Inovação	
Económica	Custos de ciclo de vida	Inovação do desenho de projeto
		Custo de investimento inicial
		Custos de utilização

4.1 Contexto Português

Em Portugal, o Ministério da Saúde realizou, em 2008, um documento que enumera as recomendações e especificações técnicas dos edifícios hospitalares. Neste documento reeditado em 2012 (ACSS, 2012), encontram-se detalhadas diversas especialidades, como a arquitetura, instalações e equipamentos de águas e esgotos, sistemas eléctricos e mecânicos, gestão técnica centralizada, espaços exteriores, gestão integrada de resíduos, manutenção, etc. A par deste tipo de documentos, existem outros regulamentos que especificam as exigências de cada espaço específico ao nível de iluminação, qualidade do ar interior, temperatura, ventilação, etc. No entanto, no que respeita à gestão sustentável da construção hospitalar não existe nenhum documento com força de lei, ou de recomendação.

Em 2013, o Ministério da saúde publicou o “Guia de boas práticas para o setor da saúde”, o qual apresenta-se como um instrumento de promoção da redução do consumo de energia, de água, de produção e gestão de resíduos e a disseminação e promoção de comportamentos que promovam economias de baixo carbono. Este guia pode ser utilizado como uma ferramenta de disseminação e divulgação das melhores práticas a todos os utilizadores dos edifícios de saúde. A ideia foi a de demonstrar medidas que exigem custos muito baixos de investimento e a importância de se começar a introduzir tais preocupações nesta tipologia de edifícios (ACSS, 2013).

5 CONCLUSÕES

Inicialmente estas ferramentas eram apelidadas de “Metodologias de avaliação ambiental dos edifícios”, mas agora torna-se cada vez mais apropriado o termo “ Metodologias de avaliação da sustentabilidade dos edifícios”. Isto tem a ver com a constante evolução e adaptação do conceito de sustentabilidade. Não é possível falar-se atualmente apenas de ambiente sem se pensar nos outros pilares do conceito de Desenvolvimento Sustentável, o social e o económico. É fundamental que estas duas dimensões não se apresentem apenas em *background*, mas sim que assumam presença no desenvolvimento destas metodologias. Assim, a forma de pensar nos projetos de saúde começa a alterar-se, uma vez que as questões ligadas à sustentabilidade não podem mais ser pensadas como mais uns parâmetros a considerar no pensamento de projeto, mas sim devem estar intrínsecos a todas as exigências que compõe o projeto de um edifício hospitalar. É por isso que se torna importante falar de *Sustainable-Effective Design* (SED) e não apenas de *Evidence-Based Design* (EBD) ou *Eco-Effective Design* (EED). Por seu lado as metodologias de avaliação específicas para edifícios hospitalares devem ser cada vez mais específicas e abarcarem as necessidades desta tipologia de edifícios, ao invés de serem apenas adaptações das metodologias gerais para novas construções.

Assim, reforça-se a importância do desenvolvimento da metodologia de avaliação da sustentabilidade apresentada neste artigo. Com este propósito, defende-se que o estudo e investigação no ramo das metodologias de avaliação para edifícios hospitalares deveriam estar focados em encontrar o melhor processo de avaliação (que terá de ser um misto entre avaliação qualitativa e quantitativa) e quais os parâmetros que devem ser presentes à avaliação para cada indicador proposto.

REFERÊNCIAS

Administração Central do Sistema de Saúde-ACSS. 2012. Recomendações e especificações técnicas do Edifício Hospitalar. 2011 ed.: 1–86. Lisboa: ACSS - Administração Central do Sistema de Saúde.

Administração Central do Sistema de Saúde-ACSS. 2013. Guia de boas práticas para o sector da saúde. (Ministério da Saúde) 1st ed.:1–30. Lisbon: ACSS- Administração Central do Sistema de Saúde.

ASHE. 2002. Green healthcare construction guidance statement : 1–7. ASHE.

- Baum, M.; Shepley, M. 2009. Eco-Effective Design & Evidence-Based Design :1–63. Presented at the Cleanmed.
- Baum, M., Shepley, M., Ginberg, R., Rostenberg, B. 2009a. Eco-Effective Design and Evidence-Based Design: Perceived Synergy and Conflic. 2: 56–70 Herd.
- Baum, M., Shepley, M., Rostenberg, B., & Ginberg, R. 2009b. Eco-Effective Design and Evidence-Based Design: Removing Barriers to Integration 1st ed.:1–49. San Francisco: AIA Board Knowledge Committee.
- Castro, M. F., Mateus, R., & Bragança, L. 2014. Proposal for a Healthcare Building Sustainability Assessment (HBSA) Method 1st ed., Vol. 1. : 1–7. In World SB14-Barcelona. Barcelona.
- Guenther, R., & Vittori, G. 2008. Sustainable healthcare architecture 1st ed. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- Guenther, R., & Vittori, G. 2013. Sustainable healthcare architecture 2nd ed.. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- Hamilton, K. 2006. Four Levels of Evidence-Based Practice. In *AIA Journal of Architecture*: 1–2.
- International Organization for Standardization-ISO. 2010. ISO/AWI 21929, Building Construction – Sustainability in Building Construction – Sustainability Indicators - Part 1 - Framework for the development of indicators for buildings and core indicators 2010 ed.: 1–31. Geneva: ISO.
- Lee, W. L., Chau, C. K., Yik, H, F. W., Burnett, J., & Tse, M. S. 2002. On the study of the credit-weighting scale in a building environmental assessment scheme. In *Building and Environment*, 37: 1385–1396.
- Mateus, R. 2009. Avaliação da Sustentabilidade da Construção. Guimarães: Escola de Engenharia da Universidade do Minho.
- Pentland, W. 2012. Heal Thy Self: U.S. Hospitals Are Huge Energy Hogs. In *Forbes*. <http://www.forbes.com/sites/williampentland/2012/08/20/u-s-hospitals-are-huge-energy-hogs-better-light-bulbs-are-not-the-solution/> Accessed on October 17, 2013,
- Roberts, G., & Guenther, R. 2006. Environmental Responsible hospitals. In S. Marberry, *Improving healthcare with better building design* 1st ed.: 81–107 Chicago: Health Administration Press.
- Vaquero, P. 2013. Edifícios de saúde: Qual o caminho para a eficiência energética? In A. Malheiro. *Tecno Hospital – Revista De Engenharia E Gestão Da Saúde*, 58: 18–20.

Desempenho Económico de Edifícios: Desenvolvimento de Metodologia Avaliação Segundo a prEN 16627:2013

Domingos Ribas

Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Viana do Castelo, Portugal
dribas@estg.ipv.pt

Miguel Morais

Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro, Portugal
miguelmorais@ua.pt

Paulo Cachim

Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro, Portugal
pcahim@ua.pt

ABSTRACT: The European Standard prEN 16627:2013 describes the process of decision-making and documentation of the assessment of economic performance of a building within the concept of sustainability assessment of buildings. It specifies the calculation method, based on a life cycle assessment (LCA) to evaluate the economic performance of a new or existing building. The purpose of this article is to present an innovative approach for the development of a methodology to systematically assess the economic performance of a building within the sustainability framework, based on a LCA, according to the rules defined in prEN 16627:2013. The methodology follows the principle of modularity, where aspects and impacts that influence the economic performance of the building during the stages of its life cycle (namely, before use, use and end of life) are assigned to categories of each module of the life cycle in which they occur within the respective stage.

Keywords: Economic performance, Economic, Sustainability, Life Cycle

RESUMO: O projeto de Norma Europeia prEN 16627:2013 descreve o processo de tomada de decisão e documentação da avaliação do desempenho económico de um edifício dentro do conceito de avaliação da sustentabilidade de edifícios. Especifica o método de cálculo, com base na análise de ciclo de vida (ACV) para avaliar o desempenho económico de um edifício novo ou existente. É objetivo deste artigo apresentar uma abordagem inovadora para o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação sistemática do desempenho económico de um edifício dentro do conceito sustentabilidade, com base na análise do ciclo de vida (ACV), conforme as regras estabelecidas na prEN 16627:2013. A metodologia segue o princípio de modularidade, onde os aspetos e impactos que influenciam o desempenho económico do edifício durante as etapas do seu ciclo de vida, nomeadamente, a etapa anterior à utilização, etapa de utilização e a etapa de fim de vida, são atribuídos às categorias de cada módulo do ciclo de vida em que eles ocorrem dentro da respectiva etapa.

Palavras-chave: Desempenho económico, Económico, Sustentabilidade, Ciclo de Vida

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de avaliação e certificação da sustentabilidade de edifícios têm um papel importante no projeto, construção, utilização, manutenção e desmantelamento de um edifício que se pretenda sustentável, pois promovem e tornam possível uma melhor integração entre os aspetos ambientais, sociais e económicos com outros critérios tradicionais de decisão (Mateus, 2009).

A Norma prEN 16627:2013 - prEN 16627:2013 - Sustentabilidade das obras de construção – Avaliação do desempenho económico de edifícios – Método de cálculo, veio dar um importante contributo para o processo de tomada de decisão e documentação na avaliação de desempenho económico de um edifício e proporciona o desenvolvimento do conhecimento dos impactes económicos e a valorização da dimensão económica no âmbito da sustentabilidade na construção, tendo como base a análise do ciclo de vida do edifício.

A metodologia MAEP-RB (Methodology of Assessment of Economic Performance - Residential Buildings) apresentada neste artigo faz parte de um trabalho de investigação em curso e pretende dar um contributo para a avaliação do desempenho económico de edifícios residenciais e simultaneamente para a avaliação da sua sustentabilidade económica.

1.1. Estado da arte

Atualmente, muitos países europeus, bem como os Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong, possuem um sistema de avaliação e classificação de desempenho ambiental de edifícios. O Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) (Baldwin, 1998), foi pioneiro e lançou as bases de todos os sistemas de avaliação orientados para o mercado que seriam posteriormente desenvolvidos em todo o mundo, como o HK-BEAM, do LEEDTM, CSTB ESCALE e o CASBEE (Silva, 2003). Estes sistemas foram desenvolvidos para serem facilmente absorvidos por projetistas e pelo mercado em geral. Outros métodos são mais orientados para a investigação, como o Building Environmental Performance Assessment Criteria (BEPAC) (Cole, 1993) e seu sucessor, o Green Building Challenge-GBC (Cole, 2000), centrados no desenvolvimento metodológico e fundamentação científica.

O objetivo dos métodos anteriormente referidos é a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios. O único sistema que vai além da avaliação de desempenho ambiental é o GBC, que procura estimar o custo envolvido na obtenção de um determinado nível de desempenho ambiental, com a intenção de (1) estimular o emprego de métodos de valoração no longo prazo e de (2) reunir dados para desmistificar o pré-conceito de que edifícios com melhor desempenho ambiental são muito mais caros do que um edifício comum. No entanto, o desempenho económico é balanceado no mesmo nível do que as diversas subcategorias de desempenho ambiental (Silva, 2003).

Em Portugal, o sistema LiderA assenta no conceito de reposicionar o ambiente na construção, na perspetiva da sustentabilidade, assumindo-se como um sistema para liderar pelo ambiente (Pinheiro, 2008) enquanto o sistema Sustainable Building Tool (SBTool^{PT}-H) (Mateus, 2011) contempla as três dimensões da sustentabilidade, posicionando-as no mesmo nível hierárquico.

1.2. Enquadramento normativo Europeu

A metodologia de avaliação desenvolvida teve como ponto de partida os princípios e os requisitos específicos para a avaliação do desempenho económico de edifícios, no âmbito da sustentabilidade de edifícios, fornecidos essencialmente pelas seguintes normas Europeias:

- EN 15643-1:2010 - Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação da sustentabilidade dos edifícios - Parte 1: Enquadramento geral;
- EN 15643-4:2012 - Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação da sustentabilidade dos edifícios - Parte 4: Enquadramento para a avaliação do desempenho económico;
- prEN 16627:2013 - Sustentabilidade das obras de construção – Avaliação do desempenho económico de edifícios – Método de cálculo.

2. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA MAEP-RB

2.1. Definição

Este trabalho apresenta uma metodologia para avaliação do desempenho económico de edifícios residenciais no âmbito da sustentabilidade na construção como base na análise do ciclo de vida (ACV).

As Normas Europeias EN 15643-4:2012 e prEN 16627:2013 elaboradas pelo Comité Técnico CEN/TC 350 “Sustainability of construction works”, contemplam três etapas do ciclo de vida de um edifício, Etapa anterior à utilização, Etapa de utilização e Etapa fim de vida. Na metodologia apresentada, a avaliação do desempenho económico do edifício incidiu exclusivamente sobre a etapa anterior à utilização, quantificando os aspetos e impactos económicos que estão diretamente ligados aos processos e operações necessários à construção do edifício, utilizando indicadores quantitativos e qualitativos, os quais são medidos sem juízo de valor, permitindo a comparação de resultados entre avaliações de edifícios com o mesmo equivalente funcional.

O desenvolvimento desta metodologia para avaliar o desempenho económico (MAEP-RB) baseia-se nos objetivos seguintes:

- Contribuir para o desenvolvimento da dimensão económica no âmbito da sustentabilidade;
- Criar uma metodologia de avaliação sistemática do desempenho económico de um edifício de habitação dentro do conceito sustentabilidade, como base na ACV, conforme o estabelecido na prEN 16627:2013;

Para desenvolver MAEP-RB, serão realizadas as seguintes etapas:

- Seguir o princípio de modularidade, onde os aspetos e impactos que influenciam o desempenho económico do edifício durante as etapas do seu ciclo de vida nomeadamente da etapa anterior à utilização, são atribuídos a cada módulo do ciclo de vida em que eles ocorrem dentro da respectiva etapa.
- Estruturar um modelo de custos na construção de edifícios residenciais baseado na hierarquização da divisão das camadas do edifício em, sistemas, elementos, componentes e subcomponentes, que permita criar uma base de dados, onde os custos dos recursos de cada subcomponente são desagregados.
- Desagregar os resultados da avaliação do desempenho económico de edifício em vários níveis, ou seja, ao nível global do ciclo de vida do edifício, de cada etapa, de cada módulo, e de cada indicador económico.
- Desenvolver parâmetros que permitam avaliar cada indicador económico previsto na prEN 16627:2013 de forma objetiva.
- Desenvolver uma aplicação informática, que permita a criação de uma base de dados, adaptada aos objetivos perseguidos e efetue a avaliação do desempenho económico.

A metodologia MAEP-RB foi desenvolvida com o objetivo de permitir a avaliação do comportamento de um edifício durante a fase de conceção, isto é, tendo por base o comportamento previsto para a totalidade do ciclo de vida do edifício. É aconselhável que a avaliação seja realizada nas fases preliminares de um projeto de construção para que, desde o início, se possa estimar o desempenho económico do edifício e introduzir medidas que permitam melhorar o seu desempenho. Os resultados das avaliações são dados importantes no suporte das tomadas de decisão, pois desta forma as equipas de projeto terão acesso, desde o início, ao desempenho esperado para o edifício a construir, podendo dessa forma avaliar o impacto de certas soluções alternativas. O resultado de uma avaliação pode constituir uma oportunidade para os promotores, utilizadores e projetistas tomarem decisões no sentido da otimização do desempenho económico dos edifícios.

2.2. Fronteiras de avaliação

As fronteiras do sistema seguem o princípio da modularidade, onde os processos que influenciam o desempenho económico do edifício durante o seu ciclo de vida são atribuídos ao módulo do ciclo em que eles ocorrem.

Ao avaliar o desempenho económico na Etapa Anterior à Utilização, os custos associados aos módulos A0 a A5 correspondem aos custos diretos e indiretos que ocorrem dentro da fronteira do edifício, associados à globalidade das fases de conceção e construção de um edifício e definem uma fronteira que limita a área de intervenção desta metodologia de avaliação relativamente ao ciclo de vida do edifício. Para os vários módulos, existirão os seguintes limites:

- Módulo A0, custos ocorridos anterior às etapas de produto e de construção.
- Módulos A1-A3, custos ocorridos na etapa do produto, o custo associado ao produto do “berço ao portão” da fábrica.
- Módulos A4-A5, custos dos materiais desde o portão da fábrica até ao estaleiro e os custos relativos aos processos necessários à construção do edifício.

A figura 1 ilustra a organização dos diferentes módulos utilizados para a avaliação do edifício na etapa anterior à utilização do ciclo de vida do edifício.

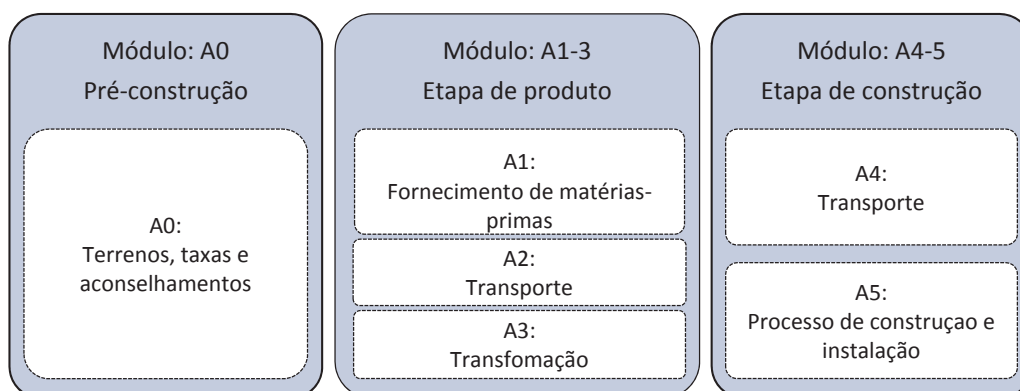


Figura 1. Módulos de informação do ciclo de vida da Etapa anterior à utilização.

A fronteira física utilizada, o edifício, está em conformidade com as normas EN 15643-4:2012 e prEN 16627:2013, incluindo as suas fundações e os arranjos exteriores dentro do perímetro de implantação do edifício, excluindo da avaliação quaisquer construções permanentes fora do perímetro de implantação.

Existe uma interdependência entre os módulos de informação do ciclo de vida, a durabilidade das construções e a vida útil das edificações. Além de a metodologia apresentada avaliar o desempenho económico de um edifício na Etapa Anterior à Utilização, a subdivisão do edifício em “camadas” possibilita a integração das restantes etapas do ciclo de vida, nomeadamente a Etapa de utilização e a Etapa de fim de vida.

Na metodologia MAEP-RB é proposta uma hierarquização da divisão das “camadas” com base na terminologia que tem sido habitualmente utilizada. Os edifícios são subdivididos em, sistema, subsistema, elementos, componentes e subcomponentes. Cada subcomponente será desagregada nos recursos que o constituem, necessários a sua produção, através da criação de uma ficha de rendimento integrada numa base de dados.

Tabela 1. Hierarquização da divisão das camadas dos edifícios (Lista incompleta).

Sistema	Subsistemas	Elementos	Componentes	Subcomponentes
Edifício	Fundações	Contenção periférica	Muros de suporte (...)	Betão Cofragem Armadura
		Fundações diretas	Sapatas (...)	Betão Cofragem Armadura
		Fundações indiretas	Estacas moldadas (...)	Perfuração Armadura Betonagem
	Superestrutura	Elementos verticais	Pilares em betão (...)	Betão Cofragem Armaduras
		Elementos horizontais	Vigas em betão (...)	Betão Cofragem Armadura
	Envolvente	Fachada	Paredes exteriores - Suporte (...)	Alvenaria de tijolo cerâmico Alvenaria de blocos de betão
Cobertura		Cobertura inclinada (...)	Estrutura em madeira Telha cerâmica	
Interior	Compartimentação	Paredes interior -suporte (...)	Alvenaria de tijolo cerâmico Alvenaria de blocos de betão	
	Acessos	Escada - suporte (...)	Madeira	
Instalações	Redes de distribuição	Rede de abastecimento de água (...)	Tubagens em cobre Acessórios Equipamento	

2.3. Estrutura e etapas de avaliação

A metodologia MAEP-RB para avaliar o desempenho económico segue sete passos (ver figura 2):

- 1º Passo: A entrada de dados, ficha do edifício e medições do edifício (designação dos trabalhos e quantidades);
- 2º Passo: Quantificação dos parâmetros;
- 3º Passo: Quantificação ao nível de cada indicador por agregação dos respetivos parâmetros;
- 4º Passo: Quantificação ao nível de cada módulo de informação do ciclo de vida (A0, A1, A2, A3, A4 e A5) por agregação dos respetivos indicadores;
- 5º Passo: Quantificação da Etapas, Pré-construção, Produto e Construção, por agregação dos respetivos indicadores;
- 6º Passo: Quantificação do desempenho económico da Etapa Anterior à Utilização por agregação das Etapas (Pré-construção, Produto e Construção);
- 7º Passo: Comunicação dos resultados de forma gráfica e descritiva.

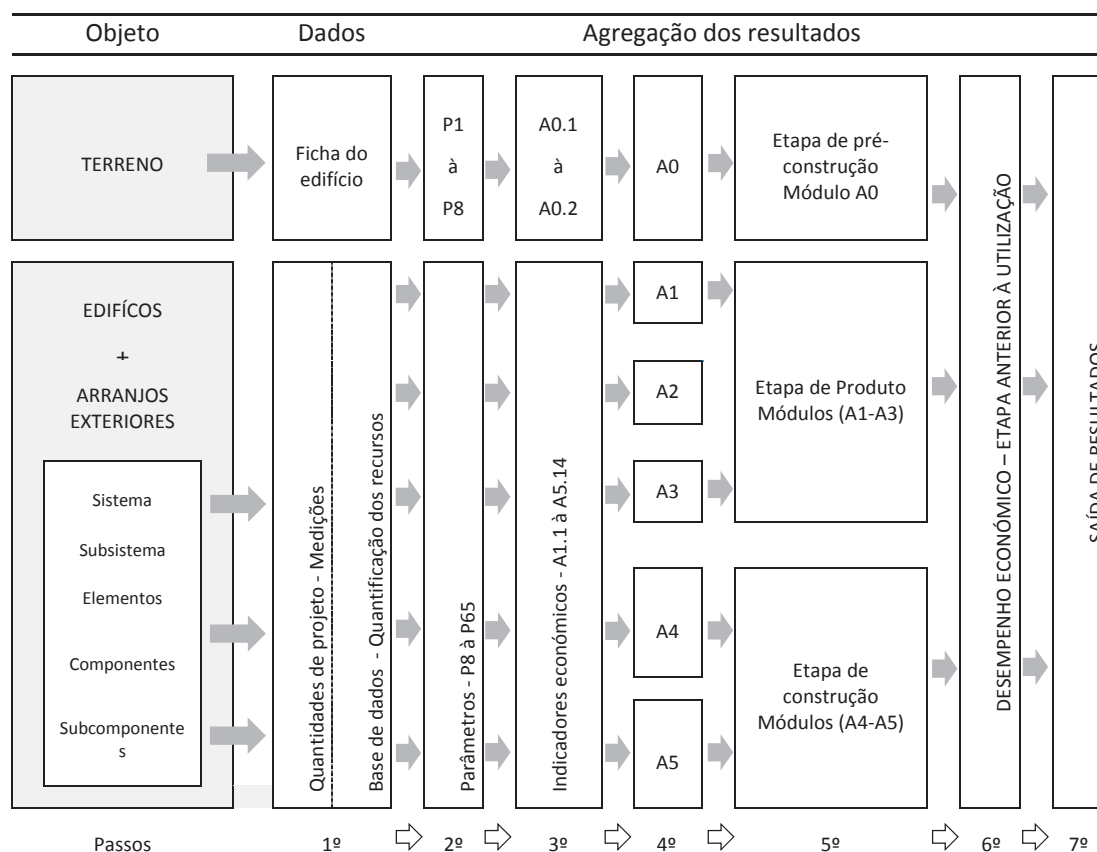


Figura 2. Representação esquemática do processo de avaliação da MAEP-RB.

2.4. Módulos indicadores e parâmetros

Cada módulo de informações do ciclo de vida (A0, A1, A2, A3, A4 e A5) será avaliado por um conjunto de indicadores económicos. Os indicadores económicos serão avaliados por um ou mais parâmetros. A lista inclui 21 indicadores económicos definidos pela prEN 16627:2013, e sua avaliação é baseada em 65 parâmetros que foram definidos para a metodologia MAEP-RB (ver tabela 2).

A subdivisão do edifício efetuada de forma estruturada até ao nível dos subcomponentes (ver tabela 1), tornou possível a individualização de cada recurso aplicado em obra e a sua quantificação (unidades, o comprimento, a área, o peso, o volume, etc..) e valor (custo). Neste estudo, os custos dos materiais utilizados nas fichas de rendimento que integram a base de dados do método, são referentes aos custos dos materiais no portão do estaleiro da obra.

Por exemplo, conhecendo a quantidade e valor de cada tipo e material aplicado em obra, e com a adoção de uma matriz pesos (%), torna-se possível a quantificação do parâmetro P9: Custo das matérias-primas, P10: Custo do transporte da matérias-primas, P11: Custo de transformação das matérias-primas e P12: Custo do transporte do portão da fábrica até ao portão do estaleiro. Tratando-se de diferentes materiais e com matérias-primas, processos de transformação e transporte distintos, os valores percentuais de cada peso serão distintos, sendo o seu somatório igual a unidade.

Tabela 2. Indicadores, módulos e parâmetros da Metodologia MAEP-RB

Etapas	Módulos	Indicadores	Parâmetros
Pré-Construção	A0:Terrenos, taxas associadas e aconselhamento	A0.1:Custo de Compra / aluguer de terreno/edifício existente, taxas e impostos associados	P1: Valor do terreno P2: IMT - Imposto municipal sobre as transmissões onerosas de imóveis P3: IS – Imposto de selo
		A0.2:Honorários de profissionais relacionados com aquisição do terreno	P4: Custos referentes à mediação imobiliária P5: Custos de estudos e viabilidade P6: Custos com acessória jurídica P7: Custos de emolumentos do notário P8: Custos de emolumentos do registo predial
Etapa de Produto	A1:Fornecimento de matérias-primas	A1.1: Custo das matérias-primas	P9: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
	A2:Transporte da matérias-primas	A2.1: Custo do transporte das matérias-primas	P10: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
	A3:Produção	A3.1: Custo de transformação das matérias-primas	P11: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
Etapa de Construção	A4:Transporte	A4.1: Custo de transporte de materiais e produtos da fábrica até ao estaleiro	P12: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
		A4.2: Custo do transporte de equipamento de e para o estaleiro da obra	P13: Percentagem sobre o custo de estaleiro
	A5:Processo de construção e instalação	A5.1:Custo com arranjos exteriores e obras de paisagismo	P14: Custo do movimento de terras P15: Custo de estruturas e vedação P16: Custo das pavimentações P17: Custo das redes hidráulicas P18: Custo da iluminação exterior P19: Custo de equipamentos de lazer P20: Custo de sementeiras e plantações
		A5.2: Custo de armazenamento dos produtos	P21: Percentagem em custo por cada tipo de material utilizado
		A5.3: Custo de transporte dos materiais dentro do estaleiro	P22: Custo dos equipamentos relacionados com a realização dos subcomponentes
		A5.4: Custo de trabalhos temporários necessários a implantação da obra, incluindo fora do estaleiro	P23: Custo de estaleiro, percentual do valor global dos custos diretos
		A5.5: Custo de produção e transformação de um produto dentro do estaleiro	P24: Custo da mão-de-obra. P25: Custo do equipamento P26: Custo do combustível P27: Custo da água
		A5.6: Custo de aquecimento, arrefecimento, ventilação e controlo de humidade no processo de construção	P28: Custo do equipamento P29: Custo da eletricidade
		A5.7: Custo de instalação de produtos dentro da edificação	P30: Custo da mão-de-obra P31: Custo de equipamento P32: Custo de materiais auxiliares
		A5.8: Custo da água para refrigeração e limpeza de máquinas no estaleiro	P33: Custo da água de refrigeração e limpeza
A5.9: Custo de gestão dos resíduos RCD	P34: Custo da triagem dos RCD P35: Custo de acondicionamento dos RCD P36: Valor das taxas		

Tabela 2. Indicadores, módulos e parâmetros da Metodologia MAEP-RB (Continuação)

Etapas	Módulos	Indicadores	Parâmetros
Etapa de Construção	A5: Processo de construção e instalação	A5.10: Custo de transporte de resíduos RCD	P37: Custo de transporte dos RCD
		<p>A5.11: Custos inerentes à dotar o edifício de condições para entrega, pronto a utilizar</p> <p>A5.12: Custo relativos a honorários de profissionais relacionados com a construção</p> <p>A5.13: Custos relativos a impostos, taxas, licenças de construção e inspeções</p>	<p>P38: Custo do ramal de saneamento de águas residuais domésticas</p> <p>P39: Custo do ramal de saneamento de águas residuais pluviais</p> <p>P40: Custo do ramal de abastecimento de água.</p> <p>P41: Custo do ramal de eletricidade</p> <p>P42: Custo do ramal de abastecimento de gás</p> <p>P43: Custo do ramal de telecomunicações</p> <p>P44: Custo de limpeza</p> <p>P45: Honorários da equipa de projeto</p> <p>P46: Honorários de fiscalização</p> <p>P47: Honorários do diretor técnico</p> <p>P48: Honorários da equipa de segurança e saúde no trabalho</p> <p>P49: Taxa de licenciamento</p> <p>P50: Taxa licença de construção</p> <p>P51: Taxa de certificações do projeto de gás</p> <p>P52: Taxa de certificação do projeto térmico</p> <p>P53: Taxa de certificação do projeto elétrico</p> <p>P54: Taxa de verificação do projeto de segurança contra incêndios</p> <p>P55: Taxa de certificação do projeto de telecomunicações</p> <p>P56: Taxa de certificação do projeto de SNS</p> <p>P57: Taxa de certificação da rede de gás</p> <p>P58: Taxa de certificação energética</p> <p>P59: Taxa de certificação rede elétrica</p> <p>P60: Taxa de certificação rede de telecomunicações</p> <p>P61: Taxa de vistoria dos Serviços Municipalizados</p> <p>P62: Taxa de vistoria dos ANPC</p> <p>P63: Taxa de vistoria do SNS</p> <p>P64: Taxa do IVA</p>
		A5.14: Incentivos ou subsídios	P65: Valor do incentivo

Outros parâmetros são obtidos diretamente da “Ficha do Edifício” e não quantificados a partir da base de dados do método. A “Ficha do edifício” contém informações sobre o imóvel (valor da transação do terreno, valor patrimonial, localização, área de construção) e sobre os profissionais que intervieram na aquisição do imóvel (mediadores imobiliários, apoio técnico e apoio jurídico), transmitidas pelo Dono-de-obra, dado tratar-se de valores subjetivos dependentes da negociação direta entre o Dono-de-obra e um terceiro. Como por exemplo os parâmetros; P1: Valor do terreno, P4: Valor dos custos referentes à mediação imobiliária; P5: Valor dos custos inerentes à estudos e viabilidade; P6: Valor dos custos com assessoria jurídica1; P7: Valor dos custos referentes à emolumentos do notário.

2.5. Comunicação dos resultados

De acordo com a prEN16627:2013, a comunicação dos resultados da avaliação do desempenho económico da Etapa anterior à utilização conterà a seguinte informação:

- Comunicação dos resultados da avaliação por indicador económico, por módulo, por etapas e pela Etapa anterior à utilização, sem aplicação de qualquer taxa de juro;
- Agregação dos custos aos vários níveis do ciclo de vida;
- Apresentação gráfica e em lista dos resultados da avaliação.

Exemplifica-se, nas figuras 3 a 5, a apresentação gráfica dos resultados de uma avaliação do desempenho económico de um edifício residencial com a área bruta de construção de 2117 m², constituído por cave rés-do-chão+3 pisos, composto por 24 fogos. O custo do terreno foi 204.000,00€ e a comissão imobiliária 5%. Valor total da construção 1.862.848,00 €.

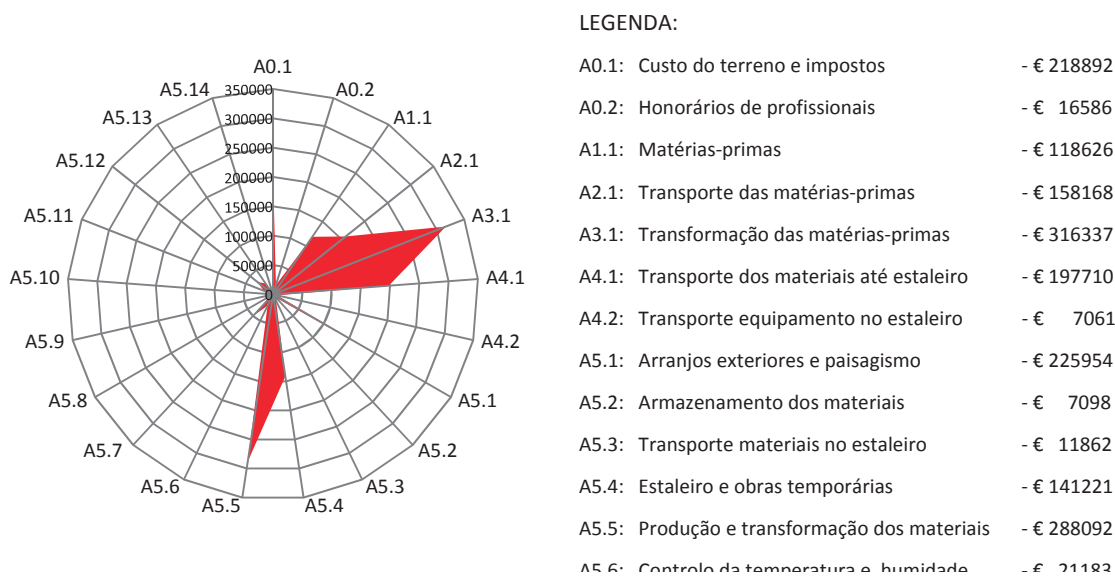


Figura 3. Desempenho económico – Agregação dos custos ao nível dos indicadores

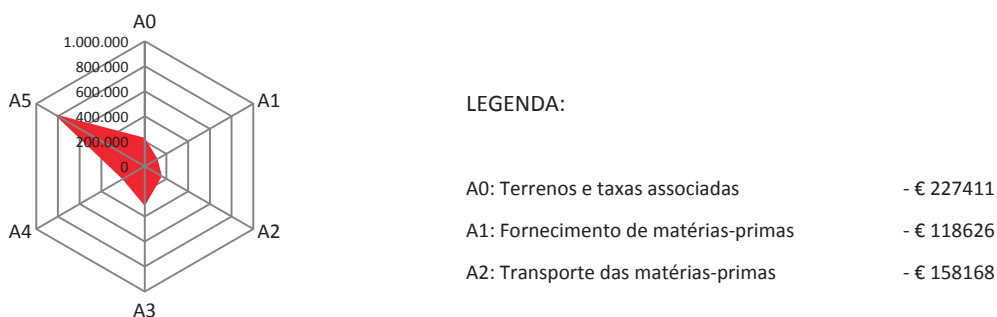


Figura 4. Desempenho económico – Agregação dos custos ao nível dos módulos



Figura 5. Desempenho económico – Agregação dos custos ao nível das etapas

3. CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta uma metodologia para a avaliação do desempenho económico do edifício de acordo com a prEN 16627:2013. Esta metodologia, MAEP-RB, baseia-se na subdivisão do edifício em sistema, subsistemas, elementos, componentes e subcomponentes.

A estrutura da MAEP-RB foi concebida para avaliar o desempenho económico de edifícios com base na análise do ciclo de vida na Etapa anterior à utilização, mas também é aplicável às etapas de utilização e de fim de vida, após o desenvolvimento dos respetivos indicadores e parâmetros.

A avaliação simultânea de todas as dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e económica) permitirá aos decisores quantificar os impactos que ocorrem numa das dimensões, quando em fase de projeto optam por uma solução imposta por uma das dimensões. A aplicação e o desenvolvimento desta metodologia contribuirão para uma melhor compreensão da importância relativa de cada dimensão da sustentabilidade dos sistemas de avaliação de edifícios.

A metodologia apresentada ainda está em uma fase inicial e será desenvolvida para a avaliação da sustentabilidade económica de edifícios, atribuindo-lhes níveis de sustentabilidade, após a normalização de todos os parâmetros e o estudo da importância relativa entre os parâmetros, os indicadores, os módulos e as etapas para determinação dos pesos relativos.

REFERÊNCIAS

Baldwin, R.; Yates, A.; Howard, N.; RAO, S. BREEAM 98 for offices: an environmental assessment method for office buildings. BRE Report. Garston, CRC. 1998. 36 pp.

Cole, R., Rousseau, D., Theaker, I. 1993, Building Environmental Performance Assessment Criteria: Version 1- Office Buildings. The BEPAC Foundation, Vancouver.

Cole, R.J.; Larsson, N. 2000, Green building challenge: lessons learned from GBC'98 and GBC2000. In: Sustainable Buildings 2000. Proceedings. Maastricht, NOVEM/CIB/GBC, p. 213 – 215

EN 15643-1: 2010 - Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação da sustentabilidade dos edifícios - Parte 1: Enquadramento geral.

EN 15643-4: 2012 - Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação da sustentabilidade dos edifícios - Parte 4: Enquadramento para a avaliação do desempenho económico.

Mateus, R. 2009, "Avaliação da Sustentabilidade da Construção – Proposta para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis" - Tese de Doutoramento - Engenharia Civil / Processos de Construção, Universidade do Minho.

Mateus, R.; Bragança, L. 2011, Sustainability Assessment and Rating of Buildings: Developing the Methodology SBTool^{PT-H}, Building and Environment, Volume 46, Issue 10, October 2011, Pages 1962-1971, ISSN 0360-1323. [<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79956373561&partnerID=MN8TOARS>].

Pinheiro, M. D. 2008. Sistemas de Gestão Ambiental para a Construção Sustentável. Tese Doutoramento em Engenharia do Ambiente, IST, 552 p. Lisboa.

prEN 11667: 2013 - prEN 16627:2013 - Sustentabilidade das obras de construção – Avaliação do desempenho económico de edifícios – Método de cálculo.

Silva V. 2003, "Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológicas". Tese de Doutoramento - Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo.

Analysis and selection of indicators for a sustainability assessment method for school buildings based on SBTool - PT

Tatiana Santos Saraiva

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
saraivaus@yahoo.com

Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
malmeyda@civil.uminho.pt

Luis Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: Nowadays, the sustainability of buildings has an extreme importance. This concept goes towards the European aims of the Program Horizon 2020, which concerns about the reduction of the environmental impacts through such aspects as the energy efficiency and renewable technologies, among others. Sustainability is an extremely broad concept but, in this work, it is intended to include the concept of sustainability in buildings. Within the concept that aims the integration of environmental, social and economic levels towards the preservation of the planet and the integrity of the users, there are, currently, several types of tools of environmental certification that are applicable to the construction industry (LEED, BREEAM, DGNB, SBTool, among others). Within this context, it is highlighted the tool SBTool (Sustainable Building Tool) that is employed in several countries and can be subject to review in institutions of basic education, which are the base for the formation of the critical masses and for the development of a country. The main aim of this research is to select indicators that can be used in a methodology for sustainability assessment (SBTool) of school buildings in Portugal and in Brazil. In order to achieve it, it will also be analyzed other methodologies that already incorporate parameters directly related with the schools environment, such as BREEAM or LEED.

Keywords: SBTool, school buildings, sustainability assessment methodologies, iiSBE.

1. INTRODUCTION

The concept of sustainable development has achieved worldwide prominence in 1970 after the proclamation of the Year of the Environment by the United Nations, and appeared as a result of the awareness and concern of society with the shortage of natural resources (Castanheira, 2013). "Sustainable development is defined as being a development that meets the needs of the present generation without compromising the capability of future generations to meet their own needs" (WCDE, 1989).

Charles Kibert (1994) introduced for the first time the concept of sustainable construction as being the "creation and responsible management of a healthy built environment, taking in consideration the ecological principles and the efficient use of the resources". Sustainable construction ought to seek a balance between the environmental, social and economic levels in the construction sector.

Some advances have been made intended to boost the implementation of sustainable construction in the planet, specially the research and development of tools for sustainability assessment of buildings. As a result of the use of these tools, it has been made possible to improve the sustainability in building construction (Mateus & Bragança, 2011).

They also made easy to distinguish between sustainable and unsustainable practices, thus facilitating conscientious choices and the making of decisions, both in the project and in the construction phases. Therefore, in different countries were developed tools such as SBTool (Sustainable Building Tool) , LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency), HQE (High Environmental Quality), NABERS (National Australian Built Environment Rating System), among others, tools that allow the implementation of sustainability assessments of buildings (Mateus & Bragança, 2011).

The previously mentioned tools were created with the aim of being adapted to all types of constructions. However, it was gradually felt the necessity of creating tools for specific buildings such as residences, offices, shopping centers, hospitals and others.

The SBToolPT (Sustainable Building Tool – Portugal) had already categorized into specific methodologies, such as SBToolPT-H (Sustainable Building Tool – Portugal for residential building), that is considered as residential constructions (Mateus & Bragança 2009), as well as methodologies for Office and Tourism buildings and Construction Environment, that are at the moment waiting to be validated by the association iiSBE-PT (International Initiative for a Sustainable Built Environment –Portugal).

LEED and BREEAM methodologies have already created specific systems for schools. This is crucial because the environment of schools is extremely unique. Students and teachers spend many hours a day surrounded by the school environment and, as a consequence, this specific environment has a great influence on the students' and teachers' quality of life.

Bearing the mentioned advantages in mind, this paper aims to analyze the importance of the use of sustainability indicators to reach and develop strategies for the regeneration of school buildings, taking into account the sustainability assessment tool SBTool, which is based on the international methodology iiSBE.

These indicators will be applied in some Portuguese schools in order to be tested and validated. It is also intended to extend the application of these indicators to some schools in Juiz de Fora, Brazil.

The study is being developed for the Portuguese reality, as the base methodology being used, SBTool, has already been adapted to other building typologies, according to the Portuguese reality. Brazil is in strong construction development, thus increasingly demonstrating a concern for sustainability. Portugal has great experience in developing sustainability assessment methodologies, and therefore, can help Brazil to take its first steps.

Nevertheless, Brazil is quite heterogeneous, which implies a very extensive work to develop a methodology applicable to the whole country. Therefore, and given the deadline to complete this work, only a city – Juiz de Fora – will be chosen, to begin the development and implementation of a sustainability assessment tool in the country.

2. SUSTAINABLE CONSTRUCTION

2.1 Sustainability assessment methodologies

The environmental impact caused by the construction sector has increased these past few decades. The activities inherent to the construction industry are at the top of the main responsible for pollution and also responsible for the consumption of 25-40% of the energy and 50% of the raw materials extracted from earth in the member countries of OCDE (Organization for Economic Co-operation and Development) (Gervásio, 2010).

As a response to these problems, a few initiatives started to emerge and led to the first methodologies for the assessment of sustainability for constructions. Over the years, there was

a progress and several methodologies for environmental assessment of building were created (Gu et al., 2006).

Since the rating system has profound impact on the results of the evaluation, there has been a special attention on the evaluation studies and on the strategies utilized to allocate the credits and questions assessed. These methodologies are adapted according to the region and the country in question and aim to contribute to a reduction of the overall environmental impact. The most used methodologies are the following (Gu et al., 2006): BREEAM, LEED, AQUA (Alta Qualidade Ambiental meaning High Quality Environment), SBTool, CASBEE, HQE, Green Star, NABER, Eco profile, PromisE, DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), BCA (Building and Construction Authority) Green Mark Scheme.

2.2 Examples of environmental methodologies used in schools

After the previously description about the most common sustainability assessment methodologies for buildings, it will be now mentioned some methodologies for the evaluation of sustainability applied exclusively in school construction, as LEED for schools 2009 and BREEAM Schools 2004, with the main purpose of select the aspects that may be more suitable to the methodology that will be developed in the frame of this work.

The LEED for Schools can be used in the design and construction of new schools, being also adaptable to existing schools, and its certification can be divided in two stages: design and construction (LEED for Schools, 2009). The LEED method evaluates a building through the analysis of seven prerequisites and credits.

The prerequisites and credits for LEED certification is concerned about: sustainable sites; efficient utilization of water; energy and atmosphere; material and resources used; indoor environmental quality; innovative design and prioritization of the region.

Another typical feature of LEED is that it does not specify weights for categories, so the building is rated by the result of points obtained by the sum of the criteria, and it also gives importance to the specific features of the site. The certification is given to the buildings that achieve a minimum number of points and fulfil the prerequisites of the system (LEED for School, 2009).

BREEAM Schools has been designed specifically for the assessment of the following educational establishments: schools (elementary and middle school, and academies), colleges (further and higher education/vocational colleges), pre-school (nursery schools and children's center), and Institutions such as the learning resource center, student union, teaching facility, laboratory/workshop/studio, student residential accommodation (Multi-Residential) or a mixture of these types.

In 2004 was review the requirements and objectives of BREEAM for schools. The BREEAM Schools is a methodology of environmental certification pointed towards new schools and existing buildings. It considers nine factors of environmental impact that should be assessed in accordance with the rules of the BRE (Building Research Establishment): health and life quality, ecological values, energy, management, materials, transport, water; land used and pollution (BREEAM Schools 2004).

These two methodologies for sustainability assessment applied specifically to school buildings intend to help in the choice of the most appropriate indicators for the methodology to be developed for schools in Portugal. It has been realized that these methodologies have different priorities according to their objectives, location, social and economic aspects and the reality of the region where the building is located but they are an excellent base for this paper.

2.3 Analysis and choice of methodology

There are already some methodologies specifically utilized in school, such as LEED and BREEAM. Although being the most widely recognized environmental methods, being currently applied in the construction industry worldwide, they are not suitable for the purpose of this work. The BREEAM methodology is complicated, very strict and with an extremely complex process of accuracy. LEED, despite of being a method that allows an easy calculation, has been adapted to suit the US market. BREEAM uses European and UK codes while LEED is more dominated by the ASHRAE standards (Rezaallah et. al, 2012).

The choice of the methodology SBTool (Sustainable Building Tool) has been made because it allows a higher possibility of adjustment of the parameters evaluated in each dimension, considering the typology, location and the function of the building, which demonstrates the greater flexibility of this methodology. It also reduces subjectivity, making it more adaptable to the local conditions in relation to other more rigid and extensive systems (Barbosa, 2013).

This work will also be based on the results of the project Portuguese SBToolPT STP- Portuguese Sustainable Building Tool Methodologies to Tourism Commercial and Urban Planning Projects (Barbosa, 2013), funded by the ADI (Agency Of Innovation), under the QREN program (Barbosa, 2013). This tool is at the moment waiting to be validated by SBTool and iISBE association.

This methodology was chosen because it is the newest system based on SBTool, made to be applied in Portugal, and also because the categories that it uses are more suitable to school buildings than the SBToolPT for homes. Furthermore, being that methodology elaborated in Portugal, makes it the one that best suits the Portuguese reality, since it is easier to adapt to the Portuguese conditions, thus eliminating the necessity of using methodologies elaborated for other countries, as LEED and BREEAM.

The indicators for the evaluation of sustainability in schools will be based on the methodology mentioned above since it has the same structure, being divided into categories, indicators, and comparing the performance levels of the studied building with practices of reference. It will be adapted to the specific characteristics of the school buildings, which will lead to some differences in what to the practices of reference is concerned. It will also lead to the adding or to the removal of indicators from the methods of evaluation, as well as the change of weights related to these indicators.

2. CHARACTERIZATION OF BRAZILIAN AND PORTUGUESE SCHOOLS

In this part of the paper are reported sustainability assessment of school buildings and also some fundamental characteristics of the school buildings that are used in this work, in Portugal and in Juiz de Fora, Brazil. It is giving more information about the context where the indicators that can be used in a methodology for sustainability assessment of school buildings will be performed.

2.1 Methods of sustainability assessment in Brazil

Nowadays, several buildings that search for sustainable certification in Brazil are trying to obtain resources to acquire licenses from the government relying on the availability of a large number of enterprises or governmental institutions that invest and encourage green building. The sustainability certifications as LEED, AQUA and PROCEL already operate in Brazil for few years. The English BREEAM certifications and German DGNB just start to be offered for companies in Brazil (Portal Itambé, 2013).

The LEED was the first Certification of Sustainability for buildings that was used in Brazil, in 2007. Since then, this certifier registers 449 projects. From the research coordinated by UNICAMP, they began outlining the methodology in São Paulo, and soon it was implemented for validation in other regions of Brazil (Silva et al, 2000).

The AQUA System was created in 2007, was developed by Carlos Alberto Vanzolini Foundation with the Polytechnic School of USP by adapting the French system HQE with the norms of ABNT. There are about 65 projects in process or already certified in Brazil Today (Fundação Vanzolini 2013).

The PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) Program was launched in 1985 by the Federal Government, and is currently being managed by an Executive Secretariat subordinated to Eletrobras. This program has the objective to mobilize society and strategies to reduce energy waste by investing in building new projects and environmental awareness, and thus contributing to the preservation of natural areas. Eletrobras elaborated PROCEL Build Program, which invests in professional and technological training, seeking to create solutions related to the Brazilian reality (ELETROBRÁS, 2013).

The Casa Azul, program of the Bank Caixa Econômica Federal, is specific to public housing, given the housing projects that are funded by the Brazilian Federal Bank (Caixa Econômica Federal), currently has 10 candidates under evaluation (Capello 2011).

The BREEAM only started to operate in the Brazilian market in 2012 and has only 2 buildings located in Rio de Janeiro with this certification. The reason that was just a few buildings with this certification is because it had no patterns that fit in Brazilian reality. The situation is changing and it is being prepared a new version of this methodology that adapts to all regions of Brazil.

2.2 Methods of sustainability assessment in Portugal

As a result of the Conference of Rio de Janeiro, the European Commission established the European Conference on Sustainable Cities in 1994, seeking to set foundations for the implementation of Agenda 21 adapted to European reality. That resulted in the Charter of European Cities, which established practices and policies for sustainable development (Commission of the European Communities, 1994).

In 1993 took place in Lisbon the Lisbon Summit, where the Commission sought to broaden the vision of sustainable development, making it a long-term perspective. The National Strategy for Sustainable Development of Portugal was published in 2002 and updated in 2005 with the objective of making Portugal one of the most competitive countries of the European Union on environmental quality and social responsibility until 2015 (Torgal & Jalali, 2007).

Portugal was the European country that has made new buildings, without worrying about concepts as reuse and rehabilitation. The number of residential buildings in Portuguese cities doubled between 1970 and 2000, even if there were no demographic growth to justify this attitude.

Currently, Portugal includes a total of 477 public schools, construction which began at the end of the nineteenth century. Around 23 % were built before the end of the 60s and the other (77 %) correspond to the period of expansion of the school network and increased compulsory schooling, from six to nine years. 46 % of schools were built in the 80s.

These schools form a heterogeneous group, both in terms of conditions of architectural and construction quality as morphological type buildings. Although it is mainly composed of standardized solutions, arising from the use of serial construction and use of project type, comprises buildings with a recognized asset value and also has some projects with innovative solutions in construction and spatial terms (Portal Parque Escolar).

Portugal currently applies some International Systems of Sustainability Assessment, which were previously cited, LEED, BREEAM and the SBTool. Other systems have been developed and adapted according to the needs, requirements and reality of the country, such as Natura Domus, LiderA and SBtoolPT (Portal da Construção Sustentável).

- NATURA DOMUS system was developed by SGS (Societe Generale de Surveillance) in 2005 and it is available in Portugal since 2008. The Natura Domus system in conjunction with Domus Qual cares about quality and sustainability of a building, acting on 4 levels: design, construction, demolition or rehabilitation and resource management (Portal da Construção Sustentável).
- SBToolPT is a tool that allows the evaluation, recognition and certification of sustainability of buildings, based on the international SBTool. It was released in 2009, developed by the University of Minho and approved by iiSBE (Portal da Construção Sustentável).
- LiderA is an environmental certification system, developed in 2005 by the IST (Instituto Superior Técnico de Lisboa) and has been available since 2009 on version 2.0. This is a Portuguese volunteer system that seeks an efficient and integrated manner to support the evaluation and certification of sustainability of buildings from the design phase to use by customers, given at strategic levels and project management (LiderA, 2005).

3. SELECTION OF KEY INDICATORS

The methodology proposed in this work is similar to SBToolPT-S (Sustainable Building Tool – Portugal, Service building). The evaluation is in accordance with the calculation of the performance level of the building, using some parameters related to social, economic and environmental aspects and comparison with national practices references with the help of Diaz-Baltero equation (Díaz-Baltero, 2004).

Each indicator should be calculated on your specific weight to get the result according to the performance of the building. The value of the global performance of a building should not be used alone to report the sustainability of a building, since this always have to be together with the result of macro indicators (environment, society and economy). Therefore, to obtain a better solution to improve the sustainability of a building, there must always be a compromise between all macro indicators (Mateus, 2009).

The macro indicators are:

- Category - combination of indicators to demonstrate the performance of the building;
- Dimension of Sustainable Development - environment, society, economy and sustainability of the area;
- Global performance (Level of Sustainability) - summarizes the dimensions into a single value.

All categories used in the construction assessment SBToolPT-S will be used in SBToolPT for schools, adding a new social category - consciousness and education for sustainability, and their respective indicators.

This category, consciousness and education for sustainability, which was part of the first SBToolPT (Mateus, 2009), will return to construction assessment for schools, but in different format, with the social concern of the necessity awareness of sustainability. The school is used as a vehicle for disseminating the importance that the experience of sustainability has in people's lives, using students as tools, as these can spread this idea in the family and in the society in which they live, making this part of their daily life in a natural way.

The weight of each indicator reflects on the results. Even though some indicators have greater relevance than others, there is not yet a consensus related to a methodology that define the specific weight for each, these being used as the priorities and context factors that interfere in the life cycle of buildings (Mateus, 2009). The weight given to the indicators on the methodology to be developed will be given in accordance with the priorities that the school environment has.

As a result of the use of a new category, Consciousness and Education for Sustainability, and their respective indicators, and also for being this methodology adapted to a new environment, school building, there will be some modifications related to weights of indicators.

After the study and analysis of indicators and categories existent in other sustainability assessment methodologies, LEED for School and BREEAM Schools, and also in the system SBToolPT for other types of buildings, some conclusions were drawn related to indicators and categories more suitable to the methodology presented in this paper for the evaluation of schools. The following table shows the dimensions, categories and indicators in the methodology for schools, based in SBToolPT- S.

Table 1: Categories and Indicators in the methodology for school, based in SBToolPT - S

Dimension	Category	ID	Indicador
ENVIRONMENT	C1. Climate Change and outdoor air quality	I1	Life cycle environmental impacts
		I2	Heat island effects
	C2. Biodiversity and land use	I3	Land use efficiency
		I4	Sustainable location
		I5	Local biodiversity protection during construction
		I6	Certificated wooded materials
	C3. Energy	I7	Energy consumption
		I8	Renewable Energy
		I9	Commissioning
	C4. Materials, solid residues and resources management	I10	Reuse of materials
		I11	Materials with recycled content
		I12	Construction and demolition wastes
		I13	Environmental management plan
		I14	Flexibility and adaptability
	C5. Water	I15	Water consumption
		I16	Water treatment and Recycling
		I17	Storm water management
SOCIETY	C6. User health and comfort	I18	Indoor air quality
		I19	Thermal Comfort
		I20	Visual Comfort
		I21	Acoustic Comfort
		I22	Mobility plan
	C7. Accessibility	I23	Occupants security
	C8. Security	I24	Consciousness of sustainability
	C9. Consciousness and education for sustainability	I25	Educational materials
	ECONOMY	C10. Life cycle costs	I26
C11: Sustainability of the area		I27	Accessibility to public transport
		I28	Accessibility to amenities

4. CONCLUSION

The analysis and choice of indicators specifically directed to school buildings is important to help the development of a methodology of assessment of school buildings for Portugal. This methodology will be applied in some Portuguese schools in order to be tested and validated. It will also be applied in Brazil with the intent of disseminating and implementing the practice of this methodology in the country.

The indicators that can be used in a methodology for sustainability assessment of school buildings is to be analyzed and chosen according to its specific characteristics and adapted to the Portuguese reality, allowing to be one of the most flexible methodologies compared with others. Therefore, it is the one that best suits the Brazilian reality, because it can be easily adapted to all regions in Brazil.

REFERENCES

- Barbosa, J. A.& Mateus, R. Bragança,L.. 2013. Adaptation of SBToolPT to office buildings. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 4, 89-97.
- BREEAM Schools 2004 [internet] available at: <http://ecoconsulting.net/www/breemschools.pdf> [january 2015].
- Capello, G. 2011. Certificação BREEAN, mais um selo. *Revista Arquitetura & Construção* - 04/2011
- Castanheira, G.S. 2013. *Estratégias de intervenção para a regeneração urbana sustentável*. These of master. University of Minho, Guimarães
- Díaz-Balteiro, L. & Romero, C. (2004). "In search of a natural systems sustainability index." *Ecological Economics*, "49(3), 401-405.
- Eletrobrás. Sistema Eletrobrás. [internet] available at: <http://www.elektrobras.com/elb/data/pages/lumis293e16c4ptbrie.htm> [accessed 6 april 2014
- Fundação Vanzolini. 2007. *Referencial técnico de certificação "edifícios do setor de serviços - processo AQUA: escritórios e edifícios escolares"*. Versão 2007. São Paulo. available at <http://vanzolini.org.br/download> [april 2014]
- Gervásio, H. 2010. *Sustainable Design and Integral Life-Cycle Analysis of Bridges*. Philosophiæ Doctor in Civil Engineering, Departamento de Engenharia Civil Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Gu, Z., Wennersten, R. & Getachew A.G. 2006. Analysis of the most widely used building environmental assessment methods, *Environmental Sciences*, 3:3,175-192
- LEED 2009 for schools new construction and major renovations rating system USGBC Member, approved november 2008 [internet] available at: <http://www.usgbc.org> [accessed 19 may 2014].
- Lidera, 2005. *Sistema de avaliação de sustentabilidade*. [internet] available at <http://www.lidera.info> [may 2014].
- Kats, G., Perlman, J. & Jamadagni, S. 2005. National review of green schools: costs, benefits, and implications for Massachusetts. USA. *A report for the Massachusetts technology collaborative*. Retrieved on april 5, 2012.
- Mateus, R., 2009. *Avaliação da sustentabilidade da construção - Propostas para o desenvolvimento de edifícios sustentáveis*. Phd, University of Minho, Guimarães
- Mateus, R. & Bragança, L., 2011. Sustainability assessment and rating of buildings: developing the methodology SBToolPT-H. *Building and environment*, 46, 1962-1971.
- OECD 2003. *Environmentally Sustainable Buildings - Challenges and policies*, Paris, France, OECD.
- Portal da Construção Sustentável. *Domus natura – Sistema de certificação ambiental* [internet] Portugal. Available at <http://www.csustentavel.com> [accessed 29 april 2014].
- Portal Itambé, 2013. *Certificações verdes têm novos concorrentes no Brasil*. In 19 de September de 2013. Available at: <http://www.cimentoitambe.com.br/> [accessed 2 April 2014].
- Portal Parque Escolar [internet], Available at: <http://www.parque-escolar.pt> [accessed 15 april 2014].
- Rezaallah, A., Bolognesi, C. R. A., Khoraskani, R.A., 2012. LEED and BREEAM; Comparison between policies, assessment criteria and calculation methods; BSA 2012 – *Proceedings of the 1st International Conference on Building Sustainability Assessment*, Porto, Portugal, 05/2012
- Silva, V.G. 2003. *Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica*. These of PHD, São Paulo. EPUSP. 210p.
- Torgal, F.P. & Jalali, S. 2007. Construção sustentável: o caso dos materiais de construção. In: *Congresso Construção*, 3, 2007, *Coimbra Anais*. Universidade de Coimbra.
- WCED, 1987. *Our common future; world commission on environment and development*; Oxford: Oxford University.

Análise do Ciclo de Vida (ACV) do sistema de vedação vertical *Quarter log*.

Thalles Costa dos Reis

Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo – LPP/Ufes, Brasil.

thallescosta_r@hotmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo – LPP/Ufes, Brasil.

cristina.engel@ufes.br

Emanuella Sossai Altoé

Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo – LPP/Ufes, Brasil.

manualtoe@hotmail.com

ABSTRACT: The study presents an evaluation of the Life-cycle Analysis (LCA) of external wall system *Quarter log*. The objective was to simulate and evaluate qualitative and quantitative through the software SimaPro, a Life-cycle Analysis (LCA) of the external wall system of a house at Espírito Santo, Brazil. As main result, it was found that *Quarter log* system – Eucalyptus wood – presents itself like a system that corresponds to environmental principles of sustainability. In your LCA, the flow with higher environmental significance is associated with difficulty to manage the construction waste in this zone and the impact generated in the manufacture of materials that make the system. In this sense, not only recommended the use of the system studied, but also a possible improvement of the same through changes in materials that have a higher environmental impact diagnosed.

Keywords: LCA, sustainability, SimaPro, external wall system, wood.

RESUMO: O presente estudo apresenta uma avaliação da Análise do Ciclo de Vida (ACV) do sistema de vedação vertical em madeira *Quarter log*. O objetivo da pesquisa é simular e avaliar de modo qualitativo e quantitativo através da ferramenta SimaPro, a ACV do sistema de vedação de uma edificação unifamiliar, na região do Espírito Santo, Brasil. Como principal resultado, constatou-se que, o sistema *Quarter log* – em madeira de eucalipto –, apresenta-se como uma opção construtiva coerente aos princípios ambientais do conceito de sustentabilidade, onde em sua ACV, o fluxo de maior significância ambiental é associado à dificuldade em gerenciar os resíduos da construção na região e pelo impacto gerado na fabricação de materiais que o compõem. Nesse sentido, conclui-se que o uso do sistema de vedação pode ser recomendado, sendo que, uma possível melhora pode ser obtida através de alterações nos materiais diagnosticados como ambientalmente impactantes.

Palavras-chave: ACV, sustentabilidade, SimaPro, vedação, madeira.

1 INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

Marques Neto (2005), afirma que o setor da construção civil é tecnologicamente atrasado decorrente principalmente da variabilidade dos processos construtivos, da falta de qualificação profissional, pouca utilização de novas tecnologias e alto grau de desperdício de materiais. O setor é ainda responsável por fundamental participação econômica no produto interno bruto (PIB) de diversos países. Neste contexto, há a preocupação dos profissionais responsáveis em promover melhorias nos processos construtivos e também na metodologia projetual.

A fim de avaliar os impactos ambientais gerados pelo setor da construção civil, a Análise do Ciclo

de Vida (ACV) apresenta-se como metodologia internacionalmente reconhecida que permite estabelecer de maneira estruturada e holística, um resultado para visualização e quantificação dos possíveis impactos resultantes de todos os estágios do ciclo de vida do produto, processo ou sistema, sendo ferramenta auxiliadora para melhoria de processos construtivos de caráter mais sustentável.

Para essa pesquisa, buscou-se utilizar o ACV como metodologia de análise, considerando como objeto de estudo um sistema inovador de vedação vertical em madeira que, já avaliado sob os aspectos físico-mecânicos (Altoé 2015) e, teoricamente, com melhores resultados em termos ambientais quando comparado ao método tradicional de construção para vedações verticais em toras. O sistema de vedação vertical estudado foi denominado como *Quarter log*, composto por toras de madeira de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) na forma roliça, que busca a facilidade de execução, uso de matéria prima local e mínima necessidade de mão de obra especializada (Altoé 2015), visando atender como população alvo, a parcela rural residente no Estado do Espírito Santo, Brasil.

2 OBJETIVO

O objetivo foi aplicar a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de acordo com a ISO 14040 em um sistema de vedação vertical em madeira *Quarter log* e analisar os principais impactos ambientais resultantes. Os resultados obtidos visaram, prioritariamente, obter informações para que, se necessário, possam ser propostas alterações no método de construção de edifícios rurais no Espírito Santo, Brasil, de modo a possibilitar menores impactos ambientais.

3 METODOLOGIA

Segundo a norma ISO 14040, a metodologia do ACV respeita quatro fases: 1. definição de objetivo e escopo do estudo; 2. realização de um inventário dos consumos (matéria e energia) e as emissões de cada etapa do ciclo de vida; 3. avaliação dos impactos que estes consumos e emissões podem provocar no meio ambiente; e por fim, 4. interpretação dos resultados.

Considerando a interpretação do ciclo de vida do “berço ao túmulo” (Silva 2005), as fases de avaliação incluem a fabricação deste produto ou de materiais que compõem um sistema; a produção de suas matérias-primas; a sua utilização e manutenção; e a gestão de resíduos, uma vez terminado sua vida útil.

3.1 Unidade funcional

A função do sistema de vedação é a proteção dos ambientes contra a ação de agentes externos indesejáveis (correntes de ar, águas da chuva, raios visuais, som, calor ou frio, animais, ação do fogo, etc.) e como suporte de instalações prediais e de equipamentos diversos, atendendo aos padrões de habitabilidade e de segurança de seus usuários e à normalização pertinente (Silva e Nascimento 2007).

A unidade funcional é a unidade que será encaminhada para todas as entradas e saídas do sistema. Para uma análise entre dois sistemas, a unidade funcional deve servir de parâmetro, de maneira a possibilitar um comparativo honesto e igualitário entre os diferentes materiais ou sistemas que atendam a uma mesma função, neste caso, a de vedação. Assim, a unidade funcional usada foi a “quantidade de material (kg) usado para atender a área de 1m² de vedação da edificação”.

3.2 Sistema

O sistema *Quarter log* é um sistema de vedação vertical desenvolvido a partir da configuração básica de toras de madeira divididas longitudinalmente em quatro partes iguais, após a retirada

das costaneiras, empilhadas e costuradas por uma barra rosqueada, como apresentado nas figuras 1 e 2 (Altoé, 2014).

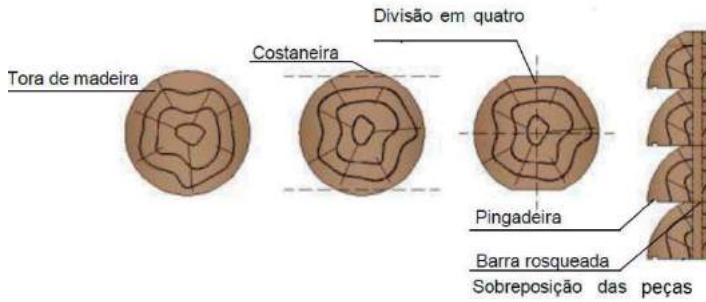


Figura 1. Detalhe de execução e montagem do sistema *Quarter log*. Fonte: adaptado de Altoé (2014)



Figura 2. Teste inicial de montagem do sistema. Imagem: Emanuella Sossai Altoé

O sistema estudado é representado pelo diagrama de processos. São considerados os subsistemas de fabricação e processamento de matérias-primas, montagem e instalação dos sistemas e processamento e gestão de resíduos.

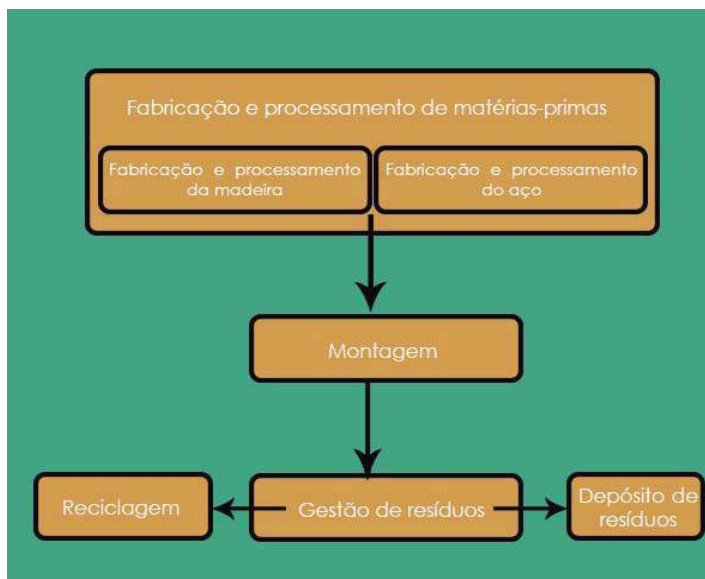


Figura 3. Diagrama de processo do sistema *Quarter log*.

No sistema *Quarter log*, a fabricação e processamento de matérias-primas se dividem em fabricação e processamento da madeira (*Eucalyptus grandis*) e fabricação e processamento do aço (usado na fixação das toras em madeira).

A montagem e instalação inclui o transporte de matérias-primas de seu local de origem, a montagem, a distribuição dos elementos auxiliares à instalação dos painéis *Quarter log*, e por fim, a instalação do próprio painel.

Na gestão de resíduos, foi considerado que com o fim do uso do painel, as peças serão desmontadas e separados seus materiais, direcionando-os a um depósito ou a um processo de reciclagem, quando possível. Foram excluídos da análise do processo os resíduos de produtos não significativos, como por exemplo, materiais de vedação usados como reparo ao longo do uso do painel. Tampouco foi considerado o subsistema de uso e manutenção, ou possíveis materiais necessários para a manutenção, visto que tais valores não poderiam ser estimados de uma forma confiável.

3.3 O inventário do Ciclo de Vida

Para análise do inventário foi feita uma avaliação dos materiais e da energia do sistema. O inventário foi executado a partir dos subsistemas já descritos na figura 3. Nas etapas de obtenção de energia, de transporte, e de gestão de resíduos foram considerados:

- A energia térmica utilizada e as emissões associadas, que incluem desde a extração do combustível até a origem final de sua combustão;
- As emissões de energia elétrica utilizada dependem do seu perfil de geração, que no caso do Brasil tem 75% de sua origem a partir de recursos hídricos e 25% de fontes térmicas (ANEEL 2008);
- Por considerar como limite espacial o Estado do Espírito Santo e por abranger um projeto de uma residência unifamiliar, foi considerado para o transporte (urbano e interurbano) o uso de caminhão de 16 toneladas para distâncias inferiores a 60km. As emissões produzidas pelo transporte dependem diretamente da quantidade de material (em toneladas) e da distância percorrida (em km);
- Para a gestão de resíduos assumiu-se o tratamento através de reciclagem para alguns materiais, não computando as cargas ou emissões vinculadas ao processo de reciclagem, visto que, nesse caso, seria parte de outro sistema de análise. Para outros materiais, foi avaliado o descarte em depósitos, não considerando o cálculo de materiais inertes ou emissões vinculadas ao processo de decomposição ou pós-vida.

3.3.1 Subsistema 1: Fabricação e processamento dos materiais

Para os dados de consumo e emissão de cada material utilizado no sistema *Quarter log*, foi utilizada a base de dados contida no *software* Simapro. Sendo adotado para o sistema *Quarter log*, a base de dados existente para madeira de eucalipto. Gonçalves (2009) cita que o eucalipto apresenta a densidade com valores entre 0,20 e 1,20g/cm³, adotando como densidade média do Eucalipto 0,70g/cm³, calculou-se a massa (em quilos) do material usado na unidade funcional (quilos de material usado em uma área de 1m² de vedação). Para o aço, utilizou-se densidade média fornecida pelo fabricante, de 7,5g/cm³ (Tabela 1).

Tabela 1. Materiais que compõem o *Quarter log*

Materiais	Massa (kg)	Especificação
Madeira	48.02	<i>Eucalyptus grandis</i>
Aço	1.08	Barra rosqueada e porcas

3.3.2 Subsistema 2: Montagem e instalação

Foram calculadas as cargas ambientais vinculadas ao transporte de cada material, admitindo que as peças de madeira e perfis de fixação são oriundas de um mesmo estabelecimento, que

dista aproximadamente 20km, tomando como local de construção a cidade de Jaguaré (Altoé, 2015), localizado no interior norte do Estado do Espírito Santo, Brasil (Tabela 2).

Tabela 2. Distância percorrida para montagem do *Quarter log*

Materiais	Distância(km)	Especificação
Madeira	20	<i>Eucalyptus grandis</i>
Aço	20	Barra rosqueada e porcas

3.3.3 Subsistema 3: Gestão de resíduos

A desinstalação consiste em remover os sistemas e seus materiais após o fim de sua vida útil. A seleção é feita a partir de separação dos materiais que compõem o sistema. Considerando o potencial de reuso e reciclagem de cada material, foi escolhida a destinação final adequada, ou seja, uma central de tratamento de resíduos com certificação ISO 9001, distante 230Km da cidade de Jaguaré (Tabela 3).

Tabela 3. Destinação final de resíduos

Materiais	Peso (Kg)	Distância (Km)	Destinação
Madeira	48.02	230	Central de tratamento de resíduos
Aço	01.08	230	Central de tratamento de resíduos

4 RESULTADOS

Utilizando a ferramenta SimaPro como instrumento de análise, bem como o método de avaliação de impactos *Eco-indicator 99 (H)*, desenvolvido pela *Pré Consultants BV* da Holanda; e, adotando a base de dados Ecoinvent, disponível no *software* SimaPro, foram escolhidas as categorias de impacto a serem analisadas, e simulados os sistemas apresentados.

As categorias de impacto ambientais analisadas foram definidas a partir da seleção do *Eco-indicator 99 (H)*, sendo avaliadas as classes de impactos com efeitos sobre a categoria de danos relacionados à utilização de *recursos naturais* (minerais e combustíveis fósseis), *qualidade dos ecossistemas* (acidificação/eutrofização, ecotoxicidade e uso do solo) e *saúde humana* (liberação de compostos orgânicos e inorgânicos respiráveis, substâncias carcinogênicas, mudança climática, depleção da camada de ozônio, radiação).

4.1 Resultados do sistema *Quarter log*

A partir da caracterização dos efeitos ambientais e avaliação de danos (Figuras 4 e 5), da normalização e valoração dos impactos ambientais (Figuras 5 e 6), agregação dos impactos ambientais em um índice ambiental do sistema (Figura 7), valoração dos impactos ambientais (Figuras 8 e 9) e expressão por índice ambiental dos efeitos da produção (Figuras 10 e 11), nota-se que o processo de produção do aço usado como método de fixação das peças corresponde ao fluxo de maior impacto ambiental do sistema, como pode ser observado na Figura 12. Os principais impactos constatados foram sobre as categorias de *saúde humana*, a partir de liberação de substâncias inorgânicas respiráveis; e *utilização de recursos naturais* com o consumo de minerais e combustíveis fósseis, tendo efeitos sobre a ecotoxicidade e depleção da camada de ozônio (Figura 6).

Ainda que resultem em contribuições menores, há de se considerar também as cargas ambientais vinculadas ao transporte de matéria para a destinação de gestão de resíduos.

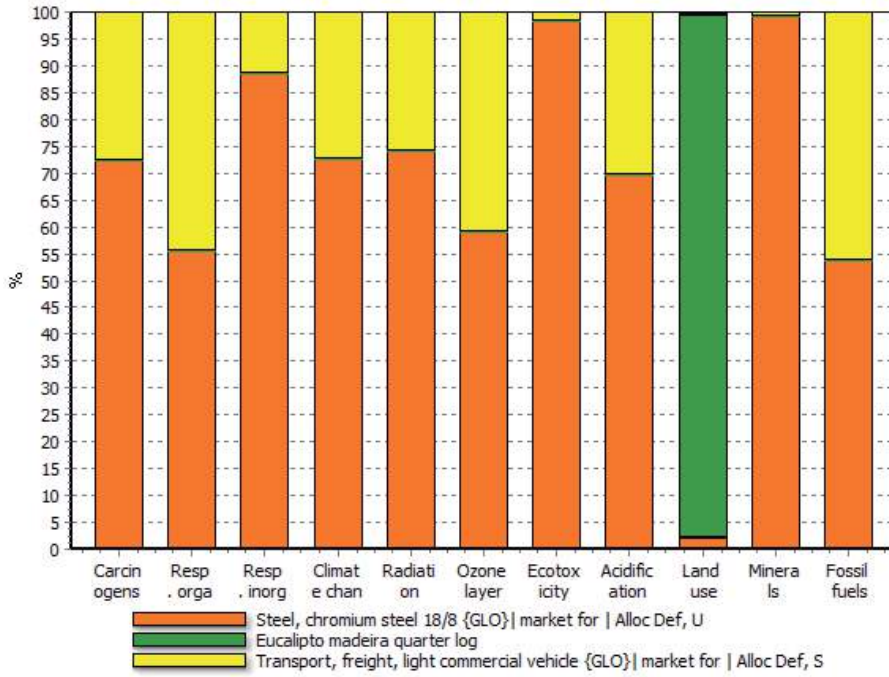


Figura 4. Caracterização dos impactos ambientais intrínsecos ao ciclo de produção do sistema.

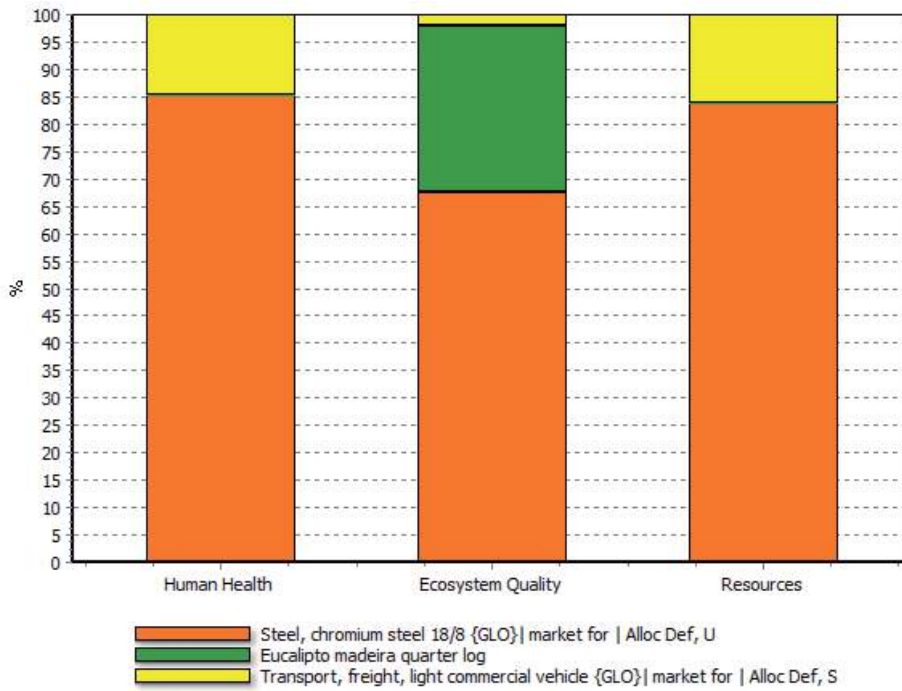


Figura 5. Danos ambientais associados ao ciclo de produção. As substâncias caracterizadas são agrupadas em classes de impactos antes de serem agregadas em categorias de danos.

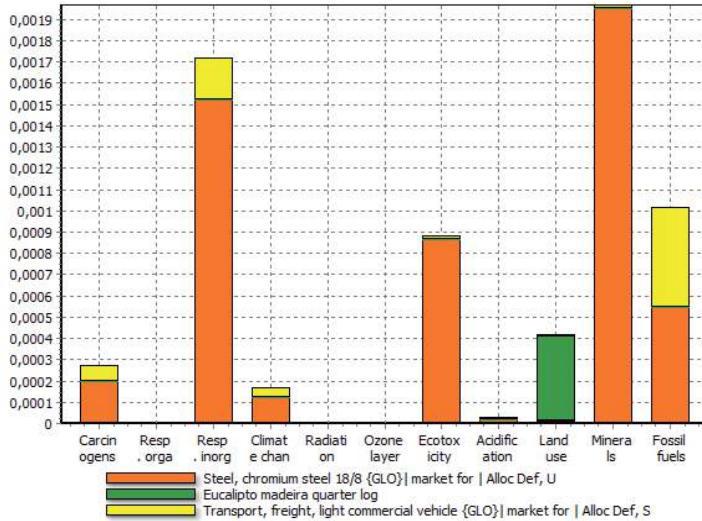


Figura 6. Normalização dos impactos ambientais do ciclo de produção do sistema com base nos efeitos provocados por um cidadão médio europeu em um ano, considerando inexistirem dados referenciais para o Brasil.

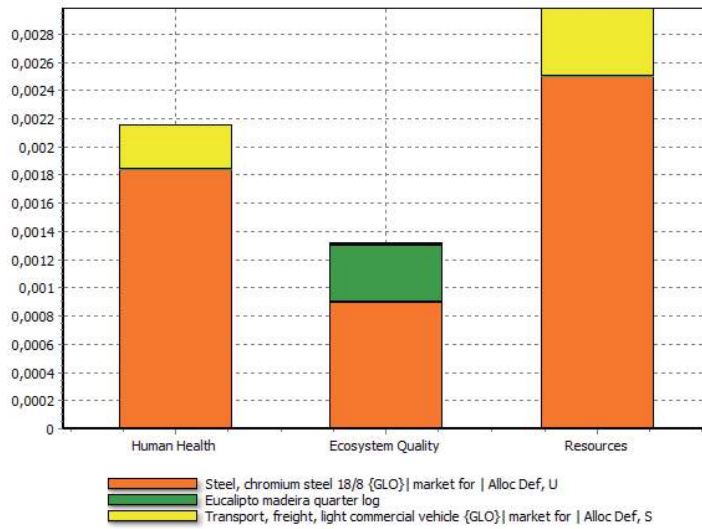


Figura 7. No gráfico acima, os efeitos associados a cada classe de impacto foram multiplicados pelos respectivos fatores de referência e agregados em categorias de danos.

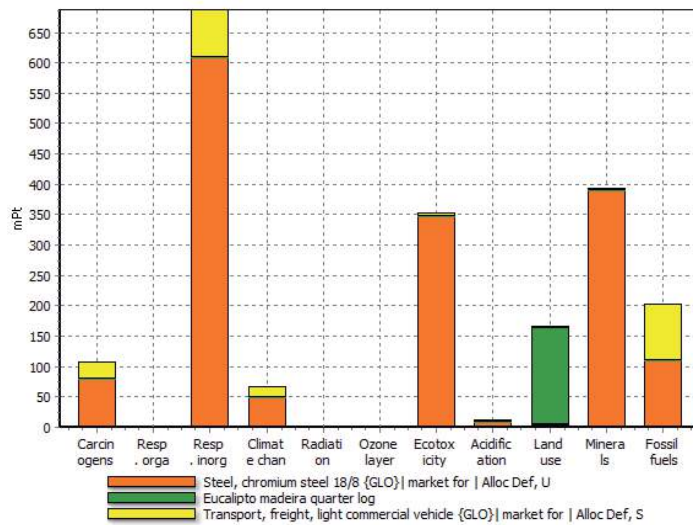


Figura 8. Valoração dos impactos ambientais causados pelo ciclo de produção.

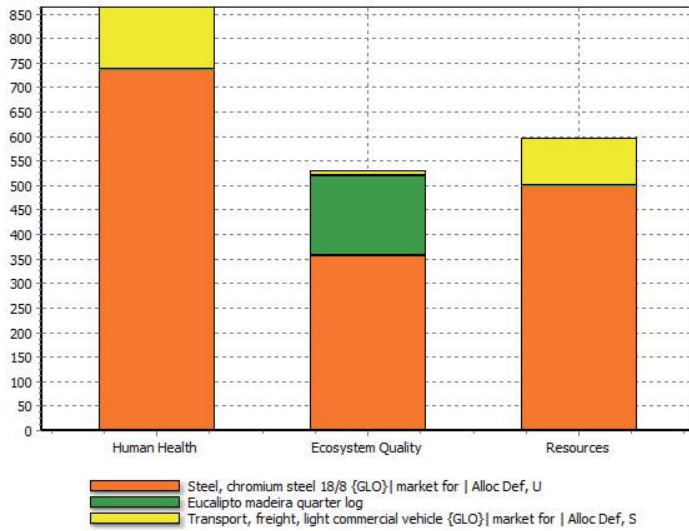


Figura 9. Valoração dos impactos ambientais causados pelo ciclo de produção em categorias de danos.

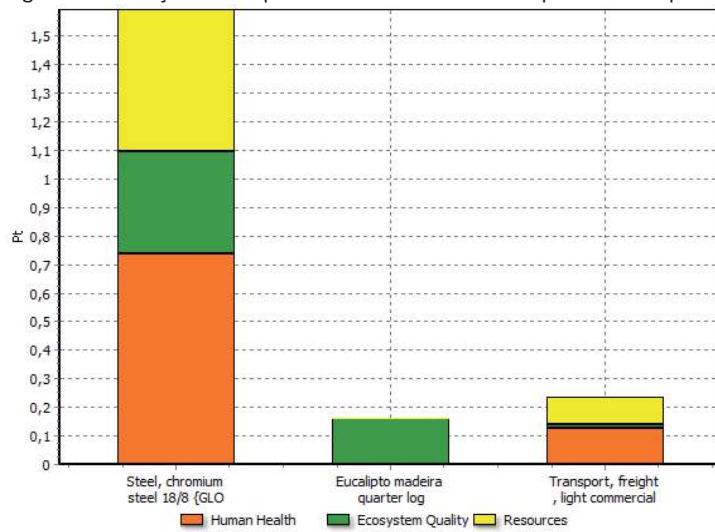


Figura 10. Índice ambiental relativo ao sistema de produção do sistema expresso por classe de impactos.

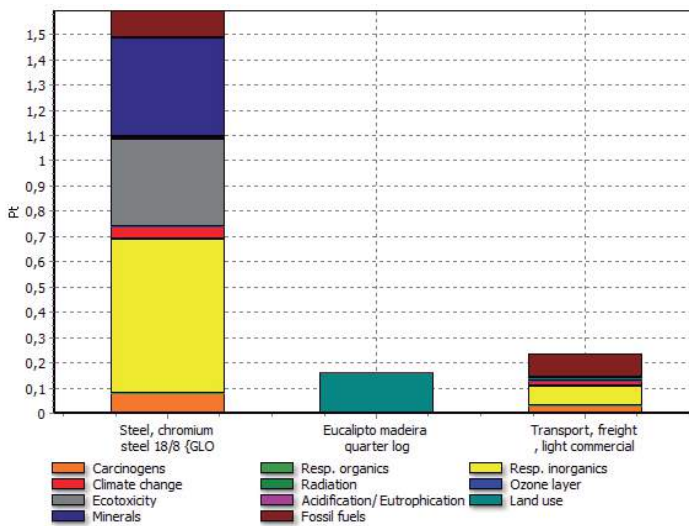


Figura 11. Índice ambiental relativo ao sistema de produção do sistema expresso por categorias de danos.

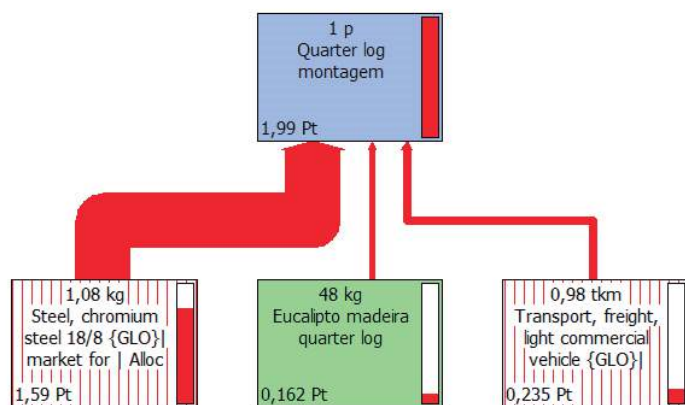


Figura 12: Árvore de processo relativa ao ciclo de fabricação do sistema *Quarter log* evidenciando que o processo de extração e fabricação do aço utilizado representa o fluxo de maior significância ambiental do sistema.

Para avaliar o perfil ambiental do sistema *Quarter log*, foram apresentados resultados agregados em categorias de danos sobre a *saúde humana* (substâncias carcinogênicas, compostos orgânicos respiráveis, compostos inorgânicos respiráveis, mudança climática e radiação); *qualidade dos ecossistemas* (depleção da camada de ozônio, ecotoxicidade, acidificação/eutrofização e uso do solo); e *recursos* (minerais e combustíveis fósseis), como observado na Tabela 4.

Tabela 4. Agregação das classes de impactos ambientais em categorias de danos.

Categorias de danos	Unidade	Total	Aço	Madeira de eucalipto	Transporte
Total	Pt	1,99	1,59	0,162	0,235
Saúde Humana	Pt	0,864	0,737	0,000135	0,128
Qualidade do ecossistema	Pt	0,53	0,358	0,162	0,0103
Recursos	Pt	0,597	0,499	0,0005	0,0975

A metodologia *Eco-indicator 99* está fundamentada no princípio dos *ecopoints* (*Swiss Ecopoints Weighting System*), logo, os indicadores resultantes são expressos em pontos. Analisando a Figura 10, nota-se que no total de 1.99 pt, 0.864 pt resulta no impacto incidente sobre a *saúde humana*, sendo que deste valor, 0.737 está associado à participação do ciclo de vida do aço, seguido por 0.128 do transporte e apenas 0.000135 da madeira de eucalipto.

Ainda quanto aos *recursos naturais*, o aço aparece como material mais impactante, diferenciando-se significativamente da madeira de eucalipto.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se com este estudo que o subsistema de fabricação de matéria-prima, apresenta-se como a categoria mais impactante das estudadas e, portanto, deve-se buscar uma melhoria em seu método de desenvolvimento, especialmente para o aço, que apresentou os maiores índices de impacto ambiental, sendo o material de maior relevância para o impacto da *saúde humana*, *recursos* e *qualidade do ecossistema* durante seu processo de fabricação, ainda que a quantidade do material utilizado no produto seja mínima.

A madeira apresentou-se como material de baixo impacto ambiental se considerado seu potencial de reuso e reciclagem. Assim, pode-se afirmar que o sistema *Quarter log*, além de eficaz como sistema de vedação, economicamente viável para a região estudada e representar um avanço no uso da madeira como material na construção civil (Altoé 2015), é ainda um sistema ambientalmente adequado.

Propõe-se, portanto, para a otimização do sistema e estratégia para minimizar os impactos gerados pelo mesmo, a substituição do aço por material de desempenho próximo e que contenha menores impactos ambientais incidentes em seu processo de fabricação ou que contenha material reciclado em sua composição. Ainda, a distância da localidade da edificação para o centro de gestão de resíduos contribuiu significativamente para que o transporte apareça como categoria de dano de impacto a se considerar. Trata-se de uma melhoria nas políticas públicas a criação de centros de gestão de resíduos melhor distribuídos no interior do Estado, em conjunto com ações de educação ambiental, seja na comunidade em geral, seja nas pequenas marcenarias da região.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pela CAPES – Coordenação de Pessoal de Aperfeiçoamento de Nível Superior.

REFERENCIAS

Altoé, E.S. 2015. *Sistema construtivo para habitação rural no Brasil: vedação vertical Quarter log em Eucalyptus grandis*. Universidad del Bío Bío: Santiago: Chile.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. 2008. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília: Brasil.

Gonçalves, F. G. *et al.* 2009. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore* 33(2): 277-288.

Neto, J. C. M. 2005. *Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil*. São Carlos: São Paulo: RiMa.

Silva, M. M. A. & Nascimento, D. M. 2007. *Paredes de vedação: integração entre projeto e canteiro*. In: Anais do IV Colóquio de Pesquisas em Habitação: Coordenação Modular e Mutabilidade. Belo Horizonte: MOM / EAUFMG.

Silva, J. G. 2005. *Análise do Ciclo de Vida de Tijolos Prensados de Escória de Alto-Forno*. Vitória: PPGEC / UFES.

Rodrigues, C. R. B.; Zoldan, M. A.; Leite, M. L. G. & Oliveira, I. L. 2008. Sistemas computacionais de apoio a ferramenta análise de ciclo de vida do produto (ACV). In XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008.

Ferreira, J. V. R. 2004. *Análise de ciclo de vida dos produtos*. Gestão Ambiental. Instituto Politécnico de Viseu: Portugal.

Ejemplo de una aplicación del Análisis de Ciclo de Vida a dos Materiales de Construcción en Uruguay.

Marcela Núñez Silva

Programa de Postgraduación en Construcción de Obras de Arquitectura. Universidad de la República, Facultad de Arquitectura. Montevideo Uruguay.

marcela.nunez.silva@gmail.com

Carola Bianco

Universidad de la República, Facultad de Arquitectura. Montevideo Uruguay.

cabiarg@gmail.com

Alicia Mimbacas

Universidad de la República, Facultad de Arquitectura. Montevideo Uruguay.

arqmimbacas@gmail.com

Virginia Casañas

Universidad de la República, Facultad de Arquitectura. Montevideo Uruguay.

vcasanas@gmail.com

ABSTRACT: This research aims to establish criteria for selection of building materials based on standards of environmental sustainability, incorporating economic and social dimensions. The purpose is to exemplify the methodological strategy to compile a national database of reference materials. Using the criteria established by the ISO 14040:2006 Norm and by BEES, applied to national information of public access of the DINAMA, the BCU and the INE, we created a system of indicators of environmental, social and economic impact in the lifecycles of the reinforced concrete and the industrialised wood. From inventory inputs and outputs reports, we calculate its index of environmental impact in all phases and during their whole lifecycles. An index of socio-economic impact, BEES complementary was developed to express the model in a triple bottom line. The lifecycle of the concrete is less sustainable than wood, requires further reduction of impacts at the beginning and end of the lifecycle.

Keywords: Life-cycle assessment. Sustainability assessment. Construction industry. Building Materials.

RESUMEN: Esta investigación pretende establecer criterios de selección de materiales de construcción basados en estándares de sustentabilidad ambiental, incorporando las dimensiones económica y social. Se propone ejemplificar la estrategia metodológica que permita confeccionar una base de datos nacional de materiales de referencia.

Utilizando criterios de la ISO-14040:2006, el BEES, aplicados a la información pública de la DINAMA, el INE y el BCU, confeccionamos un sistema de indicadores de impacto ambiental, social y económico, en los ciclos de vida del hormigón armado y madera industrializada.

A partir de inventarios de entradas y reportes de salidas, calculamos su índice de impacto ambiental en las fases y totalidad del ciclo. Se elaboró un índice de impacto socioeconómico, complementario al BEES, que expresa el modelo en una triple cuenta de resultados. El ciclo de vida del HA resultó menos sustentable que el de la madera, requiere mayor reducción de impactos al inicio y final del mismo.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de vida. Evaluación por sustentabilidad. Industria de la construcción. Materiales de construcción.

1 INTRODUCCIÓN:

Este artículo tiene como antecedente el documento colectivo “*Materiales de Construcción + sustentabilidad*” elaborado en noviembre de 2013 como trabajo final del curso Edificios y Comunidades Sustentables, dictado por las profesoras Dra. Arq. Alicia Mimbacas y Mag. Arq. Virginia Casañas, en la Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República de Montevideo, Uruguay. Surgió como una respuesta a la carencia de una metodología para la evaluación de los materiales de la industria de la construcción uruguaya, desde una perspectiva sustentable y bajo especificaciones basadas en desempeño ambiental económico y social.

La industria de la construcción en el desarrollo de su ciclo productivo consume más del 50% de los recursos naturales del planeta, genera más del 50% de los residuos mundiales. (Arenas Cabello F, 2008). A su vez es una de las actividades económicas más demandantes de mano de obra y es la que genera las soluciones habitacionales para las personas carentes de vivienda. En los últimos diez años, la industria de la construcción uruguaya ha tenido un fuerte dinamismo, es uno de los sectores productivos que presenta mayor inversión nacional y extranjera. Entre el año 2003 y el 2012 su participación en el PIB se duplicó pasando del 4% al 9%. (Uruguay XXI, 2013). Esta diferencia es aún mayor ya que el PIB de Uruguay ha tenido una tasa total de crecimiento del orden de 3,6% entre el año 2003 y el 2013. En cuanto a la población económicamente activa, la construcción es uno de los principales generadores de empleo del país, en el año 2013 ocupó al 8,2% del total. (INE, 2013). Por su gran incidencia en el ambiente, la economía y la sociedad, aproximarse al estudio del desarrollo de esta industria en cuanto a criterios de sustentabilidad, permitirá tomar decisiones más acertadas en función del análisis de los impactos que genera sobre el medio. En Uruguay no existen datos oficiales con referencia a evaluaciones con criterios de sustentabilidad, no hay una normativa oficial de referencia, ni bases de datos públicas o privadas que categoricen la sustentabilidad de los materiales, por ello la pertinencia de esta propuesta.

2 ESTRATEGIA METODOLÓGICA: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV).

Ante la necesidad de abarcar todas las etapas del proceso de la construcción, se hace necesaria la utilización de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). El ACV para un producto de la industria de la construcción, considera el flujo de entradas y salidas del ciclo integrado por las fases que comienzan con la extracción de la materia prima, continúan con la fabricación de los insumos de obra, considerando el transporte entre cada una de las fases, siguen con el uso y el mantenimiento una vez construida la obra, con el fin de su vida útil y demolición, y finalizan con la reutilización de los materiales de demolición o su disposición final según sea el caso. Tradicionalmente la industria de la construcción tiene ciclos productivos abiertos, para avanzar en la sustentabilidad de los procesos se pretende lograr ciclos cerrados, reduciendo al máximo la generación de residuos y promoviendo su reutilización como insumos en la fabricación de nuevos materiales o como insumos de otras industrias. (ISO 14040:2006). En este trabajo se contrasta el ciclo de vida del hormigón armado (HA), material inorgánico que por volumen es el material más utilizado en la industria de la construcción uruguaya, con el ciclo de vida de la madera, material natural cuyo uso ha tenido una gran expansión en los últimos años

2.1 Metodología para un ACV según la Norma ISO 14040:2006. Etapas involucradas:

- Definición de objetivos y alcance: Se definen la razón del estudio, los límites del sistema, el nivel de detalle y a quienes se les comunicarán los resultados.
- Construcción y análisis del inventario del ciclo de vida (ICV): Se recopilan los datos y procedimientos de cálculo y se cuantifican las entradas y las salidas del sistema. (Entradas de energía, materia prima, entradas auxiliares y otras entradas físicas. Salidas de productos, subproductos y residuos, emisiones al aire, vertidos al agua y suelo).

- Evaluación de impactos del ciclo de vida (ICV): Con los resultados del ICV, se evalúan los impactos ambientales potenciales. Para poder evaluar los impactos ambientales específicos, se asocian los datos del inventario primero con las categorías de impacto y segundo con los indicadores de cada categoría. Se seleccionan y definen los impactos, se clasifican como cargas por daño potencial y se convierten las cargas a magnitud de impacto.
- Interpretación de los resultados: Para establecer conclusiones, proporcionar recomendaciones y explicar las limitaciones, se sintetizan y discuten los resultados de las fases anteriores, para verificar la coherencia con el objetivo y alcance definidos. (ISO 14040:2006)

2.2 Metodología para un ACV según el Software BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability):

El software BEES V.4.0 se utiliza para evaluar ambiental y económicamente la sustentabilidad de los materiales de uso en la construcción y las edificaciones. Determina el “costo efectivo” para poder seleccionar los productos económica y ambientalmente más rentables. Es un software gratuito y online desarrollado por el National Institute of Standards and Technology (NIST). Mide el desempeño ambiental mediante el método de evaluación del ciclo de vida de las normas ISO-14040 y el desempeño económico mediante el costo del ciclo de vida estándar de la norma ASTM E1557-UNIFORMAT II. Estos desempeños posteriormente se sintetizan en un desempeño global basado en la norma ASTM para el Análisis de Decisiones Multiatributo. (BEES, 2014)

A) Las etapas que plantea el programa son las siguientes:

- Análisis del desempeño ambiental y económico: Se pondera el peso de los impactos y se evalúa el costo económico inicial y futuro considerando la tasa de descuentos.
- Alternativas de comparación: Se seleccionan soluciones alternativas para poder hacer la comparación, incluye la consideración de la variable distancia desde la manufactura a la obra.
- Informe de los Resultados: Se obtienen los desempeños económico, ambiental y global, los impactos sobre el ciclo de vida y los datos de consumo energético. (Lippiatt, 2007).

B) Impactos ambientales y económicos que considera:

- Variables de Entrada: Se puede ingresar una puntuación por desempeño ambiental para 12 tipos de impactos ambientales según 4 categorías de ponderaciones del BEES, (ponderación definida por el usuario, ponderación por pesos iguales, ponderación del Consejo científico consultivo de la United States Environmental Protection Agency EPA y la ponderación acordada por el Panel de Informantes calificados del BEES). Además se ingresan los costos iniciales y futuros incluyendo la tasa de descuentos.
- Reportes de salida: Se obtienen los gráficos con los resúmenes de las puntuaciones obtenidas en cuanto al desempeño ambiental y económico del ciclo de vida analizado. Además se pueden obtener gráficos de cada impacto por separado, de la energía incorporada y de los costos iniciales y futuros. (Lippiatt, 2007).

3 SISTEMA DE INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL ECONÓMICO Y SOCIAL:

El BEES es un programa normalizado para EEUU, los resultados no deberían aplicarse en otros países porque los insumos de entrada son diferentes, los productos, las normativas, el tipo de transporte, las prácticas industriales son diferentes. (Abelleira, 2011). Para hacer la traslación de esta metodología al mercado local, se tomaron los datos de los organismos estatales uruguayos que atienden los temas ambientales, económicos y sociales. Para los Indicadores de impacto ambiental, se comparó las etiquetas de clasificación de impactos del BEES con las definiciones de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA); para los indicadores sociales y económicos se tomaron los que refieren a la industria de la construcción en el Instituto Nacional

de Estadística (INE); y para la clasificación de industrias y productos involucrados en el proceso se tomaron las indicadas por el Banco Central del Uruguay (BCU).

3.1 Indicadores de Impacto Ambiental:

La dimensión ambiental no se puede medir en una escala monetaria por ello se debe cuantificar mediante un ACV. (Abelleira, 2011). En Uruguay la política ambiental se basa en la Ley Nº 17.283, ley general de protección del ambiente, proclamada el 28 de noviembre del año 2000. El organismo que hace el contralor es la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA). Para este estudio se tomaron como base los 12 impactos ambientales que indica el BEES. Como no existe una medición oficial que pondere los impactos para esta actividad en el contexto uruguayo, se tomó el criterio de suponer pesos similares en todos los impactos. Se estableció una leve diferenciación basada en las definiciones de la DINAMA y el modelo de sustentabilidad ambiental de la vivienda elaborado por la Intendencia Municipal de Montevideo. Se tomaron tres niveles de impactos (mayor, medio y menor). Para la industria de la construcción uruguaya, los impactos mayores están en el Consumo de agua, porque mayormente se construye con sistema tradicional (HA y mampostería) que utiliza un gran porcentaje de obra húmeda y por consiguiente grandes volúmenes de agua, a este impacto se le asignó 11 puntos. Otros impactos que estarían en este rango serían el calentamiento global, el agotamiento de los combustibles fósiles, la alteración del hábitat, a estos impactos se les asignó 10 puntos. Los impactos de mediano orden estarían en la polución atmosférica, la toxicidad ecológica y la salud humana, a los que se les asignó 8 puntos. Donde menos impactaría la construcción es en la acidificación, la eutrofización, la calidad del aire interior, el smog y el potencial agotamiento de la capa de ozono, por lo que a estos impactos se les asignó 7 puntos.

3.2 Indicadores de Impacto Económico:

Para la incorporación de la dimensión económica se tomaron los costos iniciales y los costos futuros que establece el programa, con ellos el BEES calcula el costo del ciclo de vida CCV para realizar el análisis económico. El período temporal que referencia el programa no termina en el fin de la vida útil de los productos porque corresponde al momento en que la inversión comienza a generar ganancias. (Abelleira, 2011). Para cruzar los datos nacionales con el desempeño económico del BEES se analizaron por fuera del programa los siguientes indicadores económicos:

- PIB (Producto Interno Bruto): por la participación en la producción de bienes y servicios.
- ICC (índice del costo de la construcción).
- Tasa de empleo y desempleo.

3.3 Indicadores de Impacto Socioeconómicos:

La incorporación de la dimensión social es la más difícil de determinar porque tiene muchos aspectos potencialmente significativos, es la que reclama más mediciones cualitativas y cuantitativas combinadas. Para aproximarnos a la resolución del tema se identificaron varias publicaciones que han hecho avances en este sentido. Se tomó como referencia la selección de indicadores sociales que se adoptaron en el trabajo de Murat Kucukvar y Omer Tatari (2013) donde se proponen: Ingresos, Accidentes Laborales e Impuestos.

Tomamos estos tres indicadores utilizando los datos que brinda el Instituto Nacional de Estadística (INE) para el sector de la construcción de Uruguay. A los tres indicadores seleccionados, se los consideró con la actual organización de los sistemas productivos del país, pues se entiende que si se producen cambios en la demanda de los productos la correlación de fuerzas entre los indicadores de impacto también cambiará.

- Ingresos: Es un importante indicador social porque contribuye al bienestar social de las familias. (Kucukvar & Tatari, 2013). Para comparar el nivel de empleo de las actividades, se determinó cuán intensivo es el empleo de las construcciones en madera y de las construcciones en HA. Según el Censo del año 2011 del INE, el 97,2% de las viviendas particulares ocupadas en Uruguay están construidas con sistema tradicional (HA y mampostería). Para comparar el nivel de ingreso salarial neto entre las actividades se tomó el laudo salarial de un oficial carpintero y un oficial albañil para la industria de la construcción uruguaya. Según el Laudo de la Construcción de fecha 1/10/2013, según ingresos por hora y semanales, la hora de oficial Carpintero es \$134,77, por semana incluyendo el incentivo semanal gana \$6.042; la hora de oficial Albañil es \$126,08, por semana incluyendo el incentivo semanal \$5.653. Resulta que un carpintero gana casi un 7% más que un albañil, pero sus oportunidades de laborales son más escasas.
- Accidentes laborales: Es un indicador que tiene un impacto significativo en la calidad de vida del trabajador y de su familia. (Kucukvar & Tatari, 2013). En Uruguay en el año 2013 se produjeron un total de 54.000 accidentes laborales en todo el país, la construcción es la industria que más accidentados tiene. Esta cifra se redujo significativamente con la promulgación de la Ley 19.196, ley de responsabilidad penal empresarial del 25 de Marzo de este año. Esta ley determina que el empleador posee responsabilidad penal por los accidentes de trabajo de sus trabajadores si se demuestra que incumplió con normas de seguridad y salud. Comparando con datos históricos promedio, con esta ley se logró que se produjeran 2.515 accidentes menos en la construcción en lo que va del año 2014.
- Impuestos: es otro importante indicador social porque se utilizan para apoyar los planes sociales de salud, educación, vivienda, etc. (Kucukvar & Tatari, 2013). En este punto se elaboró un indicador en cuanto a impuestos. Se tomaron 4 parámetros: IVA (impuesto al valor agregado), aportes patronales, impuestos salariales a los trabajadores y subsidios a las actividades.

Para comprobar la recaudación de IVA (22% de impuesto al valor agregado) de los dos materiales, se compararon los precios que brinda la empresa Inca-Akzonobel en su publicación "Costos de Componentes de Obra" de agosto de 2014. Un m³ de Vigas de HA cuesta \$27.128,31 y aporta \$8.314,94 de leyes sociales. Las Vigas de madera de 3" x 8" cuestan por metro lineal \$3.040,06 y de aportes tienen \$676,32. Calculando el costo por m³ de vigas de madera, nos da que costarían \$4.983,61 y aportarían \$993,97 de leyes sociales. El precio del m³ de hormigón es aproximadamente 5,5 veces mayor que el de la madera, por lo que en impuestos sería esa la diferencia en recaudación por m³.

En cuanto a los Aportes Patronales y los Impuestos Salariales a los trabajadores, la mayor diferencia está en la superficie de obra construida y la cantidad de mano de obra empleada en un sistema y otro. El porcentaje de integración nacional en el proceso industrial del material es clave para la recaudación de impuestos, porque en la práctica se pagan en el país de origen. Según los aportes por leyes sociales del párrafo anterior, la diferencia de recaudación del HA es 8,37 veces mayor por m³ que el de la madera. Además si consideramos la integración nacional, vemos que la elaboración del HA tiene un mayor impacto social positivo porque su mano de obra y materiales son prácticamente 100% nacionales en todo su ciclo.

En cuanto a los subsidios, el más importante que se ha otorgado en los últimos años, es el subsidio a la inversión privada para la promoción de la construcción de viviendas de interés social. Se promulgó con la ley N° 18.795 Ley de Acceso a la Vivienda de Interés Social del 17 de agosto de 2011. Establece un plan quinquenal de vivienda que promueve la inversión privada a través de la exoneración de tributos e impuestos a la construcción. Se hacen descuentos de IVA para enajenación, construcción, refacción y reciclaje de viviendas; exoneración del pago del IRAE (Impuesto a las Rentas de las

Actividades Económicas) en la primera enajenación de los proyectos declarados promovidos; exoneración del pago del IP (Impuesto al Patrimonio) de los inmuebles declarados promovidos hasta que se culminen las obras; entre otros. A más de dos años de entrada en vigencia de la ley, ya se aprobó la construcción de 8.460 viviendas en todo el país. La obtención o no de subsidios marca otra diferencia entre los dos productos. Casi el 99% de los proyectos enmarcados en la promoción de inversiones están planteados para sistema constructivo tradicional (HA y mampostería).

3.4 Clasificación de industrias y productos involucrados en un ACV para la construcción.

Se utilizó la clasificación que establecen las Cuentas Nacionales del Banco Central del Uruguay (BCU):

Categoría A: solamente lo correspondiente a Silvicultura (extracción de madera y actividades de servicios conexas); categoría C: Explotación de Minas y Canteras; categoría D: Industrias Manufactureras (producción y fabricación de productos de madera; fabricación de coque; fabricación de metales comunes, productos elaborados de metal, etc.); categoría F: Construcción; categoría I: Transporte.

4 CICLO DE VIDA DEL HORMIGÓN ARMADO Y LA MADERA INDUSTRIALIZADA EN URUGUAY

4.1 Objetivos y alcance:

Según los objetivos planteados en el resumen de este documento, se evaluó en forma resumida el ciclo de vida del HA y la madera. Para el estudio particular del HA se tomó el caso de las vigas elaboradas con hormigón premezclado pues por volumen de producción es el que más incidencia tiene en el mercado local. Para el estudio particular de la madera se tomaron los casos de entramado de vigas de madera de pino tratado con arseniato de cobre cromatado (CCA) y las vigas laminadas finger joint, por ser dos ejemplos de productos industrializados desarrollados en el país. Se definieron las unidades de comparación, en el BEES las unidades que se utilizan para la mayoría de los productos son el pie cuadrado, 1ft² (0.09m²), la milla para las distancias y 50 años como período temporal en un ACV completo. Para nuestro cálculo particular se tomó el m³.

4.2 Inventario del Ciclo de Vida (ICV):

- Inventario de Entradas del HA: En el abastecimiento de materiales y materias primas del HA, se consideró la distancia recorrida hasta la periferia y hasta el centro de la ciudad de Montevideo, son 12 km de diferencia entre ambos. Vemos que las adiciones de filler y el cemento son los que recorren la distancia mayor y provienen solamente de dos regiones, Minas a 120 km y Paysandú a 370 km. El resto de los componentes, la arena gruesa, fina, pedregullo, piedra partida, aditivos, se consiguen dentro de un radio de 60 km con respecto al centro de la ciudad. El acero tiene una procedencia altamente disgregada, viene de varias regiones comprendidas dentro de un radio de aprox. 500 km a Montevideo. La única planta procesadora de chatarra ferrosa del país, está ubicada en Montevideo, en el barrio Villa García – Manga y recicla el 100% de lo descartado en mercado local. Lo producido se distribuye a todo el territorio nacional y parte se exporta a Brasil a una distancia promedio de 550 km hasta la frontera y muchos kilómetros más.
- Inventario de Entradas de la madera: La madera natural utilizada en la industria de la construcción nacional es mayoritariamente importada. Los mayores volúmenes se traen por vía terrestre desde varios países de Sudamérica, la mayor variedad se importa desde Brasil (Cejeira, Lapacho, Dinizia, Cedro, Angelin, Cambara, Cedriño, Marupa, Peroba, Quaruba). La

procedencia más lejana es desde China a 18.160km, desde donde se trae por barco producto industrializado (pisos flotantes). La producción nacional de madera industrializada, está ubicada en Rivera a 500 km de Montevideo, Paysandú a 400 km, Durazno a 190 km, Florida a 100 km y Tacuarembó a 389 km. Las empresas hacen todo el proceso, desde la forestación hasta el producto terminado, en su mayoría procesan pino y eucaliptus nacional. Tanto para el HA como para la madera, las fuentes de energía utilizadas en todo el proceso, son electricidad y combustibles fósiles.

- Reporte de Salidas: Considerando únicamente los impactos ambientales, económicos y sociales que afectan a nuestro país, vemos que los mayores impactos ambientales se dan en el ciclo del HA. Se generan en la producción del clinker y del cemento, ya que se reportan emisiones de CO₂, NO_x, SO₂ y polvo. En la madera, se reportaron emisiones de CO₂ y O₂ que según resolución de las Naciones Unidas en el cálculo de impactos se deben compensar; para el caso del pino tratado con CCA hay riesgo de derrame de producto. La mayoría de los productos de madera de origen nacional, responden al modelo de forestación sustentable, esto no es así en algunas maderas importadas. Los mayores impactos socio-ambientales se reportan en las canteras de extracción de agregados del hormigón, cambios en el paisaje, movimientos de tierras profundos, afectaciones en la fauna y flora del lugar, contaminación auditiva y del aire, parámetros que afectan a los trabajadores y los residentes locales. En estos casos además, se puede producir deslocalización y migración de la población local, cosa que no pasa con la madera porque es cultivada en campos privados y de prioridad forestal. Analizando los impactos socio-económicos, el ciclo de vida del HA tiene mayor cantidad de mano de obra empleada, mayor diversificación y especialización de profesiones, mayor incidencia económica en el PBI que el ciclo de la madera.

4.3 Datos que se ingresaron al BEES:

- Las Ponderaciones de Impacto Ambiental se ingresaron según los criterios desarrollados en el punto 3.1.
- Para las Cargas por Desempeño se tomó 50% para el desempeño ambiental y 50% para el desempeño económico. Además se tomó una tasa de descuento real de un 2.7% que es la que establece el programa por defecto.
- Para realizar la comparación entre los dos materiales se utilizó como elemento de comparación, una viga estructural de la envolvente, confeccionada en cemento y en madera. Los materiales del listado del BEES que se utilizaron fueron "generic 100% portland cement 4 ksi" y "generic wood framing treated". El cemento nacional considerado tiene una resistencia de 18.8 a 51.6 MPa y no contiene adiciones. El cemento portland genérico 100% 4 KSI que ofrece el programa tiene una resistencia de 28 a 34 MPa, por lo que es compatible con el cemento nacional.
- Las distancias para determinar el costo del transporte se tomaron hasta dos puntos de referencia en Montevideo, (periferia y centro), esto permitió cubrir cualquier punto de la ciudad. Para la producción del cemento se tomaron 122 km, distancia desde la planta de la ciudad de Minas, productora de clinker y cemento portland, a la planta Sayago hacia dónde se transporta el cemento por tren para incorporarle el yeso. Para la producción del hormigón se tomaron las distancias desde dónde se obtienen los diferentes agregados hasta una de las plantas de elaboración de hormigón a granel de Montevideo en Camino Oncativo, (arena fina 44 km, arena gruesa 60 km, pedregullo 22Km, piedra partida 5 km, filler calcáreo 120 km). Para la producción del acero se tomó la distancia desde la provisión de la chatarra hasta la planta de Montevideo. Se puede obtener en los departamentos de Salto a 490 km, de Rocha a 300km, de Tacuarembó a 389 km, de Soriano a 276 km. Para la llegada del hormigón a granel a una obra de Montevideo se tomaron las dos distancias, periferia y centro. Desde la planta de elaboración de hormigón a granel de Camino Oncativo – Montevideo, hay 22 km para las obras que quedan en el lado opuesto de la periferia y 12 km para las obras del

centro de la ciudad. La distancia total que se debe considerar para el transporte del hormigón es de 863 km (537 millas) para las obras de la periferia y 875 km (544 millas) para las obras ubicadas en el centro de la ciudad. En cuanto a la madera se tomó la proveniente de Rivera, que hace el recorrido más largo hasta Montevideo, son 504 km (313 millas) para las obras de la periferia y 516 km (321 millas) para las obras ubicadas en el centro de la ciudad.

4.4 Evaluación de los Impactos del Ciclo de Vida (EICV):

Si hacemos la comparación de mayor a menor impacto, para el H.A. los impactos más importantes están en el Calentamiento Global, Smog, Agotamiento de los Combustibles Fósiles y Contaminación del Aire; mientras que en la madera están en el Agotamiento de los Combustibles Fósiles, Calentamiento Global y Smog. La diferencia entre centro y periferia no influyó. Como resultado tenemos que el HA es casi 71 veces más contaminante que la madera.

Tabla 1. Pesos ambientales de los materiales según Impacto ambiental. (adaptada de los gráficos del BEES)

Categoría de Impactos	Ponderación	Material y su localización final			
		H.A. al centro	H.A. a la periferia	Madera al centro	Madera a la periferia
1. Acidificación	7%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2. Grado Contam. del Aire	8%	0.0017	0.0017	0.0000	0.0000
3. Ecotoxicidad	8%	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000
4. Eutrofización	7%	0.0009	0.0009	0.0000	0.0000
5. Agotam. Comb. Fósiles	10%	0.0049	0.0049	0.0001	0.0001
6. Calentamiento Global	10%	0.0075	0.0074	0.0001	0.0001
7. Alteración del Hábitat	10%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8. Salud Humana cáncer	5%	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000
9. Salud Humana, no cáncer	3%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10. Calidad del aire interior	7%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11. Debilitamiento de la Capa de Ozono	7%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12. Smog	7%	0.0053	0.0053	0.0001	0.0001
13. Consumo de Agua	11%	0.0004	0.0004	0.0000	0.0000
Sumatoria: Impacto global	100%	0.0212	0.0212	0.0003	0.0003

Unidades: En general los impactos no se expresan en unidades proporcionales, el calentamiento global se mide en dióxidos de carbono, la acidificación en iones de hidrógeno, eutrofización en equivalentes de nitrógeno, etc.; el BEES coloca las unidades de los impactos en una misma escala de normalización, que corresponde al método de evaluación de impactos "TRACI" desarrollado por la EPA y que están cuantificados en flujos de impacto por año y per cápita. (Abelleira, 2011).

4.5 Interpretación de los Resultados:

- Análisis de ciclo de vida de las fases y ACV global: En los dos materiales, los mayores impactos se dan en la fase de la materia prima, fase muy vinculada al agotamiento de los recursos y el stock natural. En el H.A también se producen impactos por el transporte.

Tabla 2. ACV de las fases y Total. (adaptada de los gráficos del BEES)

Fases	Material y su localización final			
	H.A. al centro	H.A. a la periferia	Madera al centro	Madera a la periferia
1. Materia Prima	0.0136	0.0136	0.0003	0.0003
2. Fabricación	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3. Transporte	0.0076	0.0075	0.0000	0.0000
4. Uso	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5. Final de la vida	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sumatoria: ACV total	0.0212	0.0211	0.0003	0.0003

- Costos: En el Costo del ciclo de vida se corroboraron los datos del punto 3.3, en este caso la diferencia es aún mayor porque el H.A. resultó 10 veces más caro que la madera.

Tabla 3. Costo Inicial y costos futuros (adaptada de los gráficos del BEES)

Impactos	Material y su localización final			
	H.A. al centro	H.A. a la periferia	Madera al centro	Madera a la periferia
1. Costo Inicial	30.17	30.17	2.67	2.67
2. Costo futuro – 2,7%	-3.98	-3.98	-0.23	-0.23
Sumatoria:	26.19	26.19	2.44	2.44

- Consumos de Energía: El ciclo de vida del HA consume 13 veces más energía que el de la madera. El 75% de la energía consumida en el HA no es renovable. Por el contrario, en la madera el 76% de la energía consumida es renovable. En el HA casi el 79% de la energía se consume en combustible, mientras que la madera más del 66% se consume en la extracción de la materia prima.

Tabla 4. Consumo de energía renovable o no renovable (adaptada de los gráficos del BEES)

Tipos de Energía	Material y su localización final			
	HA al centro	HA a la periferia	Madera al centro	Madera a la periferia
1. energía no renovable	115.000	115.000	2.8000	2.8000
2. energía renovable	38.3000	38.3000	9.0400	9.0400
Sumatoria:	153.3000	153.3000	11.8400	11.8400

Tabla 5. Consumo de energía (adaptada de los gráficos del BEES)

Localización de Consumos	Material y su localización final			
	HA al centro	HA a la periferia	Madera al centro	Madera a la periferia
1. energía materia prima	32.5000	32.5000	7.8500	7.8500
2. energía en combustible	121.0000	121.0000	4.0000	4.0000
Sumatoria:	153.5000	153.5000	11.8500	11.8500

5 CONCLUSIONES:

Según nuestro análisis, las fases del ciclo de vida de la madera son más sustentables ambientalmente que las del HA. De los componentes del HA el acero tendría un desempeño sustentable ya que es un material reciclado y reciclable, aunque en su fabricación emite gran cantidad de CO₂ que se debería disminuir. En las demoliciones de las construcciones locales todos los productos de demolición van a parar al vertedero, lo que es un gran perjuicio ambiental económico y social. La disposición final de la madera es diferente según sea su tipo (natural o industrializada). El pino tratado con CCA por su contenido químico se deposita en los vertederos y los residuos de las vigas laminadas finger joint pueden ser reutilizados como biomasa, lo que mejoraría aún más su sustentabilidad ambiental. Desde el punto de vista

económico la madera es más sustentable que el HA pero tiene la desventaja que su construcción es más escasa. Desde el punto de vista del desempeño socioeconómico, el ciclo del HA es más sustentable para el país que la madera, porque tiene casi un 100% de integración nacional y brinda más oportunidades de empleo. Como conclusión final, vemos que el ciclo de vida del HA ofrece más oportunidades de mejora, sobre todo si se incorporan fuentes de energía renovables al proceso, y si se cambia el aprovisionamiento de los agregados, con la sustitución de la extracción de la materia prima natural por agregados reciclados y si se separa el acero para su reutilización, etc. Con esto se obtendría un ciclo de vida cerrado, que es uno de los objetivos a lograr para obtener construcciones más sustentables. Además del ACV se deberían considerar variables como potencialidades tecnológicas, rendimiento y durabilidad de un material sobre el otro, porque en definitiva, la selección y la sustentabilidad de un material también dependerán del tipo de obra que se quiera realizar.

AGRADECIMIENTOS

Autores colaboradores: María Fernanda Moreira, María Emilia López, Diego Tarragó, Juan Pelluffo, María Florencia Santiago, Nicolás Bueno.

REFERENCIAS

Abelleira Sánchez P A T. 2011. Aplicación del Software BEES V.4.0 como herramienta de ACV en la Construcción. Barcelona: Máster en Edificación, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona:

Arenas Cabello F J. 2008 Los Materiales de Construcción y el Medio Ambiente. Portalweb: Revista electrónica de Derecho Ambiental, Junio 2008, Número 17, capítulo 3.

http://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html

ASTM E1557-05. 2005. Standard Classification for Building Elements and Related Sitework—UNIFORMAT II. West Conshohocken, PA 19428-2959, United States: ASTM International

BEES 4.0. acceso 2014. homepages of BEES, Building for Environmental and Economic Sustainability, 2007, [web page] <http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm>

Instituto Nacional de Estadística INE (acceso 2013, octubre) Actividad: Construcción. Montevideo: INE, República Oriental del Uruguay www.ine.gub.uy/actividad/construccion.htm

ISO 14040:2006, INTERNATIONAL STANDARD. 2006/07/01 ISO 14040:2006(E) Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. Second edition. Switzerland: ISO copyright office

Kucukvar M, Tatari O. 2013. Towards a “Triple Bottom-Line” Sustainability Assessment of the U.S. Construction Industry. USA: Department of Civil, Environmental and Construction Engineering, University of Central Florida, Orlando, FL USA. Published: The International Journal of Life Cycle Assessment June 2013, Volume 18, Issue 5, pp 958-972

Lippiatt B. 2007. BEES 4.0: Building for Environmental and Economic Sustainability. Technical Manual and User Guide USA: NIST Interagency/Internal Report (NISTIR) – 7423

Uruguay XXI, (2013) Instituto de Inversiones y Exportaciones de Bienes y Servicios. Informes sectoriales, infraestructura y construcción.

<http://www.uruguayxxi.gub.uy/wp-content/uploads/2011/11/Construcci%C3%B3n-2013-Uruguay-XXI2.pdf>

Complementos importantes para evaluar la sostenibilidad de la arquitectura hoy

Raúl Cordero Gulá

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Ecuador

raul.cordero@ucuenca.edu.ec

ABSTRACT: Emerging countries are generally low consumption of energy, and thus have little influence on the carbon footprint and ecological damage to the planet, but instead have many social needs such as homelessness, housing without services, health problems, unemployment, etc. Therefore they deserve an evaluation tool of architectural sustainability which considers the social, housing production, jobs, health, all evaluated from the perspective of each culture and the weight of aspects carbon footprint or energy consumption is not the only one. Moreover this tool evaluates the aesthetic and architectural landmarks as part of the social aspects that should also be evaluated worldwide, and the proposal has been applied in heritage and contemporary buildings, conducted as a research project at the University of Cuenca, in collaboration with UPM.

Keywords: Evaluation of sustainability, social deprivation, emerging countries, aesthetics and milestones.

RESUMEN: Los países emergentes en general son poco consumidores de energía, por tanto tienen poca influencia en la huella de carbono y el daño ecológico al planeta, pero tienen muchas carencias sociales como la falta de vivienda, sin servicios, con problemas de salud, falta de trabajo, etc. Por eso merecen tener una herramienta de evaluación de sostenibilidad arquitectónica que considere lo social, la producción de vivienda, fuentes de trabajo, salud, todo esto evaluado desde la óptica de cada cultura y en la que el peso de aspectos como la huella de carbono o el consumo energético no sea el único. Por otra parte esta herramienta evalúa la estética y los hitos arquitectónicos como parte de los aspectos sociales que deberían evaluarse en el mundo, y la propuesta ha sido aplicada en edificios patrimoniales y contemporáneos, realizada como proyecto de investigación de la Universidad de Cuenca, en colaboración con la UPM.

Palabras Clave: Evaluación de la sostenibilidad, carencias sociales, países emergentes, la Estética y los hitos

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Otra sostenibilidad en los países emergentes

Los países “emergentes” son un mundo diferente a los países desarrollados, casi inversos en cuanto a sostenibilidad.

En los países desarrollados, “el movimiento verde se desarrolla en los años 70 con especial énfasis en la conservación de la energía y la eficiencia energética. En los 80 crece la preocupación acerca del impacto que produce la operación de un edificio y la fabricación de los materiales de construcción sobre el medioambiente natural.”(Macías & Navarro, 2010)

En esos países surge una “conciencia ecológica de conservar recursos y ambiente, pero que olvida las demás necesidades humanas y sociales, que se dan en el resto del mundo”(Lamela, 2005) y la repetida frase “Desarrollo Sostenible aquel que satisface las necesidades del presente, sin crear problemas medioambientales, y sin comprometer las demandas de las futuras generaciones” (Lamela, 2005) en realidad se refiere al consumo energético y de recursos, así

que hoy se plantea por ejemplo “el ahorro energético, y del uso del agua en prácticamente todos los ámbitos” (Asrar, Hipps, & Kanemasu, 1984), pero en los países emergentes son otras las carencias y problemas.

Y por otra parte el ahorro de energía esperado no se da por “el efecto rebote, o el mayor uso de los servicios de energía después de un aumento en la eficiencia” (Ghosh & Blackhurst, 2014). Ni siquiera el crecimiento poblacional influye tanto como el consumismo (Satterthwaite, 2009), y en realidad “el cambio climático es responsabilidad de 30 grandes empresas en el mundo” (Ihlen, 2009)

Todo lo dicho ocurre en los países desarrollados, no en los llamados países emergentes, que no son los que producen la huella de carbono, ni el recalentamiento del planeta ni la contaminación de los mares, en la medida que si lo hacen los países industrializados, para los países emergentes es prioritario salir de las carencias y deudas sociales, como la misma falta de vivienda o viviendas sin calidad mínima ni servicios, la falta de trabajo y de salud, etc.

Voces solidarias en todo el mundo ya se dan cuenta de que el mundo es uno solo: “Resulta imprescindible la creación de un adecuado marco de cooperación, de dimensiones globales, para romper las .asimetrías mundiales.” “Es fundamental que el progreso general de la Humanidad sea armónico... como nunca antes en la historia humana, el destino común de nuestra especie nos impulsa a buscar un nuevo comienzo en nuestras ambiciones y actividades” (Macías & Navarro, 2010).

1.2 Sabiduría ancestral y culturas diferentes

Los países emergentes por otra parte son en muchos casos culturas diferentes y no todo lo occidental es válido ni lo mejor en ellos, por citar un ejemplo el hacinamiento no se da cuando dos o más personas duermen en una habitación, los Huaoranis por ejemplo tienen una casa de un solo ambiente donde viven alrededor de 6 familias, aunque incluso el concepto de familia es otro. Eso no es hacinamiento porque sus prácticas sexuales no se dan en la vivienda, es decir en esta herramienta muchas cosas son entendidas y calificadas considerando y respetando las culturas.

Para muchos dormir en una hamaca puede ser un signo de calidad de vida deficiente, para los Cofanes esa es la más cómoda forma de dormir.

A esto se suma el hecho de que las arquitecturas aborígenes tienen sabias y propias enseñanzas de climatización pasiva. Así por ejemplo en las sierra en climas fríos los muros son gruesos y de tierra, las ventanas son pequeñas, en tanto que en los climas cálidos las paredes son de caña abierta que deja pasar el aire, y en los climas cálidos húmedos son también de madera y ventanas abatibles con un ingenioso diseño para dejar pasar la luz y el viento así como la integración visual con el ambiente exterior. Cada una de las culturas con sus matices como la casa Huaorani de bijao y chonta sin ventanas pero con separación entre cada pieza que da geniales resultados al impedir la vista exterior y en cambio propiciar una visión de 360 grados desde el interior. Arquitecturas diferentes para circunstancias opuestas (Fig. 1).

La herramienta considera un mérito el uso de estas sabidurías que por su puesto es confort y ahorro.

Un ejemplo interesante y anecdótico de las sabidurías ancestrales locales es la de que la misión Geodésica Francesa en el siglo XVIII, definió aquí la medida de la Tierra midiendo puntos montañosos y sus ángulos con el Sol, estableció el metro como unidad de medida y fijó la posición de la Línea Ecuatorial. Hoy puede comprobarse con GPS satelital que esa línea tenía un error de 300 ms, y que en la posición exacta en cambio existe un monumento de la cultura Kitu Kara, de cientos de años antes de Cristo que además deja constancia del ángulo que el eje de la

Tierra tiene con el plano de la órbita elíptica de la Tierra, determinando los solsticios y equinoccios.



Figura 1. (a) Estrategias bioclimáticas ancestrales (b) Estrategias bioclimáticas ancestrales.

1.3 Otra sostenibilidad en los países emergentes

El Ecuador por ejemplo produce apenas el 0,1 % del CO₂ del planeta, y la huella de carbono de un ecuatoriano es decenas veces menos que la de un norteamericano por ejemplo.

Todo esto hace que porcentualmente el tema de la contaminación por la arquitectura sea menor al de otras regiones y países del planeta. En general los países no industrializados producen muchísimo menor cantidad de contaminación.

No obstante, como en el resto del mundo se incentiva el menor consumo de combustibles fósiles, contribuyendo al control de la huella de carbono que afecta al planeta.

De hecho para el País es importante cambiar la matriz energética con otras opciones como las eólicas, fotovoltaicas, etc. en las que el Ecuador viene trabajando como en el Proyecto Villonaco (Loja) parque eólico con tecnología de punta recientemente inaugurado; y tiene proyectos de investigación sobre cubiertas vegetales y esfuerzos particulares como casas autosuficientes que no necesitan conectarse ni a la red eléctrica, y constantes estudios sobre sistemas pasivos para climatización (Fig. 1).

Yasuní es otro ejemplo pionero en el empeño de no sacar el petróleo que contiene el subsuelo de este parque natural ecuatoriano, para evitar que el CO₂ que produciría vaya a la atmosfera del planeta. Pero lo social es de hecho el tema básico a solucionar en los países emergentes.

1.4 Lo social un aspecto fundamental a solucionar para la sostenibilidad básica

Según la Organización Mundial de la Salud, y el ILDIS:

- El 50% de los niños sufren de desnutrición;
- De 8.116.588 personas mayores de 15 años, el 21.3% es analfabeta funcional, es decir, que no pueden entender lo que leen;
- El 69% de los niños menores de 5 años en el Ecuador, viven en condiciones de pobreza;
- De los niños no matriculados en escuela, el 68.6% lo hizo por razones de pobreza;
- La deserción escolar en el 2001 que alcanzó al 11.1% de la población matriculada en 1er grado;
- La tasa de desempleo en el 2014 (primer trimestre) fue del 11.1%;
- Aproximadamente 25% de la población ha emigrado a otros países;
- De las personas en edad laboral, el 11.3% no tiene empleo y el 42.2 trabaja en el sector informal;
- Las Viviendas aceptables según materiales son el 67%;

- Con adecuado abastecimiento de agua 49%;
- Disponibilidad de servicios eléctricos 62%;
- Adecuada eliminación de aguas servidas 39%;
- Al menos un cuarto por cada 2 personas 61% (En las ciudades, que viven a la manera occidental donde este concepto es válido).

En el documento “Habitabilidad Básica” De Salas y otros, se citan: La Meta 11 de los ‘Objetivos de Desarrollo del Milenio’ (Naciones Unidas, Nueva York, 1999), que propone como fundamental:

«...Mejorar considerablemente la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de tugurios para el año 2020».

En el 2011, se ha elevado a Derecho Humano Universal, el “...derecho de todos al agua y el saneamiento. Esta es una entre otras, afirmaciones y reflexiones que dan cuenta de la necesidad de dar por lo menos una vida básica una habitabilidad básica a gran parte de la población del mundo.

En realidad el concepto de base de la sostenibilidad, término usado por primera vez por Henry Kissinger al plantear la nueva utopía frente a la caída de los sistemas comunistas en el mundo, incluía a más de la defensa ecológica y de consumo energético, el Bienestar social y una economía que de trabajo.

En la mayoría de las herramientas de evaluación de la sostenibilidad en la arquitectura no se consideran con intensidad ni claridad estos últimos aspectos que para Latinoamérica y otras regiones del mundo es fundamental, tanto o más aún que la ecología.

El Dr. Julián Salas dice al referirse a la formación académica que “se conforma a partir de fenómenos observados en países desarrollados que cuantitativamente constituyen el “caso particular”, por lo que resulta intrínsecamente inaplicable al “caso general”, si realmente lo que se pretende es paliar necesidades que son preponderantes en países subdesarrollados”.

La sostenibilidad y su implicación en la formación y los foros de debate, para Latinoamérica tiene esta connotación fundamental lo social y sus carencias. La arquitectura y la construcción es uno de los rubros más importantes de la economía, pero no debe entenderse únicamente como la gran empresa de construcción que muchas veces es la que no le importa la destrucción del planeta ni la pobreza de la gente, y que solo busca el enriquecimiento de pocas personas, debe por el contrario ser la que de fuentes de trabajo digno, que es quizás lo que más necesita el la gente de los países, que no siempre están en vías de desarrollo.

No se puede entonces aplicar directamente una herramienta internacional ni los mismos conceptos que responden a intereses ajenos para evaluar la arquitectura en cualquier parte del mundo. Es obligatorio plantear una herramienta para países del tercer mundo, además una herramienta sin ánimo de lucro, y si con ánimo de construir una sociedad limpia, empezando por limpiar la miseria.

Esto ha motivado el proyecto de investigación e indicadores para evaluar la sostenibilidad en países emergentes que se está desarrollando entre equipos técnicos de la Universidad de Cuenca y la Universidad Politécnica de Madrid.

“Desde el año 2000, el número de métodos para la evaluación medioambiental de edificios en el mundo se ha multiplicado considerablemente, BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) fue el primer sistema (aparecido en 1990) que ofreció un método de etiquetado de edificios aunque LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es el de mayor implementación en el mercado de grandes edificios” (Macías & Navarro, 2010).

Los países emergentes o más o bien pobres, pues no siempre están emergiendo, merecen una comprensión diferente de los aspectos más importantes para sus problemas, y con un peso correspondiente a su realidad y necesidades.

2 METODOLOGÍA

Si bien la herramienta en construcción, tuvo una primera aproximación a la revisión de una decena de las herramientas internacionales más usadas, esta pretende que no sea la adaptación del esquema ni contenidos de ninguna de ellas, sino más bien una propuesta refrendada por el conocimiento, los viajes y vivencias del Ecuador, la cual una vez elaborada como se presenta a continuación, se confronta luego en este nivel con los listados de Categorías y Criterios de las principales herramientas internacionales para determinar si hay alguna categoría o criterio que pueda ser útil y que no haya sido considerada.

2.1 Viajes y Vivencias Referenciales en Ecuador

El resumen de las viajes efectuadas es presentado en la Tabla 1. En cada viaje se va probando y perfeccionando la herramienta en desarrollo.

Tabla 1. Resumen de las viajes efectuadas

Evento y Fecha	Destino	Ciudades
Seminario la sostenibilidad, 2013.	Sierra Sur, Costa Centro	Cajas Guayaquil, Montañita, Salinas. Confort diferente casa sana
Seminario nuestra sostenibilidad, 2014.	Sierra Centro, Oriente Tambo	Cañar, Chimborazo, Baños, Puyo, Macas, cola de San Pablo, Paute Cuenca
Reflexiones los aspectos Plus, 2015.	Sierra Norte, Costa Norte	Quito, Mitad del Mundo, Same, Atacames, Casa Blanca Esmeraldas

La pirámide de las necesidades humanas que ha sido comentada por varias fuentes en su parte alta, muestra entre las necesidades a satisfacer también las emocionales, las artísticas. Y es que el mundo más allá de la pobreza y la riqueza económica, valora la belleza aprecia la emoción y lo espiritual.

El tema de la belleza inherente a la arquitectura siempre ha sido eludido, aunque en realidad es uno de los factores que inconscientemente hace que valoremos la arquitectura.

En alguna medida mencionan Placido González y Carlos García de la universidad de Sevilla España, denominado Arquitectura Contemporánea en la ciudad Histórica.

Si bien es de apreciación subjetiva, existen métodos subjetivos para su evaluación y han sido tocados y aplicados con más detenimiento en la segunda parte de este trabajo.

Por otra parte muchos países tienen ciudades patrimonio reconocidas por la Unesco, cuya valoración y respeto debe premiarse como parte de una herramienta adecuada, algunas lo hacen; la creatividad y la innovación de la misma manera, así como el aprendizaje de los saberes bioclimáticos ancestrales y el rescate de la identidad.

El proyecto de investigación Indicadores para evaluar la sostenibilidad de la arquitectura en países emergentes, ha realizado foros de discusión de sus técnicos, y un seminario denominado la evaluación de la sostenibilidad en Países emergentes, que entre otras cosas recibió aportes de discusiones debates y mesas redondas.

Así ha ido construyendo criterios y propuesta de pesos que el autor de este artículo y director del proyecto propone en el siguiente cuadro como primera instancia.

2.2 Primera propuesta

En las tablas 2-5, se darán a conocer las primeras propuestas con respecto a los aspectos constructivos urbanísticos, aspectos de habitabilidad, aspectos plus y aspectos de consume energético. En las mismas que se colocarán puntajes máximos y porcentajes.

Tabla 2. Aspectos constructivos urbanísticos.

Numero	Sub aspecto	Puntaje máximo ponderado	Porcentaje
1	Materiales mínimos aceptables	50	3,57
2	Disminuir el déficit de vivienda	100	7,14
3	Disponibilidad de servicios	40	2,86
4	Recurso bioclimáticos constructivos y uso de estrategias pasivas	150	10,71
5	Patologías constructivas	200	14,29
6	Gestión y reciclaje de residuos de la construcción	10	0,71
7	Uso de madera con sello verde	10	0,71
8	Materiales nocivos y sanos	30	2,14
9	Huella ecológica de materiales	10	0,71
10	Accesibilidad a transporte publico	20	1,43
11	Reutilización de la estructura	20	1,43
12	Crea fuentes de trabajo	50	3,57
13	Espacios abiertos en interiores	50	3,57
14	Cercanías de servicios	100	7,14
15	Entorno	100	7,14
16	Vistas	20	20,00
17	Iluminación externa	10	0,71
Total		970	87,86

Tabla 3. Aspectos de habitabilidad.

Numero	Sub aspecto	Puntaje máximo ponderado	Porcentaje
1	Casa sana	20	1,43
2	Confort: auditivo, climático, sociológico	20	1,43
3	Sintaxis	30	2,14
Total		70	5,00

Tabla 4. Aspectos plus.

Numero	Sub aspecto	Puntaje máximo ponderado	Porcentaje
1	Estética	80	5,71
2	Crea hitos de algún nivel	30	2,14
3	Contribución conservación de la identidad	30	2,14
4	Conservación de patrimonio	30	2,14
5	Incorpora creatividad arte, artesanía, etc.	20	1,43
Total		190	13,57

La propuesta en desarrollo se confrontado en este nivel con los listados de Categorías y Criterios de las principales herramientas internacionales para determinar si hay alguna categoría o criterio que pueda ser útil y que no haya sido considerada, y principalmente se han detectado aspectos que no han sido considerados con la suficiente presencia, y que han sido incorporados en la herramienta presente.

Tabla 5. Aspectos de consumo energético.

Numero	Sub aspecto	Puntaje máximo ponderado	Porcentaje
1	Consumo de agua	20	1,43
2	Consumo de gas (glp)	50	3,57
3	Consumo de combustible	50	3,57
4	Consumo eléctrico	50	3,57
Total		170	12,14

A continuación se adjunta la imagen de la tabla de comparación que ha permitido establecer la primera propuesta que se ha mostrado aquí (Tabla 6).

Tabla 6. Aspectos a evaluar y su peso para diferentes lugares

		Considerados en otras herramientas				importancia o peso ponderado relativo
		mucho	poco	casi nada	Lugares con pobreza económica	Lugares con desarrollo económico
DEFICITS	ASPECTOS SOCIALES aporte a las carencias y déficits sociales				A fundamental	C No tienen ese problema
	Contribución a disminuir el déficit de Vivienda				Premiar	
	Contribuye al bienestar de las clases más pobres				Premiar	
DA TRABAJO	Creación de más fuentes de trabajo, tanto en materiales, sistema constructivo y uso					
	Dinamizar la economía para producir trabajo e ingresos a las clases más pobres				Premiar	
TECNICO CONSTR.	Disponibilidad de Servicios básicos, agua potable, luz eléctrica, tratamiento de aguas servidas				PREREQUISITO	
	Evita riesgos de desastres				PREREQUISITO	
	Buen estado de las instalaciones				PREREQUISITO	
	Materiales aceptables, no tóxicos, y de acuerdo a las culturas, clima y uso					
	Innovación con buenos resultados					
BIENESTAR	Buen estado de la construcción					
	Confort climático, lumínico, auditivo, otros, pero de acuerdo a las culturas					
	Hacinamiento pero de acuerdo a los conceptos de cada cultura (2 hab por habitación no en toda cultura)					
	Casa sana que no produzca enfermedades					
SINTAXIS	Funcionalidad					
	Adaptabilidad a situaciones cambiantes					
	Accesibilidad					

		Considerados en otras herramientas			importancia o peso ponderado relativo	Lugares con desarrollo económico
		mucho	poco	casi nada	Lugares con po- breza económica	
CONTEXTO	Espacios verdes. Valor especial para lo autóctono					
	Vistas					
	Comercio, deporte, ocio, educación, salud					
	Disponibilidad de transporte					
C No son los destructores del planeta						
ASPECTOS DE CONSUMO ENERGETICO	Usos de sistemas bioclimáticos, orientación, vegetación, ventilación, muros trombe, etc. de acuerdo al clima				Premiar	
	Aprendizajes de culturas ancestrales CULT					
	Cubiertas verdes				Premiar	
	Usos de energías renovables eólicas, calefacción solar, fotovoltaicas, otras				Premiar	
	Transporte público, bicicletas				Premiar	
	Senderos peatones cubiertos de la lluvia y el sol					
	Innovación, cementos catálitos por ejemplo					
	Consumo real de gas GLP, luz eléctrica, agua,					
	Desperdicio de energía					
	Gestión del edificio, manual de uso					
	Reciclaje y gestión de materiales de residuo (no tan común en países emergentes)					
	Estudio de impactos ambientales aprobado					
ASPECTOS EMOCIONALES	Estéticos CULT				A cada vez más importante	A cada vez más importante
	Hito CULT				A cada vez más importante	A cada vez más importante
	Conservación o rescate de patrimonio CULT				A cada vez más importante	A cada vez más importante
	Conservación de la identidad y la cultura CULT				A cada vez más importante	A cada vez más importante
	Arte y artesanías incluidos CULT				A cada vez más importante	A cada vez más importante

	Considerados en otras herramientas		importancia o peso ponderado relativo
	casi mucho	poco nada	Lugares con breza económica Lugares con desarrollo económico
Los aspectos sociales son importantes para los países emergentes y menos para los países desarrollados			Los aspectos Emocionales son importantes hoy para todos y no han sido suficientemente tratados
Runa			Sumaq
Hombre			Belleza

2.3 El tratamiento de la evaluación de los aspectos subjetivos

Este artículo si bien presenta la herramienta completa prefiere dejar la explicación más detenida de los aspectos plus para una siguiente presentación, y detenerse en los aspectos sociales que son fundamentales para los países pobres.

Por su puesto la evaluación de los aspectos subjetivos y nuevos aquí denominados Plus, el proyecto ha seguido los métodos especializados para estos temas como el de “Expertos” o “informantes Calificados” y el “DElfi”, según los cuales ha elaborado las fichas para dicha evaluación y los ha probado en varios ejemplos nacionales e internacionales.

Esto por si solo constituye otro trabajo, de gran importancia pues se ha evaluado poco, y la presencia de la estética los hitos y los demás factores hacen que las ciudades que los poseen, tengan turismo, mayor movimiento económico, y lo que es más importante, apropiación de sus habitantes.

3 CONCLUSIONES GENERALES Y PROYECCIONES FUTURAS

Un País pobre es muy diferente a los países industrializados, por sus intereses, por su cultura, por su consumo energético y necesita considerandos diferentes para su sostenibilidad.

La herramienta para países emergentes debe tener por lo menos dos condiciones nuevas:

- Tener en su contenido los aspectos de importancia planetaria ecológica, pero también valorar los aportes a la solución de las carencias sociales;
- Las herramientas en el mundo en general deben comenzar a considerar aspectos no siempre considerados como la estética, los hitos, el arte, etc. para los cuales cuando se requiere se aplican técnicas de apreciación para aspectos subjetivos.
- Y quizás lo más importante sea ponderar su importancia asignando el peso a cada aspecto de acuerdo también y de forma prioritaria, con las necesidades y carencias sociales de los países emergentes.
- Por supuesto en lo propuesto, siempre quedan procesos de prueba y rectificación que solo el tiempo puede perfeccionar.

4 AGRADECIMIENTO A COLABORADORES

Denis Abad (niss_karo@hotmail.com) Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Ecuador; Celia Ríos (celi199225@hotmail.com) Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Ecuador; Daniel Lozano (gero_daniel@hotmail.com) Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Ecuador; Verónica Árbito (verito.arbitto@hotmail.com) Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Ecuador.

REFERENCIAS

Barbier, E. B. 2010. Poverty, development, and environment. In *Environment and Development Economics*, 15(Special Issue 06): 635–660. doi:10.1017/S1355770X1000032X

Ghosh, N. K., & Blackhurst, M. 2014. Energy savings and the rebound effect with multiple energy services and efficiency correlation. In *Ecological Economics* : 105, 55–66. doi:10.1016/j.ecolecon.2014.05.002

Ihlen, Ø. 2009. Business and Climate Change: The Climate Response of the World's 30 Largest Corporations. In *Environmental Communication: A Journal of Nature and Culture*, 3(2) : 244–262. doi:10.1080/17524030902916632

Lamela, A. 2005. La Sostenibilidad, Un reto global inaludible. In *Informes de la Construcción*, 11.

Macías, M., & Navarro, J. G. 2010. Metodología y herramienta verde para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. In *Informes de la Construcción*, 14.

Pérez, M. V. 2010. Recursos Naturales del Ecuador. Quito.

Satterthwaite, D. 2009. The implications of population growth and urbanization for climate change. In *Environment and Urbanization*, 21(2): 545–567. doi:10.1177/0956247809344361

Sustainability assessment of biotic building solutions in Netherlands

Tyler Cain

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
t.cain1073@gmail.com

Ronal Rovers

Zuyd University of Applied Science, Research Institute Built Environment of Tomorrow, Heerlen, Netherlands
ronald.rovers@zuyd.nl

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: Since the 1987 Brundtland Report and 1992 United Nations Rio Declaration on Environment and Development, the ideals of sustainable development have been influencing the decisions made by the construction industry. In the European Union buildings currently represent about half of all extracted materials, one third of all waste generated, one third of all water consumed, and half of all energy consumed. This paper proposes a justification for the viability of using regrowable biotic material building solutions to reduce these negative impacts and act as a more sustainable substitute for conventional solutions. A comparative Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) will evaluate the material-energy impact and building performance achieved for 100% biotic material building project in the Netherlands. The MAXergy methodology and Embodied Land Tool will be used to provide a functional framework for the assessment based on an ideal sustainable goal of a closed cycle product. The preliminary results of this assessment showed that the MAXergy building had 3.7 hectare/year/ m² of floor space less than the Dutch reference home it was compared to. With continued improvement of the methodology and research into biotic and regrowable material solutions, MAXergy will have the potential to be a useful educational and practical platform for all parties involved in the building industry.

Keywords: Life Cycle Sustainability Assessment; MAXergy, Embodied Land Tool; Sustainable Development; Biotic Materials

1 INTRODUCTION

Imagine 100 years from now what the homes, buildings, and cities of future generations will look like. Will the same materials be used and more importantly are designers, engineers, owners, and policy makers picturing the same thing? There is no way to answer these questions for certain, but one fact does remain: the goals of current construction industries around the world have changed and are now focused on ensuring that humanity will be able to sustain itself not only for the next 100 years, but indefinitely. In order to achieve this, humanity's perspective on built environments will have to adapt and it will be up to sustainable building assessments to make that happen.

Since the Earth Summit of 1992 in Rio de Janeiro and the development of the voluntary action plan, Agenda 21, the United Nations adopted the objective of creating a more sustainable society than the one that exists today (UN, 1992). This mind-set originated from the environmental and social scientific community recommendations during the 1960's that addressed growing economic, environmental, and societal pressures. The idea of sustainable development was first officially defined in the 1987 Brundtland Report, Our Common Future

(Brundtland, 1987). Soon after in 1999, the internationally accepted study, *Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability*, provided an in-depth look at how the trends of rapid population growth, increasing consumerism, and living outside resource limits during 1999 could negatively affect future generations (NRC, 1999). This study also brought global attention to the many unanswered questions involved with finding sustainable solutions and the need to develop a sustainable science discipline. These early concepts of sustainable development began as broad relative definitions and goals, but inspired the more detailed plans, calls to action, and research that followed. In terms of contributing to physical and psychological sustainability solutions, built environments will have a significant influence in the near future. In the European Union buildings currently represent about half of all extracted materials, one third of all waste generated, one third of all water consumed, and half of all energy consumed (EC, 2014a). The majority of humanity revolves around spending most of its time in or around built environments. If sustainable solutions are increasingly implemented into the design of buildings then by proximity, operation, and association societies will gradually become accustomed to these sustainable products and others like it.

It is the argument of this paper that, in order to achieve more sustainable built environments and a more sustainable society, resource management should be the main focus of sustainable solutions and regrowable biotic building material solutions should be given more priority and development within the mainstream construction industry rather than the contemporary building solutions being used today. Since there is not an official consensus on some material labels it is important to clarify them to ensure a transparent discussion on the sustainability assessment of materials. Realistically all materials come from nature and all materials can be regenerated in some way, thus calling some materials natural, organic, man-made and renewable while excluding others is arbitrary and inaccurate. But there are certain logical distinctions that can be made between materials such as steel and wood which can be described by the following more specific labels:

- biotic or bio-based materials: any material originating from living organisms, typically with little to no processing, usually containing carbon and capable of decay such as wood, straw, hemp, and bamboo;
- regrowable materials: any material that can regrow itself with a natural reproduction process within a generation's lifetime such as 50 years (this is almost impossible for materials such as steel and aluminium without human intervention).

The argument of this study will be supported by the results of a sustainability life cycle assessment of a 100% biotic building project or MAXergy building project developed at Zuyd University in Maastricht, Netherlands in 2010.

2 STATE-OF-THE-ART

2.1 Review of MAXergy building project in the Netherlands

The MAXergy methodology used for this paper's sustainability assessment was developed for a 100% bio-based building student-designed project. This project was among three others as a part of a District of Tomorrow concept that was created at the Zuyd University by the Research Institute Built Environment of Tomorrow (RiBUILT) in late 2010 in order to try and provide a practical platform for stakeholders, education, and local government to use as a transition tool for a more innovative sustainable region. With the cooperation of fellow pupils and partnered professionals, the final student designs are constructed and innovative industry strategies are researched (SBSC, 2014). The 100% bio-based building is still being researched and designed to reach its original goal of becoming one of the first modern buildings in the world to be able to produce or compensate all of its resources on site. According to the MAXergy Methodology and Embodied Land Calculation Tool, in order to be able to regrow the same building within a life

span of 50 years on site efficiently, 100% of the materials should be regrowable, bio-based and low energy cost renewable (SBSC, 2014). The chosen student design has been able to achieve an 82% by weight bio-based solution. Mostly indoor finishing materials and the photovoltaic solar panels chosen to provide energy remain to be converted to bio-based alternatives. The building was designed to have three floors, a support structure made out of wood, a central passive ventilation shaft, and hemp/flax insulation in the walls. The final design specifics and results from the students' assessment included an assumed building life span of 50 years, net living surface area of 266 m², total building material mass of 119662 kg or 449.86 kg/m², and total operation energy of 5624 kWh/yr. The embodied land results were compared to a standard Dutch brick house designed by the Netherlands Enterprise Agency and commercial house made of part wood and part straw bales. Since the buildings were designed with different amounts of square meter floor space and functionalities, it was not relevant to compare their embodied land totals. But by taking the amount of embodied land per square meter of floor space, the three solutions were more accurately compared. The bio-based building project had 5.62 ha-year/m² with 82% of the materials coming from regrowable and bio-based sources. The standard brick building resulted in having 9.3 ha-year/m² of floor embodied land with about 0% regrowable and bio-based materials and the straw/wood building ended up having 9.83 ha-year/m² with only 43% regrowable and bio-based materials. Additionally it was found that the material impact had a much larger impact than the embodied or operating energy impact on all of the designs embodied land totals (Rovers, 2012). These results led to the conclusion that materials may be the most influential factor in a solution when considering total embodied land and that there is a balance between the material and energy impact that needs to be further explored. Since the building industry is investing more in passive design standards and various types of insulation solutions for the renovation of existing buildings, additional research was conducted by RiBUILT to explore the relationship between inputted insulation material and energy generation impact. The goal of this research was to find an optimization between the energy demand, energy generation, and material input in order to help inform how far designers should go with insulation.

2.2 Review of current goals and standards that apply to sustainable built environments in the Netherlands

With the established Agenda 21 goals from the 1992 UN Conference on Environment and Development held in Rio de Janeiro, Brazil, an international conversation was started on sustainable development. This conversation has kept going ever since and improvements have continued to be made to the concept of balancing environmental, economic, and societal aspects of humanity in order to achieve a more sustainable life style. In 2000 during the UN Millennium Summit in New York, U.S., the world leaders adopted the United Nations Millennium Declaration and defined the new Millennium Development Goals (MDGs) with a deadline of 2015 (UN, 2014a). Then again in 2012 at the most recent UN Conference on sustainable Development in Rio de Janeiro, the same principles were built upon and renamed the Sustainable Development Goals (SDGs). These most recent targets will see the convergence of the initial pre 2015 plan and post 2015 plan and guide the world to the new deadline of 2030 (UN, 2014b). In relation to built environments and sustainable design, the Agenda 21, MDGs, and SDGs do not define any detailed requirements and instead consist of many broad reaching sustainability objectives that cover topics such as poverty, hunger, health, and accessibility.

In 2008 the EU Commission adopted a new proposal for the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) and supported the approval process. On 19 May 2010, the EPBD recast was adopted by EU Parliament and the Council of the European Union to replace the 2002 Directive. This proposal confirms the importance of effective implementation of Member state level, community-wide cooperation, and strong long-term commitment of support from the Commission. The end goal is to have the EU consume 11% less final energy via the reduction of

building energy consumption. The major highlights of the EPBD recast relating to building design are as follows (ECEEE, 2010):

- as of 31 December 2020 new buildings in the EU will have to perform with 'nearly zero' energy and the energy will be 'to a very large extent' from renewable sources;
- the definition of very low energy building was agreed to: "nearly zero energy building means a building that has a very high energy performance. The nearly zero or very low amount of energy required should to a very significant level be covered by energy from renewable source, including renewable energy produced on-site or nearby";
- there is no specific target to be set for the renovation of existing building, but Member States shall following the leading example of the public sector by developing policies and take measures such as targets in order to stimulate the transformation of buildings that are refurbished into very low energy buildings, and inform the Commission thereof in their national plans;
- member States will be required to introduce penalties for non-compliance. Member States shall lay down the rules on penalties applicable to infringements of the national provisions adopted pursuant to this Directive and shall take all measures necessary to ensure that they are implemented. The penalties provided for must be effective, proportionate and dissuasive. Member States shall communicate those provisions to the Commission.

In 2010 the European Commission additionally launched a sustainable development strategy, which set the following climate change and energy sustainability targets for the year 2020 (EC, 2014b):

- lower greenhouse gas emissions 20% from 1990 levels;
- obtain 20% of total energy from renewable sources;
- increase energy efficiency 20%.

The International Energy Agency (IEA) has been closely monitoring building energy consumption over the past decade. Founded in response to the 1973 oil crisis, the IEA is an organisation that works to ensure its 29 member countries have reliable, affordable and clean energy. It is a significant actor in the global conversation on energy, providing authoritative statistics, analysis and recommendations. In the past few years the IEA has released numerous technological roadmaps outlining energy efficiency improvements for buildings.

The IEA also assesses its member countries every few years and updates their energy policies. There is currently a 2014 Review for the Netherlands, which discusses the current state of the country's energy production and demand. Since the last review in 2008, the Netherlands has become Europe's second-largest producer of natural gas and has invested greatly in oil and gas storage; coal, oil and gas terminals; and more efficient power plants. These investments have provided more energy stability, but natural gas production has started to decline and according to IEA, should be further developed in order to make it through this transition period. Because the Netherlands is currently one of the most fossil-fuel and CO₂ dependent IEA member countries, an Energy Agreement has been established to support key actions through 2020 that will increase the country's reliance on renewable energy sources (IEA, 2014b). The Netherlands government additionally plans on improving its environmental, economic, and social sustainability performance in the next five to ten years. The Netherlands Issue Policies (2014) that should be considered for the MAXergy building project include the following:

- implementing energy labels for every home starting in 2015. This label will show how energy efficient the buildings is while encourage people to invest more in energy-saving actions at the same time;
- a €600 million budget financed by the National Energy Saving Fund that homeowners can use to invest in energy-saving measures and tax breaks for people who generate electricity from sustainable resources;

- conservation of nature and biodiversity;
- ensuring sufficient resources for a world population of nine billion in 2050, with a sustainable consumption and production action plan;
- a government initiative towards a bio-based economy as part of a circular economy program.

A perspective that is similar and a source of inspiration for the MAXergy methodology used in this paper, is defined by the organization, The Natural Step (TNS). TNS is a global network with 25 years of experience in developing strategic sustainable development and providing its partners from 13 countries with education and recommendations. The mission of TNS is to enable people to use its sustainability principles to ensure human society can survive within nature's limits (TNS, 2013). TNS defines the main cause of sustainability problems lies with the systematic increase of negative human impacts, not the impacts themselves. As long as the impacts were small enough and consistent the Earth's tolerances would be able to compensate for them. This approach has been based on the following scientific laws of nature that can be observed (TNS, 2013):

- solar energy is the source of almost all material quality increase and can easily be seen in photosynthesis. It is the flow of sunlight that continuously creates order and structure from the constant increase in disorder within the isolated system of Earth. This is supported by the Second Law of Thermodynamics;
- the value of materials is not in how much energy or matter it contains but rather in the structure, concentration, and performance ability of that energy. This is due to the First Law of Thermodynamics and the Law of Mass Conservation that states energy and matter of an isolated system cannot be created nor destroyed;
- because nothing truly disappears, when matter is burned it is not destroyed but turned into waste;
- also because of the Second Law of Thermodynamics (Entropy), both energy and matter tend to disperse and dissipate as they travel through a system. This means that the amount of useful energy continues to decrease each time it is transformed.

In addition TNS encourages a backcasting approach to developing sustainable solutions and strategies. Backcasting is the concept of creating a plan and solution by defining the end result first, then the current situation, and finally working backwards to achieving the final result (TNS, 2013).

3 METHODOLOGY

3.1 Considerations

The main purpose of any building solution Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) is to provide results that satisfy goals and be of practical use for the construction industry. But, even though the construction industry supports the longevity of sustainability assessment methodologies commercially, it is still important to consider how the sustainable goals of humanity will continue to evolve over time. As shown in the previous discussions about international sustainability goals and sustainability assessment methodologies, the most common focus for both is currently on trying to reduce energy consumption; construction and energy costs; and the production of greenhouse gas emissions. Idealistic sustainable solutions, similar to the one encouraged by The Natural Step, may not be the popular choice today, but that does not mean assessment methodologies should ignore different viewpoints and known facts about what is possible. In terms of defining sustainability for the purposes of this paper, specific priorities need to be set. To sustain life and human society certain necessities are more important than others. Based on how long we can survive without certain resources it is logical that food and water are the most important resources to sustain and after that the next most important are clothes and shelter.

While it can be debated that sustainable development and design should attempt to balance all environmental, economic and societal impacts, only energy and material resource management was considered to be the responsibility of a building solution LCSA in order to attempt to achieve the ideal sustainable built environment. Because almost all qualitative society factors such as aesthetics are subjective, economic factors hinder the process of attaining an ideal sustainable solution, and all performance factors are dependent on the initial resource management, they were deemed considered to be important. Without resources nothing else matters. There is no point of measuring thermal efficiency, sound reverberation, or cost effectiveness if there are no resources to work with in the first place (Rovers, 2012).

3.2 0-energy & exergy

0-energy buildings are becoming increasingly more achievable due to the continued development of solar cell technology and other energy storing equipment. It can also be assumed that the building energy use will no longer cause negative environmental impacts since the energy is obtained from renewable sources. The remaining materials connected to the life cycle of the building will be the only remaining burden on the environment. In order to determine an optimized sustainable building solution the assessment should find a balance between the materials and energy use.

A recent four-year study on exergy and spatial planning gave a few insights on the shared relationship between energy and materials. Exergy is essentially a factor representing total amount and concentration of energy (or quality of energy) in terms of being useful for humans. The difference in exergy can be seen when considering the example of trying to power a laptop with a wall outlet and solar cells. The solar cells provide 12 volts of direct current (DC) which is converted to 220 volts of alternating current for the wall outlet and then back to 12 volts by the laptop. Every time the energy is converted some of it is lost and it will have a lower exergy than a direct connection between the solar cell and laptop. In terms of spatial planning the study concluded that the demand of energy should be limited to the supply of renewable energy available within the assessed system location. By realizing the only original source that adds to a system without creating burdens on neighbouring systems is solar energy, it can be seen as the connection between energy and materials. Everything else used within the system creates more demand and places a burden on the system itself, which reduces its' exergy potential. Since raw solar radiation energy requires land on which to be collected and converted to energy for human use, it will be considered the most important indicator of resource use and sustainability (Ny, 2006).

3.3 Closing cycles

When considering the life cycle of a building solution it must be assessed as a closed loop if it is to be truly sustained. Closing cycles means more than just reusing or recycling resources; it requires the balance between the supply and demand. With an estimated world population of 9 or 10 billion people by the year 2030 and the current societal trend of trying to obtain as many consumables as possible; additional measures will need to be taken. It will be important to ensure that the volume of materials and energy consumed in the building life cycle be minimized as well as closing the cycle. Balance will only be achieved when all cycle inputs are renewable, the cycle is sustained by renewable energy, and the materials used are renewable. The general idea behind closing cycles is to minimise the volume of materials in a cycle, the speed the materials travel through a cycle, and the amount of energy needed to sustain the cycle. In other words consume less and do more with less.

3.4 MAXergy

MAXergy was developed with the initial considerations in mind and aims to assess how far a solution is from the ideal closed cycle or in other words 0-energy, 0-materials, 0-water, and 0-food (Rovers, 2013). The method of maximizing exergy for materials and energy or MAXergy was developed in 2010 to fulfil the following assessment requirements:

- performance-oriented: only focus on measuring the use of resources. Social and economic factors are important to the everyday lives of consumers, but can detract from the burdens of resource use, which is being considered as the actual source of sustainability;
- realistic Units: the final score of the assessment is presented in a physical real-world unit. Using arbitrary scores is relative and inaccurate;
- quantitative: provide scores in absolute quantitative results. Qualitative figures are relative and inaccurate;
- unweighted: applying percentage weight to any factor is also relative and inaccurate;
- perspective and distance to target: measure progress towards a future sustainable scenario as opposed to measuring relative improvements from a past non-sustainable scenario;
- cause over effect: in order to truly solve a problem, focus on fixing the cause of the problem not the after effects;
- not corrected for climate or human behaviour: initial designers, producers, and assessors should not be held responsible for the behaviour of product users;
- clear delineation: if an assessment is not understandable or transparent, it will not be practical to use or share with others.

3.4.1 Solar energy and embodied land tool

Solar energy is the origin of all life and the source of everything that is able to be achieved on Earth. Therefore it is the most important measurement of energy in a cycle. In order for humans to use that energy (directly or indirectly) land is required and land has limitations such as, typically being used for only one purpose at a time. In order to ensure the cycle of a system is closed it is necessary to have enough land to perform the required functions of the system. This means that land is the origin of all other materials and the most important measurement of resources in a cycle. Many cultures have already experienced the consequences of not having enough land and living within open cycle systems such as the Easter Islands (Good and Reuveny, 2006). In order to calculate how far away a solution is from a closed cycle and compare the various components grown or generated by the sun, the Embodied Land Tool was also developed to help facilitated the MAXergy methodology (Rovers, 2013).

3.4.2 Space and time

Typically energy is measured in kilowatts and materials are measured in kilograms, which makes it difficult to compare them to each other. However, since the common basis for comparison between these two components is their embodied land, they can both be converted to square meters of land surface area used. But, this still does not give much practicality for the comparison and leaves questions such as how much solar energy can be generated on how many square meters of land? In order to solve this issue time must be considered, which is very simple when applying to energy, but becomes very complicated when applying to materials. Different materials require different amounts of time and space to grow, accumulate, or form. It is not always easy to find consistent and accurate harvest figures. Also this forestry and agricultural data is highly dependent on local soil types, climate, and cultivation practices. This concept can be applied to all materials, even the more industrial building materials that are not grown in agriculture such as steel, aluminium, and iron. For the purpose of the MAXergy methodology, time will be measured in years in order to better represent the growing times for materials and generation times for energy. The final unit that will be used for analysis and comparison is space-

time in m² per years. If the function of materials and energy are spread out over more than one year then the amount of embodied land will automatically decrease, but in order to ensure the closed cycle solution excess resource claim must not be left over after the functional period. In terms of the standard building life span used for assessment and calculation of embodied land needed a maximum of 50 years was chosen. This decision was based on the reasoning that people typically live independently from the age of 20 to approximately 70, which is a total of 50 years. Additionally people normally occupy a workspace from the ages 16 to 66 which is also 50 years.

3.4.3 Embodied land tool

The Embodied Land Tool calculates the sum of total embodied land for a solution or in the case of a building, the m²/years required to “regrow” the same building. Preliminary results have shown that the less materials used, the less space-time will be required, and the closer the solution is to a close cycle (Rovers, 2013). The total embodied land (EL) consists of the sum of primary EL or direct yield EL and secondary EL as seen in Equation 1. Direct yield EL is the physical land required to grow or generate a resource. Secondary EL is the indirect land needed to satisfy the embodied energy used to harvest, process and transport this resource. Secondary embodied land also accounts for the “Return Energy” needed to renew materials that are not able to be regrown on physical land, such as metals. The tool also allows for the inclusion of a tertiary embodied land, which is the space-time needed to regrow the tools used in the various processes. This starts to become too complicated to follow and insignificant in terms of affecting the final results, therefore tertiary embodied land was not considered for this assessment.

$$EL_{direct\ yield} + EL_{embodied\ energy} + EL_{return\ energy} = EL_{total} \quad (1)$$

3.4.4 Energy in MAXergy

Energy can enter a system in many different ways such as wind, hydropower, and biomass but as a practical choice for this methodology energy is assumed to be delivered as electricity via polycrystalline photovoltaic solar cells. As this methodology continues to be developed and improved additional modes of energy delivery will be considered as options. In relation to the total amount of energy used for a buildings life cycle, operational energy is the most significant. In order to calculate the total operational energy it is necessary to determine the required number of solar panels needed to meet the final energy demand (Sodagara et al.). Since the MAXergy methodology assumes that future energy supplies will be solar based it is important to account for storage impacts rather than assuming the building is connected to the grid. Additionally this also allows a more accurate comparison with alternative storage options such as biomass. The amount of embodied energy and return energy associated with materials is not as straight forward to calculate as the operational energy. Since the materials themselves can potentially take a long time to be renewed or regrown, the amount of energy supply needed to return the material to its original form is calculated instead. Since the panels themselves are materials and need to be accounted for their embodied land, which can be compensated for by roof area, is divided by its life span of 25 years. This is because it is supplied only once and could achieve balance within one year but still retain 24 more years of productivity for other demands.

4 PRELIMINARY AND EXPECTED RESULTS

To illustrate how MAXergy and the Embodied Land Tool work, a simple material comparison between two beams was conducted. One beam was made of wood and the other of steel. The results clearly show the physical land taken up for harvest (EL harvest), the embodied land to generate embodied energy (EL embodied energy), and the embodied land to compensate for return energy (EL return energy). The wood beam required much less embodied land with 57 m²/year versus the steel beams 19 million m²/year (Rovers, 2013). While the MAXergy building

design is still in development, with about 80% biotic materials being used, it has already undergone a preliminary comparison with a Dutch reference home that has been standardized by Senternoverm/ Netherlands Enterprise Agency. The comparison was made using an older version of the MAXergy methodology and Embodied Land Tool that does not include the PV panel impact. The key results from this comparison were the EL per m². The MAXergy building design at that time had a 5.62 hectare/years/m² and the reference Dutch home came out to be 9.3 hectare/years/m² floor space. This is the first indication that reducing combined energy and materials impact for a building points to the favorable use of biotic and regrowable materials.

5 CONCLUSION

The Maxergy methodology is at a point where it can reasonably support its alternative perspective on the meaning behind sustainable design and life cycle sustainable assessment. With the following intended improvements the methodology and tool will become a more useful educational platform for building designers, policymakers, and building owners in the near future:

- expand the energy conversion deliver options beyond converting solar energy via polycrystalline PV cells, amorphous thin film, and fossil fuel. Continue research in options such as biomass, wind and hydropower;
- continue to research embodied energy figures and the separation of transport and process energy demands;
- further develop primary embodied land databases for materials;
- investigate any possible substitute return energy routes;
- continue research on insulation materials vs production of energy.

The MAXergy methodology is meant to provide society with an integrated material-energy impact of a building and the ability to compare achieved building performances. Although water and food management, occupant behavior, and costs are all important influences in sustainable development, they do not affect building performance achieved. This means that they fall under separate evaluation systems and should be examined in parallel to each other in order to get a more complete picture of a sustainable design. Based on the preliminary results and development done on the MAXergy methodology and Embodied Land Tool, the MAXergy building assessment can be seen as a useful illustration of the benefits regrowable biotic buildings solutions have over more conventional solutions.

REFERENCES

- Brundtland, G. H. 1987. *Our Common Future*. Oxford.
- CEN. 2005. Overview of CEN/TC 350 [Online]. *The European Committee for Standardization*. Available: http://portailgroupe.afnor.fr/public_espacenormalisation/centc350/index.html [Accessed November 3, 2014].
- Cooper, J. S. & Fava, J. A. 2006. Life-cycle Assessment Practitioner Survey: Summary of Results. *Journal of Industrial Ecology*, 10, 12-14.
- EC 2014a. Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions On Resource Efficiency Opportunities In The Building Sector.
- EC 2014b. Europe 2020 Targets [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/europe2020> [Accessed October 10, 2014].
- ECEEE. 2010. EPBD Recast (Directive 2010/31/EU) [Online]. European Council for an Energy Efficient Economy. Available: http://www.eceee.org/policy-areas/buildings/EPBD_Recast [Accessed November 7, 2014].
- EPA 2006. Life Cycle Assessment: Principles and Practice. In: *DEVELOPMENT*, O. O. R. A. (ed.). Cincinnati, Ohio: Office of Research and Development.

- González, A. D. 2013. Energy and carbon embodied in straw and clay wall blocks produced locally in the Andean Patagonia. *Energy and Building*, 70, 15-22.
- Good, D. H. & Reuveny, R. 2006. The fate of Easter Island: The limits of resource management institutions. *Ecological Economics*, 58, 473-490.
- IEA-UNDP 2013. *Modernising Building Energy Codes*. Paris: OECD/IEA.
- IEA. 2011. Technology Roadmaps [Online]. *International Energy Agency*. Available: <http://www.iea.org/roadmaps/> [Accessed November 8, 2014].
- IEA 2013. *Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050*. Paris: OECD/IEA.
- Kloepffer, W. 2003. Life-Cycle Based Methods for Sustainable Product Development. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 8, 157-159.
- Lecouls, H. 1999. ISO 14043: Environmental Management: Life Cycle Assessment: Life Cycle Interpretation. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 4, 245.
- NRC 1999. *Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability*, National Research Council, Washington, DC, The National Academies Press.
- Owen, R. L., Amor, R., Dickinson, J., Prins, M. & Kiviniemi, A. 2013. CIB Integrated Design & Delivery Solutions (IDDS) Research Roadmap, International Council for Research and Innovation in Building and Construction
- Pryshlakivskya, J. & Searcy, C. 2013. Fifteen years of ISO 14040: a review. *Journal of Cleaner Production*, 57, 115-123.
- Rovers, R. 2012. Resources Are Not Equal: Exploring Ranking and Weighting International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development, 3, 270-276.
- Rovers, R. 2013. MAXergy: The Embodied Land Indicator: Background and Substantiation. Zuyd University.
- SBSC. 2014. The District of Tomorrow [Online]. Available: <http://www.sustainablebuilding.info/districtoftomorrow/> [Accessed October 15, 2014].
- Schenck, R. & Lalonde, S. 2013. *Status and Opportunities to Support Product Category Rules in the U.S.* Department of Commerce: National Institute of Standards and Technology.
- Sodagara, B., Raib, D., Jonesc, B., Wihanc, J. & Fieldson, R. 2011. The carbon-reduction potential of straw-bale housing. *Building Research & Information*, 39, 51-65.
- TNS. 2013. Sustainability [Online]. *The Natural Step*. Available: <http://www.naturalstep.org/en/the-system-conditions> [Accessed October 2, 2014].
- UN 1992. Rio Declaration on Environment and Development. Rio de Janeiro, Brazil.
- UN. 2014a. *Millennium Development Goals and Beyond 2015* [Online]. Available: <http://www.un.org/millenniumgoals/> [Accessed September 17, 2014].
- UN. 2014b. Sustainable Development Goals [Online]. *Sustainable Development Knowledge Platform*. Available: <http://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300> [Accessed September 18, 2014].
- WBCSD. 2014. *Cement Sustainability Initiative: Sustainability With Concrete* [Online]. Available: <http://www.wbcscement.org/index.php/key-issues/sustainability-with-concrete> [Accessed October 20, 2014].
- WGBC. 2014. Nearly Zero-Energy Buildings [Online]. *World Green Building Council*. Available: <http://www.worldgbc.org/regions/europe/policy/nearly-zero-energy-buildings/> [Accessed October 5, 2014].
- WWF. 2003. The 10 Principles of One Planet Living [Online]. *World Wide Fund for Nature*. Available: http://wwf.panda.org/what_we_do/how_we_work/conservation/one_planet_living/about_opl/principles/ [Accessed November 3, 2014].

CHAPTER 11 | CAPÍTULO 11 | CAPÍTULO 11

BIM and sustainable construction

BIM e a construção sustentável

BIM y la construcción sostenible



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Análise ambiental da envoltória do edifício: Diálogo com o Sistema BIM

Aline C. Marques

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro / Brasil;

INSAT - Institut National des Sciences Appliquées, LRA - Laboratoire de Recherche en Architecture, Toulouse / France.

aline.calazans@toulouse.archi.fr

Leopoldo E. G. Bastos

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Rio de Janeiro / Brasil

leopoldobastos@gmail.com

Frédéric Bonneaud

ENSAT - Ecole Nationale Supérieure d'Architecture, LRA - Laboratoire de Recherche en Architecture, Toulouse/France.

frederic.bonneaud@toulouse.archi.fr

ABSTRACT: The aim of this paper is to discuss how digital resources for environmental analysis can be enhanced by means of parameterization and integration to the BIM (Building Information Modelling) tools. As for the architectural conception phase under the sustainability emphasis, the nature of the problem requires a multidisciplinary approach. In the current praxis, environmental analyses are performed alongside with the design by means of monocriterial tools, as aid to decision-making. However, one knows that some environmental analysis software are under a transition process to BIM. This fact can significantly alter the manner to utilise them in the design process. This new paradigm incentivises a more dynamic and rich design process, related with environmental demands, favoring the development of high-performance sustainable buildings.

Keywords: Sustainable Building, BIM, 3D Modeling

RESUMO: O objetivo deste trabalho é apresentar uma discussão relacionada com os recursos digitais para a análise ambiental da edificação e as questões de parametrização e integração com o sistema BIM (Building Information Modeling). Quando se trata da concepção arquitetônica sob o enfoque sustentável, a natureza do problema requer uma abordagem multidisciplinar. Na prática corrente, as análises ambientais são realizadas pontualmente ao longo do projeto por meio de ferramentas monocriteriais, como auxílio às tomadas de decisão. Na atualidade, constata-se que para uma integração deste processo de projeto ao sistema BIM, faz-se necessário uma revisão dos softwares de análise e simulação, mesmo aqueles que já estão numa fase de transição. Com a integração ao BIM haverá uma nova forma de utilizar estas ferramentas no processo de projeto. Este novo paradigma incentiva um processo de projeto mais rico e dinâmico, relacionado com as exigências ambientais, o que irá favorecer ao desenvolvimento de construções sustentáveis de alto desempenho.

Palavras-chaves: Construções Sustentáveis, BIM, Modelagem 3D

1 INTRODUÇÃO

“A utilização do Building Information Modeling (BIM) como ferramenta de projeto e de visualização é uma importante e atual tendência verificada na indústria da construção civil” (Kibert, 2012). Acredita-se que a migração progressiva dos softwares de análise energética e ambiental por meio de uma futura interação ao sistema BIM deve modificar sensivelmente a maneira de integrar os estudos de questões ambientais ao projeto de arquitetura. Acredita-se que será propiciado um processo mais dinâmico relacionado com as questões e exigências

ambientais, com permutas constantes de dados e informações, e desta forma poderão ser criadas condições favoráveis ao desenvolvimento de projetos arquitetônicos sustentáveis de maior desempenho.

O objetivo deste artigo é apresentar uma discussão sobre a questão da integração e operabilidade dos recursos digitais de análise ambiental ao sistema BIM.

O texto está estruturado em duas etapas. Inicialmente, apresenta-se a elaboração teórica dos termos e conceitos que embasam o discurso, assim como sua contextualização. Em seguida, com base na revisão bibliográfica do tema, apresenta-se uma discussão sobre as diversas perspectivas relacionadas à análise ambiental em conjunto com os recursos digitais que são instrumentos do processo de concepção do projeto arquitetônico contemporâneo.

2 JUSTIFICATIVA

O contexto da Arquitetura no início do séc. XXI é marcado pela intensificação do uso de mídias digitais seja na concepção, representação, simulação ou execução do projeto. Mas este não é um processo recente. De acordo com Picon (2010), a invenção do computador durante a segunda guerra mundial já representava uma nova etapa para o tratamento da informação através de ferramentas. Modelos matemáticos foram estabelecidos para os problemas e solucionados com o uso de máquinas. Décadas mais tarde, com a disponibilização do computador pessoal, o impacto dessa invenção refletiu gradativamente sobre os projetistas. Por alguns anos, acreditou-se que o computador era uma ferramenta capaz de gerar soluções automáticas para os problemas, o que alavancou pesquisas sobre métodos de concepção do projeto arquitetônico.

Aos poucos, a tecnologia de processamento, trocas e armazenamento de dados evoluiu e criaram-se novas alternativas para o recurso digital junto ao processo de trabalho dos projetistas. Segundo Mitchell (2008), a década de 80 é marcada por grandes avanços quanto ao desenvolvimento de tecnologias digitais aplicadas ao processo de projeto. Revelam-se como passos importantes deste período, a parametrização de dados, interoperabilidade, modelagem tridimensional e a prototipagem. A entrevista com Rick Smith relatada por Lynn (2013), indica as primeiras iniciativas de se conceber um modelo 3D de alta fidelidade e a partir dele extrair os desenhos bidimensionais. Um processo inverso ao até então tradicionalmente utilizado.

Nas duas últimas décadas, em decorrência deste percurso, a produção arquitetônica tem sido pontuada pelo resultado destas experimentações digitais. O modelo tridimensional é uma das peças chave neste processo. O modelo 3D contemporâneo, não se restringe às questões de representação ou apresentação. Ele é capaz de agregar informações e dados parametrizados, e colaborar de modo significativo, para a estrutura proposta pelo sistema BIM. Sistema este, que tem como premissa, a interoperabilidade entre os dados, os softwares e os agentes envolvidos. De acordo com Kubba (2012), “esta tecnologia é particularmente valiosa para o projeto sustentável, pois permite que os membros da equipe construam um modelo virtual (...) que pode ser compartilhado, o que facilita uma integração dos trabalhos das várias equipes envolvidas no projeto”.

Ao se considerar que o processo de projeto contemporâneo deva partir de uma abordagem multicritério e adotar diretrizes sustentáveis, torna-se adequado discutir estratégias que possam viabilizar de modo eficiente as etapas de concepção, construção e uso da edificação. Sob esta ótica, o sistema BIM se torna um aliado das iniciativas sustentáveis, ao disponibilizar recursos que permitem uma maior integração entre as questões técnicas, econômicas e ambientais vinculadas de forma contínua ao processo de projeto. Com isto, há o incentivo e a viabilização do papel colaborativo e participativo dos diferentes agentes desde as etapas de concepção.

3 BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

Inicialmente, faz-se necessário descrever sobre a gênese do termo e a evolução do significado de “Building Information Modeling”, ou seja, o BIM. Segundo Kubba (2012), por vezes, a origem deste termo vem associado ao “building product model”, empregado por Charles M. Eastman em suas publicações, desde o final dos anos 1970. Contudo, apesar de semelhanças linguísticas e teóricas, o BIM foi reconhecido como tal apenas quinze anos mais tarde. Pierrefeu in: Celnik e Lebègue (p.63-64, 2014) descreve o surgimento do BIM em 1995, como resultado de “um movimento internacional em favor de novas ferramentas colaborativas e da criação de um formato único de troca de dados, o formato IFC”. A organização responsável por este movimento foi a International Alliance for Interoperability (IAI), atualmente reconhecida como Building SMART.

Tanto a informação agregada ao modelo digital do edifício, quanto a sua forma de compartilhamento, são elementos determinantes para a compreensão do sentido primário do BIM. Sendo, segundo Pierrefeu in: Celnik e Lebègue (2014), um modelo tridimensional digital capaz de compartilhar seus dados através do formato de arquivo IFC.

Após duas décadas, o significado e a aplicabilidade do BIM se expandiu, (fig. 1) compreendendo “a gestão do modelo tridimensional digital e das modalidades de trocas de dados e informações entre os agentes envolvidos” Pierrefeu in: Celnik e Lebègue (2014). Contudo, a troca livre de dados através do formato IFC ainda não é dominante.

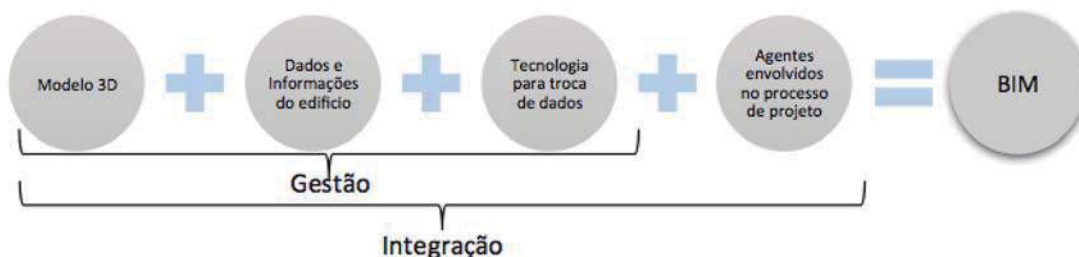


Figura 1: Síntese ilustrada dos elementos que, atualmente, determinam o sistema BIM.

Atualmente, a compreensão do sentido e da aplicabilidade do BIM se estende desde a estrutura de um software a um conjunto de ações que impactam no processo de trabalho dos projetistas. Alguns destes conceitos são apresentados a seguir.

De acordo com Kensek & Noble (2014), o “modelo de concepção e construção virtual” é estabelecido por intermédio de um conjunto de modelos tridimensionais, parametrização dos dados desta modelagem e as informações fornecidas pelo usuário. Portanto, segundo estes autores, o BIM é considerado “um banco de dados digital, com estrutura integrada, informado pela arquitetura, engenharia, construção e indústria de operações, que consiste em objetos paramétricos em 3D e que permitem a interoperabilidade”.

Considerado por Lovell (2010), como uma modelagem tridimensional, o BIM é incorporado com informações relacionadas ao tempo, espaço e especificações que são cada vez mais comuns e “permitem um maior grau de coordenação entre estrutura, serviços e a envoltória da edificação”.

Ainda de acordo com este autor, o sistema proposto pelo BIM incentiva a constante realimentação de informações entre os agentes envolvidos, colaborando para um perfil ativo e participativo da equipe de projeto. A imagem abaixo (fig. 2) ilustra a relação entre os diferentes agentes da equipe de projeto atuantes num único modelo BIM, representando o conjunto de informações digitais referentes à geometria e aos dados técnicos da construção projetada.



Figura 2: Diagrama de equipes envolvidas no projeto integrado ao BIM. (Celnik & Lebègue, 2014)

A transferência de dados e informações concentradas neste modelo central deve ser clara e precisa através dos diferentes softwares adotados pelos membros da equipe de projeto. O fato é que ainda nem todos os softwares adotam o mesmo formato de troca de dados, o que é agravado pelo crescente número de diferentes softwares adotados pelos agentes no projeto devido às suas especificidades. Em síntese, de acordo com Celnik & Lebègue (2014) pode-se definir o sistema em dois formatos de troca de dados: 1. Closed BIM (adotados pela Autodesk, Bentley, e Nemetschek); 2. Open BIM (standard IFC) que assegura a interoperabilidade e a durabilidade dos modelos tridimensionais. Ambos objetivam maior dinâmica entre as trocas constantes de dados e informações durante o desenvolvimento e a realização do projeto.

O formato Closed BIM funciona a partir de parcerias entre as empresas desenvolvedoras dos softwares. A exemplo, os softwares de análise ambiental como o modelo francês ArchiWizard, que são ativados através de plug-ins instalados no Revit, Archicad e outros. Assim, a troca de dados é direcionada entre os softwares. No entanto, existem problemas já reconhecidos de interoperabilidade e retrabalho na inserção ou conferência dos dados transmitidos.

Já o sistema BIM em formato aberto, conhecido como Open BIM, tem sua base técnica no processo de certificação da buildingSMART IFC 2.0. Propondo um fluxo de projeto transparente, com a troca de dados viabilizada independente do software utilizado. Busca assim, evitar a entrada múltipla de dados e os consequentes erros.

A conexão entre os dados deve ser precisa, seja entre os diferentes softwares que integram o processo de projeto, ou entre a malha de informações construída dentro de um só software. Assim, destaca-se a importância da parametrização no sistema BIM. A definição dos objetos de forma paramétrica, segundo Eastman apud Kubba (2012), é uma das vantagens do sistema BIM. O objeto é definido por parâmetros e relacionado aos demais, tornando-os vinculados. Assim, quando um deles é alterado, o impacto se estende ao conjunto. No sistema Closed BIM, a falta de uniformidade entre os parâmetros de diferentes softwares se configura como um dos complicadores entre a troca de dados e sua posterior reutilização pelos diferentes agentes atuantes no projeto.

Para Henriques (2010), o desenho baseado em parâmetros ou “desenho paramétrico (...) corresponde à codificação de um conjunto de regras ou relações lógicas, geométricas e paramétricas, numa determinada sequência, para resolver um determinado problema”. Assim, a partir da mudança de valores de um parâmetro específico, podem ser obtidos diferentes cenários que, ao serem analisados, geram insumos ao processo de tomada de decisão durante as etapas de projeto.

A quantidade de informações referentes a um projeto tende a crescer de acordo com o nível de complexidade técnica ou formal do edifício. Segundo Krygiel (2008), os profissionais estão se

especializando cada vez mais, e esta fragmentação da informação e do saber, concorre para um distanciamento da visão de complexidade, que é necessária para o projeto. A sobreposição de camadas dos diferentes projetos de: estruturas, elétrico, hidráulica, climatização, paisagismo, segurança, automação, acessibilidade e etc, geram interações complexas e sugerem, de acordo com o autor acima, “a necessidade de uma abordagem integrada para a concepção”. Os problemas aparecem quando as informações recolhidas das várias fontes não se encontram suficientemente integradas. O adequado gerenciamento destas informações, segundo Kubba (2012), é determinante para minimizar o tempo e o custo nas etapas de execução.

A migração dos métodos tradicionais de CAO (concepção assistida pelo computador) como o CAD, para o método mais dinâmico e integrador como o BIM, é gradativa e tende a favorecer a compatibilização deste conjunto crescente de informações sobrepostas citadas por Krygiel (2008). Mas, isto depende também, de investimentos em formação e capacitação profissional da equipe de trabalho. Para rastrear, avaliar e acompanhar este processo de transição Celnik & Lebègue (2014) apresentam uma tabela (figura 3) com gradativos índices de maturidade das práticas de CAO, que podem ser utilizados como referência em diversos países em que esta prática vem ocorrendo.

Tabela 1. Níveis de maturidade das práticas CAO (concepção assistida pelo computador) (Celnik & Lebègue, 2014)

Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3
CAO básico Uma simples criação assistida pelo computador, sem dados em 3D, unicamente com desenhos tradicionais.	CAO 2D >> 3D CAO 2D com interatividade 3D, sendo que o 3D é utilizado somente para visualização. Os modelos elaborados, não têm dados uteis que podem ser compartilhados com outros membros da equipe de projeto.	BIM Os modelos 2D e 3D são inteligentes e contêm informações ricas e interativas.	iBIM iBIM ou BIM são integrados: são modelos muito ricos em informação, que compreendem os dados necessários à gestão da vida da obra após sua construção.

As ferramentas digitais em questão, quando empregadas no projeto, em especial naquele voltado para a sustentabilidade, tendem a estabelecer um novo paradigma. Em síntese, o princípio do sistema BIM é a elaboração do projeto com base em um modelo tridimensional único capaz de concentrar diferentes informações técnicas e geométricas do projeto, podendo ser acessado por qualquer dos agentes, a qualquer etapa do projeto, inclusive durante a vida útil do edifício construído. Esta estrutura incentiva um processo integrado e colaborativo entre os diferentes agentes desde as fases iniciais, o que tende a beneficiar a concepção de edifícios sustentáveis de maior desempenho.

A estrutura do diagrama de síntese (figura 3) elaborado a seguir, baseia-se nos conceitos e argumentos apresentados neste artigo e sustentados por diferentes autores como, Kubba (2012), Celnik & Lebègue (2014), Kibert (2012), Krygiel (2008) entre outros. Portanto, consideramos o BIM estruturado a partir de um modelo tridimensional digital, integrado à tecnologia de banco de dados de informação. O funcionamento deste sistema se dá através de softwares interoperáveis gerenciados pelos computadores dos projetistas envolvidos. Sendo que, os arquitetos, engenheiros e/ou empreiteiros têm poder de ação e decisão sobre o processo de concepção. Os dados resultantes de análises e simulações técnicas (estrutural, ambiental, custos, ciclo de vida e etc), realimentam o sistema a cada etapa e auxiliam como informação determinante nos momentos de tomada de decisão.

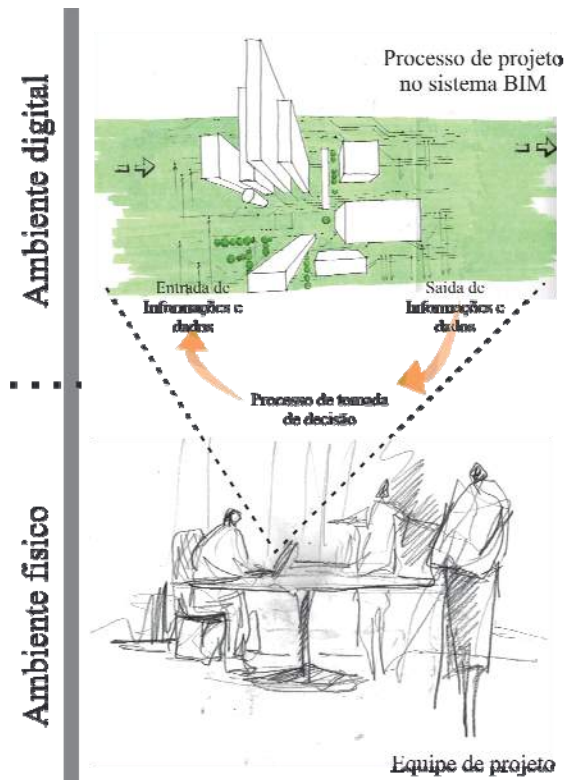


Figura 3: Síntese do processo de projeto sustentável mediado pelo BIM

Após a construção de todo este panorama aparentemente favorável e disponibilizado pelo BIM aos projetistas, Szalapaj (2005) destaca o fato de que o computador é, inevitavelmente, controlado por pessoas. Toda essa estrutura digital, com enorme potencial, depende diretamente da ação, da ordem, da programação, da decisão do homem. Mesmo que o processo de projeto seja intensamente mediado através de recursos digitais, é o projetista, o responsável pelas decisões adotadas ao longo do percurso.

Neste processo, segundo Kibert (2012), uma equipe de arquitetos, engenheiros e especialistas que inclui proprietários e futuros ocupantes do edifício, participa de maneira colaborativa desde as etapas iniciais de concepção. Decisões tomadas de forma integrada, a respeito da qualidade ambiental, materiais, energia e eficiência devem considerar o projeto de maneira holística, adotando critérios e diretrizes sustentáveis.

Otimizar o desempenho do edifício e reduzir assim, os impactos nocivos sobre o meio ambiente, e minimizando seu custo total deve, segundo Kubba (2012), ser “o objetivo final da sustentabilidade”. A elaboração do projeto baseado em um modelo tridimensional agregado à informação irá se constituir numa oportunidade para reafirmar os vínculos entre as ferramentas digitais de análise e de modelagem, objetivando por fim, estreitar as relações entre concepção e desempenho.

4 ANÁLISE AMBIENTAL + BIM

4.1 Qualidade Ambiental

Agir de acordo com as premissas da sustentabilidade na construção civil, implica dedicação a um complexo conjunto de ações amplamente discutidas e experimentadas em âmbito profissional e acadêmico. Não existe contudo, um método estático que conduza uma construção a ser sustentável, pois o próprio “conceito de sustentabilidade é continuamente revisado devido às ambiguidades e incertezas” (Berardi, 2013). A diversidade de definições acerca do termo

“sustentabilidade” e sua constante reformulação enriquece a discussão sobre o tema e seus possíveis desdobramentos.

Objetivando o desenvolvimento de edifícios sustentáveis, o Conseil International du Bâtiment – CIB *apud* Berardi (2013) define alguns princípios orientadores, aqui descritos em síntese: (i) aplicar os princípios gerais da sustentabilidade; (ii) envolver as partes interessadas de forma colaborativa; (iii) considerar o planejamento e infraestrutura local; (iv) considerar as perspectivas de ciclo de vida; (v) minimizar o impacto ambiental; (vi) considerar a questão econômica a longo prazo, durante a vida do projeto e do edifício; (vii) considerar o valor cultural e social para as pessoas; (viii) ser saudável, confortável, seguro e acessível para todos; (ix) ser amigável, simples e de baixo custo de operação, com desempenho avaliado ao longo do tempo; (x) ser adaptável ao longo de sua fase de atividade e com estratégias para a renovação do ciclo de vida. Portanto, no âmbito da sustentabilidade contemporânea, os fatores social, econômico e ambiental, já não são, por si só, suficientes.

A qualidade ambiental, como observa Trapano (2008), “é utilizada como um valor referencial para o processo de controle ambiental, e é uma denominação empregada para caracterizar as condições dos ambientes (...) segundo um conjunto de normas e padrões ambientais pré-estabelecidos”. Entende-se portanto que, quando o projeto tem como enfoque a qualidade ambiental, as decisões devem estar comprometidas com os pressupostos mais recentes da sustentabilidade.

4.2 Sistemas de Avaliação e Gestão Ambiental

Diante do panorama da arquitetura contemporânea, os sistemas de avaliação e gestão se configuram como importantes ferramentas orientadoras do processo de projeto voltado às questões da sustentabilidade na área da construção civil. Segundo Berardi (2013), “(...) estes sistemas têm construído um quadro de referência para edifícios sustentáveis”.

No Brasil, temos como referência desde 1996, a série de normas de gestão ambiental nas empresas ISO 14000 da International Standardization Organization –ISO, organização na qual, o país é representado através da ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. No mesmo sentido, adaptado às características brasileiras, a certificação AQUA, que objetiva “promover e reconhecer a Alta Qualidade Ambiental do ambiente construído”, tem como referência, a certificação francesa Haute Qualité Environnementale – HQE, (Vanzolini, 2010). Sob a orientação do Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, está disponível a Etiquetagem de Eficiência Energética de Edifícios. Esta, define requisitos e métodos para classificação de edifícios quanto à eficiência energética, abrangendo edifícios comerciais, de serviços e públicos desde o ano de 2009 e residenciais desde 2010.

Além de diretrizes gerais e orientadoras, tem sido crescente as pesquisas orientadas para um suporte técnico à elaboração, atualização e adequação das Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR) relacionadas a construção civil. A exemplo, as normas dedicadas à eficiência energética nas edificações, como a NBR 15220 - desempenho térmico de edificações - aprovada em 2005, revisada em 2008; e a NBR 15575 válida a partir de julho de 2013, que estabelece requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais (ABNT, 2005, 2013).

São, portanto, referenciais a serem adotados para o desenvolvimento do projeto. Contudo, vale ressaltar, que ainda existem inconsistências e incompatibilidades entre estes referenciais, o que exige sistemática revisão e atualização. Demandando assim, atenção e senso crítico por parte do projetista e dos agentes envolvidos no processo de projeto.

4.3 Ferramentas Digitais de Análise Ambiental

A tecnologia disponibilizada através da estrutura BIM, segundo Kubba (2012), “é particularmente valiosa para o projeto sustentável”, pois viabiliza a criação de um modelo tridimensional virtual da construção e todos os seus sistemas. Elaborado em um formato que pode ser compartilhado entre a equipe do projeto, facilita a integração e compatibilização das informações. Esta troca deve acontecer de maneira constante ao longo do processo de projeto, seja entre os agentes, ou entre as ferramentas envolvidas.

Assim como as normas e certificações estão avançando, os softwares considerados ferramentas de projeto, também se desenvolvem a passos largos. As ferramentas digitais de análise estão cada vez mais incorporadas às ferramentas de concepção do projeto. Em sua maioria, dedicadas à gestão, custos, análise de insolação, desempenho térmico e energético. Segundo Kibert (2012), o BIM tem a capacidade de aceitar plug-ins que podem realizar a simulação térmica e luminosa entre outras, além de fornecer uma plataforma para os dados exigidos por organismos de certificação.

Alguns problemas ainda impedem que este conjunto de propostas funcione corretamente. A interoperabilidade é uma das questões mais antigas e a solução adotada pelas empresas gerenciadoras dos softwares, o “plug-in”, acabou por desencadear novas questões. A adoção dos plug-ins como estratégia de parceria entre os softwares facilita o acesso do projetista à ferramenta de análise, que até alguns anos atrás, era de uso quase exclusivo de especialistas na área. Com interfaces mais amigáveis e processamento de dados simplificado, em poucos passos, com as informações corretas, é possível verificar, por exemplo, a incidência do sol e a carga térmica na envolvente do edifício. As simulações térmicas e luminosas, como já citadas por Kibert (2012), se encontram incorporadas ao sistema BIM. No entanto, simulações mais complexas como a ventilação natural, realizadas por meio de CFD (Computer Fluid Dynamics), não sejam frequentes.

O software de análise ambiental Archiwizard é um bom exemplo para a discussão, pois é adequado às análises em fase de estudo do projeto e seu funcionamento é semelhante aos demais com este perfil. Cabe o esclarecimento de que o AWZ é um software francês, adequado à regulamentação vigente RT2012, utiliza como motor de simulação térmica o Energy Plus e base de dados climáticos do METEONORM. Sua utilização em climas úmidos é restrita a simulação de insolação ou estudos comparativos, pois a umidade do ar interfere diretamente na investigação do controle térmico e eficiência energética do edifício, cálculos desta complexidade ainda não são contemplados pelo sistema.

Este software apresenta-se conectado a um software do sistema BIM como o Revit da Autodesk, ou similares, através de um plug-in. Contudo, as informações incorporadas ao modelo geométrico ainda no Revit, quando enviadas para o Archiwizard (AWZ) deverão ser retrabalhadas, pois cada plataforma trata a informação de maneira diferente. Por esta razão, é comum a utilização de um software simples para a geração apenas da geometria, como o SketchUp, já que a informação pode ser inserida diretamente através da plataforma disponível no AWZ.

A interoperabilidade através de plug-ins, chama a atenção para outra questão: o fluxo unilateral das informações. Os dados são enviados para o AWZ, de modo a alterar a geometria, incorporar informações, selecionar materiais e suas características, a fim de investigar diferentes quesitos ambientais. Contudo, o resultado gerado não pode ser enviado de volta.

Por fim, a plataforma disponibilizada pelo AWZ nos alerta para a carência de uma sistematização e padronização das características físicas dos materiais utilizados na construção civil brasileira. A análise ambiental depende diretamente do banco de dados vinculado ao projeto, seja o banco de dados climático ou as propriedades físicas e mecânicas dos materiais. Mesmo com os

limitadores e problemas descritos, softwares com este perfil, se configuram como importantes ferramentas de estudo das alternativas do projeto.

5 CONCLUSÃO

A reflexão apresentada neste artigo centrou-se em demonstrar a possibilidade de integrar a análise ambiental ao sistema Building Information Modelling, no contexto da Arquitetura Contemporânea. Assumiu-se como tendência a demanda por construções sustentáveis de alto desempenho. Segundo Kibert (2012), um dos atributos de projeto para esta tipologia de construção é a sua “significativa dependência da modelagem virtual, com requisitos específicos e, por vezes, a necessidade de controlar os aspectos do processo de construção”.

Portanto, ao adotar o modelo tridimensional como catalizador de informações sobre o projeto, haverá o benefício de um processo mais ágil e dinâmico, que permitirá a integração e colaboração dos diferentes agentes no processo. Consideramos este panorama como uma oportunidade de estreitar os laços entre os critérios estéticos e técnicos, de forma a colaborar para o desenvolvimento de projetos relacionados com alto desempenho e comprometidos com a sustentabilidade.

Kibert (2012) destaca o surgimento da modelagem de informações (BIM) como uma ferramenta de concepção e visualização, que se instaura como uma tendência da indústria da construção. Os benefícios advindos do BIM viabilizam o manuseio e gerenciamento dos dados e informações do projeto de maneira mais clara e eficiente. A interoperabilidade ainda é um ponto chave que demanda aperfeiçoamento e investimento das empresas de tecnologia a fim de evitar o retrabalho e a incompatibilidade das informações entre diferentes softwares.

Podemos concluir que a estrutura digital disponível no campo da arquitetura está em constante aperfeiçoamento e tende a, cada vez mais, favorecer o processo de trabalho dos profissionais envolvidos. Destacamos que, durante o percurso do processo de projeto, independente das etapas, o ambiente digital é parte do ambiente físico. O ambiente digital viabiliza o processamento ágil e preciso da informação que é definida pelos agentes no ambiente físico, ou seja, a equipe de projeto. Configura-se como responsabilidade dos projetistas e dos demais agentes envolvidos no processo, as decisões estabelecidas, o fornecimento dos dados de entrada, a análise e interpretação dos resultados das simulações, assim como a análise e repercussão dos resultados processados através das simulações em meio digital. A ética profissional e as diretrizes para o desenvolvimento sustentável devem ser norteadoras deste processo.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES-COFECB, pelo auxílio através da bolsa de estudos do projeto nº693/10, cooperação entre Brasil e França.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas –ABNT. 2013. NBR 15575: Edifícios habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro:ABNT.

Associação Brasileira de Normas Técnicas –ABNT.. 2005. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro:ABNT.

Berardi, U. 2013. Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. In *Sustainable Cities and Society*, v. 8: 72–78.

Celnik, O.; Lebègue, E. 2014. BIM & maquette numérique. CSTB. Paris: Eyrolles.

Fundação Vanzolini. 2010. Alta Qualidade Ambiental - Processo AQUA / HQE

Henriques, G. C., Bueno, E. 2010. Geometrias complexas e desenho paramétrico. In *DROPS* Ano 10 [Online], <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/10.030/2109> Acessado em: 21/02/2012.

Kensek, K.; Noble, D. 2014. *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*. 1° edition. Hoboken, New Jersey: Wiley.

Kibert, C. J. 2012. *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. Kindle Edition. New Jersey: Wiley.

Krygiel, E. 2008. *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. 1 edition. Indianapolis: Sybex.

Kubba, S. 2012. *Handbook of Green Building Design and Construction: LEED, BREEAM, and Green Globes*. Kindle Edition. Waltham: Butterworth-Heinemann.

Lovell, J. 2010. *Building envelopes an integrated approach*. New York: Princeton Architectural Press.

Lynn, G. (Direction). 2013. *L'archéologie du numérique*, 2v. Montréal: CCA.

Mitchell, W. J. 2008. *A lógica da arquitetura: projeto, computação e cognição*. Trad: Gabriela Celani. Campinas, SP: Ed. Unicamp.

Picon, A. 2010. *Digital Culture in Architecture an Introduction for the Design Professions*. Basel: Birkhäuser.

Szalapaj, P. 2005. *Contemporary Architecture and the Digital Design Process*. 1st ed. Boston: Routledge.

Trapano, Patrizia Di. 2008. *Forma e qualidade ambiental na arquitetura contemporânea brasileira*. Tese de doutorado. PROARQ/UFRJ: Rio de Janeiro.

Desenvolvimento de projetos sustentáveis usando a plataforma BIM: estudo de caso na Cidade do Rio de Janeiro

Mônica Santos Salgado

Federal University of Rio de Janeiro, Faculty of Architecture and Urbanism, Architecture Graduate Program, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

monicassalgado@ufrj.br

Marco Aurelio Bittencourt Cunha

Federal University of Rio de Janeiro, Faculty of Architecture and Urbanism, Architecture Graduate Program, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

marco.aureliobc@hotmail.com

Técia Maria Pereira Duarte

Federal University of Rio de Janeiro, Faculty of Architecture and Urbanism, Architecture Graduate Program, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

tecia@art5.arq.br

ABSTRACT: Rio de Janeiro City is gaining a lot of new buildings, due to the World Cup (2014) and the Olympics (2016). The focus of new projects is the commitment to the principles of high quality environmental. However, it is questioned in what extent this movement is accompanied by the modernization of the sector - especially in relation to use of BIM platform (Building Information Modelling) during the design development. In this sense, this article presents a survey of the new buildings that are being constructed - particularly those administered by the City Hall - identifying the environmental certification pursued by professionals, and the extent of use of BIM Platform. Results indicate that most professionals do not use the platform yet, or use partially, showing some resistance towards the adoption of new technology, despite its great potential for the production of buildings with high environmental quality.

Keywords: Sustainability, Design Management, Building Information Modelling

RESUMO: A cidade do Rio de Janeiro Cidade está recebendo novas construções devido à Copa do Mundo (2014) e os Jogos Olímpicos (2016). O foco de novos projetos é o compromisso com os princípios de alta qualidade ambiental. No entanto, questiona-se em que medida esse movimento vem sendo acompanhado pela modernização do setor - especialmente em relação ao uso da plataforma BIM (Building Information Modelling) durante o desenvolvimento do projeto. Neste sentido, este artigo apresenta um levantamento dos novos edifícios que estão sendo construídos - particularmente aqueles administrados pela Prefeitura - identificando a certificação ambiental perseguida pelos profissionais e a extensão do uso da plataforma BIM. Os resultados indicam que a maioria dos profissionais não usa a plataforma, ou usar suas potencialidades de forma parcial, mostrando alguma resistência no sentido da adoção de novas tecnologias, apesar de seu grande potencial para a produção de edifícios com alta qualidade ambiental.

Keywords: Sustentabilidade, Gestão do processo de projeto, Modelagem Digital da Edificação

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do projeto de arquitetura requer, dos profissionais responsáveis, a capacidade de antever os possíveis problemas relacionados com outras especialidades de projeto. O desafio que se impôs à coordenação de projetos aumentou em decorrência da grande quantidade de novas especialidades de projeto que precisam ser compatibilizadas para a

produção da edificação – processo que se torna ainda mais complexo a partir da necessidade de incorporar os requisitos de sustentabilidade ambiental.

Entende-se que a realização de um projeto com alta qualidade ambiental implica a integração entre as decisões projetuais e, conseqüentemente, a integração entre os profissionais das diferentes especialidades de projeto. Essa integração, por sua vez, implica uma revisão dos procedimentos de trabalho normalmente adotados pelas empresas de projeto, acostumadas ao processo linear e sequencial que não mais atende às exigências do projeto para uma edificação sustentável.(Salgado et al, 2012)

Com o desenvolvimento dos softwares da plataforma BIM (Building Information Modelling), surgiu a possibilidade de modelar digitalmente a edificação, e exportar esse modelo, viabilizando a realização do trabalho de forma colaborativa e simultânea.

Nesse sentido, e considerando o grande número de novos empreendimentos sendo realizados na cidade do Rio de Janeiro em decorrência dos grandes eventos esportivos, o objetivo dessa pesquisa foi identificar de que forma a plataforma BIM vem sendo adotada pelas equipes de projeto na produção das novas edificações, e se o potencial da ferramenta tem sido explorado pelos profissionais. A pesquisa também procurou avaliar se a ferramenta tem auxiliado o desenvolvimento desses projetos na incorporação dos requisitos ambientais.

2 OS IMPACTOS DOS GRANDES PROJETOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

A história da evolução urbana da cidade do Rio de Janeiro revela que seu relevo sempre influenciou sua ocupação. Limitada pelo mar e as montanhas, à época da independência política do país, a cidade do Rio de Janeiro ainda estava restrita às áreas centrais, que foram pouco a pouco se degradando em função da construção de habitações e cortiços sem qualquer tipo de controle ou fiscalização. Foi somente em 1900 com a Reforma Passos que a cidade do Rio de Janeiro – com o status de capital do país – sofreu a primeira grande intervenção direta do Estado na urbanização. Essa reforma caracterizou-se por privilegiar os bairros ocupados pelas classes mais abastadas (Salgado, 1992).

Em 1930 a cidade recebeu um novo projeto de urbanização conhecido pelo nome do seu idealizador: o Plano Agache. As intervenções urbanas do Plano Agache voltavam-se preferencialmente para as regiões do Centro e os bairros da Zona Sul: Ipanema, Leblon, Gávea, em detrimento dos subúrbios e da Zona Norte. O objetivo era “ordenar e melhorar a cidade segundo critérios funcionais de estratificação social do espaço”(Pires, 2010).

Em 1960, com a transferência da Capital Federal do Rio de Janeiro para Brasília a cidade perdeu o status de “capital Federal” e, conseqüentemente a redução de sua população – resultado da mudança de toda a equipe da Administração Federal para o interior do País. A partir de então, a cidade do Rio de Janeiro sofreu significativas mudanças, especialmente no que se refere à forma de tratar a expansão irregular da cidade. Em 1965 foi entregue à cidade um novo Plano Urbanístico: o Plano Doxiadis. Este contou com a participação de profissionais e técnicos brasileiros, sob a direção do arquiteto Hélio Modesto.

Embora tenha inspirado uma série de intervenções na cidade, o plano Doxiadis não foi executado, e no período de 1965 a 1971 a cidade não recebeu nenhum plano diretor específico.

Em 1975 a Cidade do Rio de Janeiro enfrentou nova mudança em seu status político: a fusão do Estado da Guanabara com o Estado do Rio de Janeiro. O primeiro prefeito da cidade do Rio de Janeiro foi Marcos Tamoio. Sob sua administração a cidade ganhou um novo plano urbanístico: o PUB-RIO (o terceiro em menos de 30 anos). As intervenções apresentadas pelo plano necessitariam de uma constante reavaliação em função das modificações que a cidade apresentasse. (Cardeman & Salgado, 2012)

Em 1992, a Câmara Municipal do Rio de Janeiro, através do Projeto de Lei Complementar nº16, de 04 de junho de 1992, instituiu o Plano Diretor Decenal da Cidade do Rio de Janeiro (PDDCRJ) que estabelecia as normas e procedimentos para a realização da política urbana do Município. No ano seguinte, a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro estabeleceu o Plano Estratégico Cidade do Rio de Janeiro (PECRJ) delineado após a promulgação da Constituição Brasileira de 1988, quando os municípios passaram a ter direitos de gerir seus próprios territórios com a participação da sociedade civil.

Em 2009 a Prefeitura do Rio de Janeiro anunciou seu Plano Estratégico para o período 2009-2012. O primeiro passo para a construção desse Plano Estratégico foi realizar um breve diagnóstico que identificou os principais desafios e oportunidades a partir dos quais, foram articulados os objetivos centrais do governo e as diretrizes para cada área. (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2009) No final desse documento foram apresentadas as expectativas que se tinha em relação ao desenvolvimento urbano da cidade.

Entre 2012 e 2014 a cidade do Rio de Janeiro deu início a um grande processo de modificações urbanísticas e edilícias, impulsionado pelos eventos esportivos de 2014 (Copa do Mundo) e 2016 (Olimpíadas). Ciente da importância desse momento e da necessidade de articular os esforços no sentido de estabelecer as metas a serem atendidas identificando sua integração, a Prefeitura elaborou um novo o Planejamento Estratégico 2013-2016. De acordo com esse documento, no que se refere às iniciativas estratégicas voltadas à cultura, listam-se as seguintes: revisão da rede de equipamentos culturais; fomento à produção cultural; pólo cultural da Zona portuária; Rio Patrimônio – Centro.

Entre as decisões tomadas em relação às novas edificações, tem destaque a exigência de que o projeto atenda satisfatoriamente aos requisitos de sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, e considerando a urgência na realização das obras propostas, questiona-se de que forma as empresas responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos dos novos equipamentos estariam articulando os requisitos de sustentabilidade ambiental à gestão do tempo no processo de projeto.

Reconhecendo o potencial da plataforma BIM (Building Information Modelling) na produção de edificações sustentáveis, acredita-se que a adoção dessa tecnologia auxiliaria sobremaneira a produção dos novos empreendimentos. Com esse objetivo, realizou-se a pesquisa apresentada a seguir.

3 GARGALOS DA INCORPORAÇÃO DOS REQUISITOS DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E AS POSSIBILIDADES OFERECIDAS PELA PLATAFORMA BIM

No Brasil o processo de incorporação dos requisitos da sustentabilidade ambiental na produção de edificações ganhou impulso a partir da divulgação das certificações ambientais estrangeiras, com destaque para o método LEED norte-americano e o processo AQUA, uma adaptação do método francês HQE (Alta Qualidade Ambiental).

Ao realizar o levantamento das edificações que vem sendo projetadas e produzidas para atender à demanda dos grandes eventos esportivos, verificou-se que a certificação LEED tem sido escolhida pelos responsáveis pelos novos empreendimentos. Isso ocorreu por uma decisão da Prefeitura, que estabeleceu que todas as obras relacionadas à Olimpíada deverão ser certificadas com LEED.

Em linhas gerais, o método LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design* (Liderança em Energia e Design Ambiental) busca identificar e informar a eficiência e o desempenho ambiental do edifício, de acordo com o esopo de certificação, que pode ser:

- LEED-NC para novas construções e ou grandes reformas;
- LEED-CI para interiores;

- LEED-CS (*Core and Shell*): certificado para envoltória do empreendimento e estrutura principal;
- LEED para escolas;
- LEED para comércio (certificado para lojas de varejo);
- LEED para estabelecimentos de saúde, hospitais;
- LEED-ND para bairros;
- LEED EB_OM certificado para a operação de manutenção de edifícios existentes.

A classificação atribuída à certificação LEED se baseia na soma da pontuação conquistada pelo edifício, que varia de 0 a 100, mais 10 pontos bônus, totalizando 110 possíveis, dividido em quatro níveis de certificação, cuja correspondência em pontos são: certificado (40-49 créditos); prata (50-59 créditos); ouro (60-79 créditos); platina (80 + créditos) (GBC Brasil, 2014). Para obter a certificação, é necessário atender aos requisitos relacionados com as 7 (sete) dimensões assim definidas (Fernandes & Salgado, 2014):

- Espaço Sustentável (*Sustainable Sites*) – Encoraja estratégias que minimizam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e aborda questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.
- Eficiência do uso da água (*Water Efficiency*) – Promove inovações para o uso racional da água, com foco na redução do consumo de água potável e alternativas de tratamento e reuso dos recursos.
- Energia e Atmosfera (*Energy & Atmosphere*) – Promove eficiência energética nas edificações por meio de estratégias simples e inovadoras, como por exemplo simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes.
- Materiais e Recursos (*Materials & Resources*) - Encoraja o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários.
- Qualidade Ambiental Interna (*Indoor Environmental Quality*) – Promove a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural.
- Inovação e Processos (*Innovation in Design or Innovation in Operations*) – Incentiva a busca de conhecimento sobre *Green Buildings*, assim como, a criação de medidas projetuais não descritas nas categorias do LEED.
- Créditos de Prioridade Regional (*Regional Priority Credits*) – Incentiva os créditos definidos como prioridade regional para cada país, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local.

Considerando a necessidade de incorporar e compatibilizar os requisitos de sustentabilidade ambiental na realização dos projetos, evidencia-se a importância de estabelecer um método de trabalho que permita o desenvolvimento do projeto de forma colaborativa. Isso porque, para viabilizar o projeto sustentável, uma definição projetual não poderá ocorrer a revelia das demais, uma vez que pode incorrer na priorização de determinado aspecto do desempenho da edificação em detrimento de outro. Daí a necessidade de se pensar o processo de projeto integrado como caminho para a produção de edificações sustentáveis (Salgado *et al*, 2012).

Dessa forma, entende-se que o processo BIM – *Building Information Modelling* – pode auxiliar a produção de edificações que atendam aos requisitos da sustentabilidade ambiental, uma vez que permite que as decisões de projeto das diferentes especialidades envolvidas sejam tratadas num único modelo que compatibiliza as soluções indicando os possíveis conflitos. Naturalmente, o compartilhamento de informações através de um modelo digital implica a organização do processo de trabalho entre os atores envolvidos na produção do projeto. Estes deverão rever sua organização interna, de forma a buscar um modo de trabalho que seja comum a todos, viabilizando a interoperabilidade e o trabalho sobre os mesmos dados: elementos topográficos, projetos de arquitetura, memoriais descritivos, orçamento, entre outros (Ferries, 2009).

O potencial da plataforma BIM na produção de edificações sustentáveis foi discutido no evento WSB 14 – *World Sustainable Building* com destaque para as possibilidades oferecidas pelas informações em IFC (Industry Foundation Classes) na simulação do desempenho das edificações.

Entre as ferramentas BIM que podem auxiliar o processo de projeto, destaca-se o ELODIE - software desenvolvido na França que pode ser utilizado para quantificar os impactos ambientais durante todo o ciclo de vida da edificação (Elodie, 2015) .

Outra iniciativa que merece destaque é o método HOLISTEEC – *Holistic and Optimized Life-cycle Integrated Support for Energy-Efficient Building, Design and Construction* – que visa integrar diferentes informações do projeto e realizar simulações de desempenho ambiental, considerando também todo o ciclo de vida da edificação, com o objetivo de trazer uma contribuição relevante para a melhoria da eficiência energética dos ambientes construídos (HOLISTEEC, 2015).

Entre as discussões empreendidas durante o evento, destacam-se as possibilidades oferecidas pela Plataforma BIM na produção de edificações que considerem os requisitos de sustentabilidade ambiental. Entre elas:

- colaboração dos projetistas com confiabilidade das informações durante o desenvolvimento de projetos;
- economia de recursos, que podem ser investidos apenas nas soluções que tragam efetivamente os resultados desejados (identificados através das simulações realizadas na plataforma);
- antecipação das decisões para dar soluções reais e também para problemas ainda não identificados;
- redução de erros a partir da identificação de incompatibilidades durante o desenvolvimento do projeto através do ajuste entre as soluções propostas por todos os envolvidos, inclusive usuários;
- planejamento e detalhamento durante o desenvolvimento do projeto antes da execução uma vez que o método permite a sinergia entre os atores;
- criação de uma base de dados com informações oriundas de projetos realizados anteriormente;
- garantia de que o projeto sustentável pode efetivamente resultar numa edificação sustentável uma vez que os aspectos de manutenção e operação podem ser testados ainda na fase de projeto através dos recursos oferecidos pela plataforma.

Portanto, a gestão do processo do projeto que pretende incorporar os requisitos de sustentabilidade ambiental será beneficiada com a facilitação do processo de compatibilização das soluções projetuais e simulação de desempenho propiciada pela plataforma BIM, ganhando em tempo sem perda de qualidade.

4 EQUIPAMENTOS CULTURAIS E ESPORTIVOS CONSTRUÍDOS PARA OS GRANDES EVENTOS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Considerando o momento de grandes mudanças pelo qual passa a Cidade do Rio de Janeiro, em decorrência não apenas nos grandes eventos esportivos (2014 e 2016) mas também o natural crescimento da população, realizou-se um inventário com as principais intervenções que vem sendo realizadas. Cabe ressaltar que esse levantamento não esgota a lista de empreendimentos que estão sendo construídos, mas busca apontar os principais equipamentos culturais e esportivos que estão sendo produzidos pela iniciativa do poder público. A tabela 1 apresenta os principais projetos em desenvolvimento à época desse levantamento.

Tabela 1 – Principais projetos públicos em implantação na Cidade do Rio de Janeiro

PROJETO	LOCAL	RESPONSÁVEL
Sambódromo/ECO Sapucaí	Cidade Nova	PMRJ*
Museu do Amanhã	Porto	PMRJ*
Museu de Arte do Rio	Porto	PMRJ/RioUrbe
Maracanã (Estádio Jornalista Mario Filho)	Maracanã	SEOBRAS
Complexo Esportivo de Deodoro	Deodoro	EGP-Rio
Sede do Campo de Golfe	Barra da Tijuca	PMRJ*
Centro Olímpico de Tênis	Parque Olímpico	PMRJ*
Centro Aquático	Parque Olímpico	PMRJ*
Arena de Handebol	Parque Olímpico	PMRJ*
Velódromo	Parque Olímpico	PMRJ*
Centro de Mídia (IBC e MPC)	Parque Olímpico	PMRJ*
Broadcasting Tower	Porto	PMRJ*

*PMRJ = Prefeitura Municipal da Cidade do Rio de Janeiro

A partir da identificação desses projetos, partiu-se para a pesquisa de campo visando a identificar:

- qual certificação ambiental seria adotada nos novos empreendimentos, e;
- que estratégias estariam sendo adotadas na produção desses projetos – com interesse, particularmente, na adoção da plataforma BIM.

4.1 Breve descrição dos principais empreendimentos e a certificação ambiental obtida

A seguir apresenta-se uma breve descrição dos projetos sobre os quais foi possível obter mais informações sobre a certificação ambiental adotada e sobre o uso da Plataforma BIM no processo de projeto. Essa descrição faz-se necessária para que se possa compreender a importância desses projetos no contexto da revitalização da Cidade do Rio de Janeiro.

O *Museu do Amanhã*, está localizado no Píer Mauá e será um museu de ciências e tecnologia que tratará das possibilidades de construir um futuro. Seu projeto está sendo desenvolvido pelo arquiteto Santiago Calatrava e já recebeu a pré-certificação LEED Novas Construções nível Ouro. Este projeto tem uma importância estratégica para as reformas urbanas recentes que acontecem na cidade uma vez que foi planejado com a intenção de atuar como principal projeto no Complexo do Porto Maravilha, constituindo-se num marco da revitalização da região central e portuária do Rio de Janeiro.

O *Museu de Arte do Rio* (MAR) está localizado na Praça Mauá (figura 1). A relevância deste empreendimento para a pesquisa está no fato de que este foi o primeiro a ser entregue dentro do Plano Porto Maravilha. O projeto do MAR é o resultado do retrofit de três edificações: o Palacete Dom João VI (inaugurado em 1916 e tombado no ano de 2000 pelo Conselho Municipal de Proteção ao Patrimônio Cultural), o antigo edifício do Hospital da Polícia Civil e uma antiga rodoviária do Rio de Janeiro – destinada aos ônibus intermunicipais



Figura 1. (a) MAR – Retrofit de três edificações existentes (b) Detalhe da cobertura do conjunto

O Sambódromo, oficialmente Passarela Professor Darcy Ribeiro, localizado na rua Marquês de Sapucaí, projetado por Oscar Niemeyer e construído parcialmente em 1984, é formado pela passarela e estruturas necessárias para os desfiles das escolas de samba, salas de aulas sob as arquibancadas, equipamentos culturais e a Praça da Apoteose. Em 2011, foi realizada a reforma e ampliação, concluída em 2012, de acordo com projeto original para que o equipamento atendesse as provas de tiro e chegada e largada da maratona na olimpíada RIO2016. Em decorrência dessa ampliação, foi necessária a demolição de uma edificação histórica construída em 1888, como consequência a empresa precisou construir uma nova edificação como forma de compensar a cidade pela perda do patrimônio demolido. Assim surgiu o projeto do ECO Sapucaí, também projetado por Niemeyer e ainda em construção, que busca certificação LEED® for Core & Shell no nível Certificado.

Os edifícios do *Centro Olímpico de Tênis e do Centro Aquático*, de responsabilidade do *Consórcio 2016 – Especialistas em Eventos Esportivo*, serão construídos no Parque Olímpico, Barra da Tijuca. O Centro Olímpico de Tênis contará com 13 quadras sendo parte da infraestrutura temporária e outra parte será integrada ao Centro Olímpico de Treinamento (COT) um complexo para a futura formação de atletas. O Centro Aquático constitui uma instalação temporária, que receberá provas de natação e de nado sincronizado. De acordo com informações obtidas em contato com os representantes do projeto, o Centro de Tênis busca certificação LEED Novas Construções *Gold* e o Centro aquático, por seu caráter temporário, não pleiteia receber nenhum selo ambiental.

O *Velódromo*, localizado no Parque Olímpico, receberá as provas de ciclismo de pista e paraciclisto de pista e, após os jogos olímpicos, também fará parte do Centro Olímpico de Treinamento. O projeto, elaborado pelo *Consórcio Rio Equipamentos Olímpicos*, busca certificação ambiental LEED no nível *Silver*. Entretanto, não foi evidenciado em contato estabelecido com os responsáveis, o escopo da certificação.

4.2 Análise dos resultados: uso da Plataforma BIM

A partir desse levantamento preliminar, teve início a pesquisa para identificar, entre essas obras, quais empresas (escritórios de projeto ou construtoras) estariam utilizando a Plataforma BIM. Entretanto, o contato com as empresas de projeto responsáveis pelo desenvolvimento destes empreendimentos nem sempre foi possível, e, em alguns casos, também não foi possível obter informações sobre o uso da plataforma BIM. Nessas situações foram consideradas as informações que estão publicadas nos respectivos sites dos empreendimentos. Os resultados gerais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Uso da Plataforma BIM nos novos empreendimentos

PROJETO	CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL	UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA BIM
Museu do Amanhã	Busca LEED NC&MR Gold (Pleiteia Platinum) e PROCEL	Sim
Museu de Arte do Rio	Busca LEED NC&MR 3.0 Silver	Não
Sambódromo/ECO Sapucaí Maracanã (Estádio Jornalista Mario Filho)	Busca LEED C&S 3.0 Certified	Sim
Complexo Esportivo de Deodoro	Busca LEED NC&MR	Não confirmado*
Sede do Campo de Golfe	Busca LEED**	Não confirmado*
Centro Olímpico de Tênis	Busca LEED**	Não confirmado *
Centro Aquático	Busca LEED NC&MR Gold	Não
Arena de Handebol	Não (Edifício Temporário)	Não
Velódromo	Busca LEED**	Não confirmado *
Centro de Mídia (IBC e MPC)	Busca LEED NC&MR Platinum	Não
Broadcasting Tower	Busca LEED**	Não confirmado *
Broadcasting Tower	Busca LEED**	Não confirmado *

* O escritório que assumiu a realização do projeto já utiliza a plataforma BIM, mas não foi possível obter informações sobre o uso da plataforma no processo do projeto pesquisado.

** As obras relacionadas à Olimpíada deverão ser certificadas com LEED de acordo com o Plano de Gestão da Sustentabilidade dos Jogos Rio 2016 (03/2013). Porém não foram encontradas informações específicas do projeto citado.

Os responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos dos empreendimentos Museu de Arte do Rio, o Centro de Tênis, o Centro Aquático e o Velódromo, responderam negativamente sobre o uso da plataforma. Em contrapartida, a plataforma BIM teria sido utilizada nos projetos do Museu do Amanhã e o ECOSapucaí.

- Museu do Amanhã: A tecnologia BIM foi adotada por que consideram a possibilidade de otimização e economia no que se refere a compatibilização entre projeto e obra. Entretanto não se estabeleceu nenhuma relação entre o uso da plataforma e a garantia do desempenho ambiental da edificação.
- Sambódromo/ECO-Sapucaí: Os dados obtidos indicam que a tecnologia BIM foi utilizada no acompanhamento evolutivo da estrutura de concreto (concreção, fundação, pilares, vigas, lajes e protensão) e das instalações (elétricas, hidráulicas e ar condicionado). Com isso, as possíveis interferências, desvios ou incompatibilidades teriam sido identificados antecipadamente diminuindo assim os retrabalhos de algumas atividades, evitando o desperdício de materiais e buscando diminuir o prazo de execução da obra.

5 CONCLUSÕES

Foram muitas as dificuldades encontradas na realização dessa pesquisa, com destaque para a impossibilidade de obter acesso às informações de projeto. Os profissionais envolvidos foram contatados, mas não se sentiram à vontade para efetivamente informar sobre o desenvolvimento dos projetos, e por esse motivo, não foi possível obter nenhuma informação conclusiva em relação à pesquisa proposta.

Mesmo assim, ficou evidente que mesmo nos empreendimentos onde a tecnologia BIM - *Building Information Modeling* – foi utilizada, em nenhum deles a plataforma foi explorada na totalidade das funcionalidades oferecidas. Nos empreendimentos onde foi declarado o uso da plataforma, verificou-se que sua utilização ocorreu apenas na verificação da compatibilização – particularmente entre estrutura e sistemas prediais. Portanto, pode-se deduzir que os responsáveis pelos projetos pesquisados ainda não identificaram o potencial da plataforma BIM na gestão de projetos e incorporação dos requisitos de sustentabilidade ambiental.

Ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa foram identificadas diferentes possibilidades oferecidas pela plataforma BIM para a construção sustentável, com destaque para os softwares de simulação do desempenho ambiental, e a formação de banco de dados que podem ser utilizados na fase de uso operação e manutenção do desempenho ambiental das edificações.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio à pesquisa - Bolsa de Produtividade em Pesquisa, Bolsa de Iniciação Científica e Edital Universal 2012/2.

REFERÊNCIAS

- CARDEMAN, R. ; SALGADO, M. S. 2012. Sustainability in the process of urban planning: case study in the City of Rio de Janeiro. *In* 4th CIB International Conference on Smart and Sustainable Built Environments - SASBE 2011, 2012, v. 1. 135-141. São Paulo
- Elodie- 2015 The global building performance software *In* <http://software.cstb.fr/Environment-ELODIE> . Acesso em 20/02/2015
- FERNANDES, J. M. 2008 O Planejamento Estratégico como instrumento de gestão em cenários complexos: um estudo sobre os Planos Estratégicos do Rio de Janeiro e de Barcelona. Tese (Doutorado em Administração) Rio de Janeiro: EBAPE/FGV,
- FERNANDES, J.; SALGADO, M. 2014 Qualidade ambiental do projeto através da certificação LEED: uma discussão.. *In*: Livro de actas do ENTAC 2014; Encontro nacional de Tecnologia do Ambiente Construído Maceió, 2014. Rio de Janeiro
- FERRIES, B. 2009 L'Essentiel Maquette Numerique du Batiment BIM – IFC. *In* <http://www.laurenti.com/publis/bimsbook.pdf> Acesso em 05/06/2014
- GBC Brasil. 2014 Empreendimentos LEED no Brasil. *In* <http://www.gbcbrazil.org.br/?p=empreendimentos-leed>> Acesso em 13/02/2014)
- Governo Federal Brasileiro – Brasil 2016. 2014. Prefeitura inicia obras do Velódromo Olímpico dos Jogos Rio 2016. *In* <http://brasil2016.gov.br/pt-br/noticias/prefeitura-inicia-obras-do-velodromo-olimpico-dos-jogos-rio-2016> Acesso em 03/10/2014)
- Governo Federal Brasileiro - MINISTÉRIO DOS ESPORTES 2014.. Empresa Olímpica divulga imagem do Centro Aquático do Rio 2016. *In* <http://esporte.gov.br/index.php/noticiasrio/134-noticias-rio-2016/35001-empresa-olimpica-divulga-imagem-do-centro-aquatico-do-rio-2016> Acesso em 03/10/2014
- HOLISTEEC 2015 *In* <http://www.holisteecproject.eu> Acesso em 20/02/2015
- MUSEU DO AMANHA 2014. *In* <http://museudoamanha.org.br/> Acesso em 12/09/2014.
- Rio 2016 2013. Plano de Gestão da Sustentabilidade dos Jogos Rio 2016tm *In* http://www.rio2016.com/sites/default/files/Plano_Gestao_Sustentabilidade_PT.pdf Acesso em 05/09/2014
- PIRES, H. F. 2010 Planejamento e Intervenções Urbanísticas no Rio de Janeiro: a utopia do Plano Estratégico e sua inspiração Catalã *In*: REVISTA BIBLIOGRÁFICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES Vol. XV, nº 895

Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro 2014 . Pós-2016: o Rio mais Integrado e Competitivo.- Plano Estratégico do Rio de Janeiro 2009-2012. In <http://www0.rio.rj.gov.br/planoestrategico/> Acesso em 05/06/2014

Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. 2014. Prefeitura apresenta projeto de ampliação do Sambódromo retomando o traçado original de Niemeyer. In <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?article-id=1386299> Acesso em 05/09/2014

SALGADO, M. S.; CHATELET, A.; FERNANDEZ, P. 2012 Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. In: Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 81-99

SALGADO, M. S. 1992 Racionalização da Construção: caminhos para a habitação popular no Município do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ

Modelagem, sustentabilidade e desempenho: BIM e a qualidade da construção

Fernanda F. M. Coelho

Federal University of Rio de Janeiro, Faculty of Architecture and Urbanism, Architecture Graduate Program, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

fernandafmcoelho@gmail.com

Mônica Santos Salgado

Federal University of Rio de Janeiro, Faculty of Architecture and Urbanism, Architecture Graduate Program, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

monicassalgado@ufrj.br

Marcos M. Silvano

Federal University of Rio de Janeiro, Faculty of Architecture and Urbanism, Architecture Graduate Program, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

silvano@gmail.com

ABSTRACT: The quest for improving the quality of the built environment is accompanied by the desire for buildings that meet the performance requirements satisfactorily. In this particular aspect has highlighted the approval of the Brazilian ABNT NBR 15575, which establishes the minimum performance to be achieved by residential buildings. However, it is known that the quality performance of a building is closely related to the decisions taken during the design and quality of the project. In this respect, has highlighted the possibilities offered by BIM platform, which allow the evaluation of the performance still at the design stage of the project. This paper presents the results of analysis of performance categories set out in ABNT NBR 15575 with the possibilities offered by variational parametric modeling. The results indicate the untapped potential of parametric design, particularly with regard to the stage of operation, use and maintenance of buildings.

Keywords: Building Information Modeling, Building Performance, Sustainability, ABNT NBR 15575.

RESUMO: A busca pela melhoria da qualidade dos ambientes construídos vem acompanhada pelo desejo por edificações que atendam satisfatoriamente às exigências de desempenho. Nesse aspecto particular, tem destaque a homologação da norma brasileira ABNT NBR 15575, que estabelece o desempenho mínimo para as edificações residenciais. Entretanto, sabe-se que a qualidade do desempenho em uma edificação está intimamente relacionada com as decisões tomadas na fase de concepção e, portanto, com a qualidade do projeto. Nesse aspecto, destacam-se as possibilidades oferecidas pela plataforma BIM, que permite a avaliação do desempenho desde as fases iniciais do projeto. Esse trabalho apresenta os resultados da análise das categorias de desempenho previstas na norma com as possibilidades oferecidas pela modelagem paramétrica variacional e os requisitos de sustentabilidade ambiental. Os resultados indicam o potencial ainda não explorado do projeto parametrizado, particularmente no que se refere à fase de uso operação e manutenção das edificações.

Palavras-chave: Building Information Modeling, Desempenho, Sustentabilidade, ABNT NBR 15575.

1 INTRODUÇÃO

A busca pela melhoria da qualidade do ambiente construído vem acompanhada pelo desejo de edificações que atendam satisfatoriamente às exigências de desempenho tanto em relação à habitabilidade e segurança, quanto à sustentabilidade ambiental. Nesse aspecto particular, tem destaque a homologação no ano de 2013 da norma brasileira ABNT NBR 15575, norma desenvolvida aos moldes da ISO 6241 e que estabelece o desempenho mínimo a ser atingido para novas edificações residenciais. Esta norma pode ser considerada um marco para indução da inovação e da qualidade do setor da construção civil no Brasil, e tem como objetivo principal aumentar a qualidade das construções habitacionais a partir da definição de critérios de desempenho.

Diante dos índices baixíssimos de produtividade e qualidade se comparados a outros setores produtivos nacionais ou ao setor de construção de países desenvolvidos (Mello & Amorim, 2009), observa-se que existe uma demanda por regulamentações que possam orientar a cadeia produtiva no sentido de melhoria da qualidade do ambiente construído.

A adoção da norma pelas empresas implica em uma nova metodologia de se projetar edificações, que ainda precisa ser compreendida pelos profissionais do mercado. Além disso, demanda compreensão sobre as responsabilidades pelo desempenho, que é compartilhada pelo projetista, construtor, usuário e fornecedores de materiais, visto que o desempenho global da edificação depende da execução correta das atribuições de cada um.

Nesse sentido, tem destaque as possibilidades oferecidas pela plataforma BIM (*Building Information Modeling*), que se baseia numa estrutura de dados orientada ao objeto, a partir da criação de um modelo virtual do edifício, possibilitando o intercâmbio eficiente de dados e pode melhorar a efetividade das medidas de desempenho adotadas no projeto.

Esta pesquisa buscou identificar as possibilidades oferecidas pela Plataforma BIM durante a fase de projeto, no cumprimento dos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15575. A pesquisa pretende também discutir o potencial ainda pouco explorado do uso da Plataforma na gestão das informações relativas ao desempenho durante a etapa de uso e operação. Partimos da hipótese de que a plataforma BIM, por estar pautada nos conceitos de interoperabilidade e de parametrização, tem muito a contribuir para a efetividade da abordagem de desempenho ao longo do ciclo de vida dos edifícios.

2 DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES E A NORMA ABNT NBR 15575

A avaliação do desempenho no contexto dos edifícios consiste de um processo sistemático de comparação do desempenho do edifício atual com o desempenho almejado, a partir de critérios explícitos e documentados (Preiser & Vischer, 2005). Ao contrário das normas prescritivas, que se ocupam em descrever como os sistemas devem ser construídos, a ABNT NBR 15.575 define os resultados que devem ser alcançados, estabelecendo os requisitos dos usuários quanto aos edifícios, seus sistemas e seu comportamento em uso, independente dos componentes, sistemas construtivos e estratégias de projeto utilizadas.

A norma brasileira apresenta em seu escopo exigências do usuário quanto a treze classes de desempenho: segurança estrutural; segurança contra o fogo; segurança no uso e na operação; estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; desempenho luminoso; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil e antropodinâmico; durabilidade; manutenibilidade; impacto ambiental. (ABNT, 2013)

A análise do texto da norma permite elencar outros 167 critérios de avaliação relativos aos sistemas construtivos, os quais em muitos casos, em função do método previsto podem se desdobrar em múltiplos procedimentos, principalmente quando parte do método de análise consiste da consulta e verificação de conformidade com outras normas técnicas (ABNT, 2013).

A abordagem de desempenho exige das diferentes disciplinas de projeto uma maior integração e coordenação entre si e também uma maior integração entre as etapas do ciclo de vida. Deste modo, é fundamental para uma gestão eficiente do desempenho que as informações relativas ao desempenho geradas na etapa de projeto possam ser intercambiadas entre os diversos atores, possibilitando o trabalho colaborativo. Além disso, é importante que cada um dos atores documente as informações relativas às suas responsabilidades quanto ao cumprimento do desempenho, para se resguardarem de possíveis questionamentos futuros, e que as informações geradas sejam consistentes e possam ser aproveitadas e manipuladas nas etapas seguintes do ciclo de vida dos edifícios. Entretanto, a colaboração no setor de AEC, se comparada a outros setores da indústria é muito deficiente (Eastman et al. 2008).

Neste aspecto, acredita-se que um novo conceito voltado para a gestão do ciclo de vida das edificações pode contribuir para a abordagem integrada do desempenho, possibilitando a eficiente troca de informação entre as fases do ciclo de vida dos edifícios e entre os intervenientes do processo.

3 POSSIBILIDADES OFERECIDAS PELA PLATAFORMA BIM NA GESTÃO DO DESEMPENHO

O BIM - Building Information Modeling (BIM) ou MIC (Modelagem da Informação da Construção) consiste de novo paradigma para a concepção e gestão do ciclo de vida de edificações e é considerada a inovação mais promissora da construção civil (Eastman et al. 2008, Batista, 2010). BIM pode ser definido como “tecnologia e conjunto associado de processo de modelagem para produzir, comunicar e analisar os modelos do edifício” (Eastman et al. 2008).

A plataforma BIM (Building Information Modeling) possibilita, portanto, a construção de um modelo virtual preciso do edifício em três dimensões, a partir da modelagem de seus componentes construtivos, incorporando, além de informações geométricas, dados como propriedades dos materiais e sistemas construtivos, custo e regras de relacionamento (parâmetros) entre os componentes e em relação ao projeto como um todo.

A parametrização pode ser definida como um “conjunto de propriedades cujos valores determinam características ou o comportamento de um objeto qualquer” (Ruschel & Bizello, 2011, p. 402). Ela possibilita, portanto, a automatização de processos de verificação de conformidade e realização de simulações e cálculos, como os previstos na norma brasileira. As automatizações são úteis, por exemplo, para a realização de tarefas repetitivas, mas de baixa inteligência, e que quando realizadas pelo computador, com pouca necessidade de intervenção do usuário, trazem ganhos de produtividade.

A interoperabilidade diz respeito à capacidade de diferentes sistemas e softwares trocarem informação entre si de forma que esta seja corretamente interpretada e possa ser utilizada, sem perdas ou inconsistências pelos diferentes aplicativos. Para garantir a interface e a troca harmônica de dados entre eles, faz-se necessário o estabelecimento de padrões, códigos e linguagem comum, compreendida e compartilhada por todos.

O IFC consiste em um modelo de dados em formato não proprietário e orientado aos objetos, desenvolvido pela Aliança Internacional pela Interoperabilidade (*International Alliance for Interoperability - IAI*), com a finalidade de descrever as características, relacionamentos, comportamento e identidade dos componentes construtivos (IAI, 2013). Segundo Eastman et al. (2008), o intento do IFC é de que este formato pudesse abarcar toda a classe de informação possível relativa a uma construção ao longo de todo seu ciclo de vida, como a geometria, informações não geométricas, regras, hierarquias e relações entre componentes, propriedades e fases do empreendimento.

A modelagem de desempenho com BIM simplifica o processo de simulação, visto que a informação do edifício necessária à simulação (geometria, carga térmica, propriedades dos materiais) já existe nos modelos (arquitetura, instalações), simplificando o processo de

introdução de dados e de modelagem. O reaproveitamento dos dados do modelo existente garante consistência, aumenta a precisão e pode reduzir o tempo para a realização das simulações (Laine et al. 2007).

4 RESULTADOS DA ANÁLISE - PRINCIPAIS CATEGORIAS DA NORMA BRASILEIRA VERSUS MODELAGEM DIGITAL

Com o objetivo de identificar o potencial do BIM para a automatização de procedimentos de verificação de conformidade segundo os requisitos da norma de desempenho, realizou-se um levantamento de forma a identificar em quais circunstâncias e para quais requisitos o BIM poderia auxiliar no desenvolvimento de projetos. Como método de busca, adotou-se a verificação através do site Google scholar com as palavras chaves “BIM” e a referente à cada uma das classes de desempenho previstas na norma brasileira (desempenho acústico, desempenho térmico, segurança estrutural, etc.), bem como o levantamento de teses e dissertações que tratem do tema. A busca foi realizada usando termos da portuguesa e língua Inglesa, face o número maior de publicações sobre o tema no último. Também foram consultados os sites dos desenvolvedores de softwares relacionados à indústria da construção civil. Ressalte-se que as informações apresentadas não são definitivas uma vez que a inovação em tecnologia da informação avança diariamente. Entretanto, os dados coletados permitem identificar o potencial existente para uso da Plataforma BIM no atendimento aos requisitos da norma.

4.1 Análise das informações contidas na norma NBR 15575

A análise do conteúdo apresentado na norma permitiu identificar algumas disparidades entre as orientações e informações relacionadas a cada uma das treze classes de desempenho estabelecidas, com destaque para: (1) abrangência de abordagem (consistência); e (2) métodos de análise (cálculo, análise projeto, simulação computacional, ensaios de laboratório, inspeção em protótipo, medições in loco, métodos de campo, métodos de engenharia), sendo uns mais qualitativos e outros mais quantitativos.

Quanto à abrangência da abordagem, algumas classes de avaliação apresentam um panorama mais amplo, com diversidade maior de requisitos enquanto outras apresentam um tratamento mais superficial, com número limitado de reivindicações.

Dessa forma, embora possa ser considerada um avanço em termos de normatização visando à melhoria do desempenho das edificações, a norma brasileira se concentra mais em aspectos técnicos na escala do edifício e, apesar de apresentar uma classe de avaliação específica relativa ao desempenho ambiental (Adequação Ambiental), possui escopo incipiente, com recomendações genéricas, abordagem qualitativa e sem especificar métodos claros de comprovação de atendimento, conforme disposto no texto da parte 1 da norma: “Técnicas de avaliação do impacto ambiental resultante das atividades da cadeia produtiva da construção ainda são objeto de pesquisa e, no atual estado-da-arte, não é possível estabelecer critérios e métodos de avaliação relacionados à expressão desse impacto.” (ABNT, 2013)

4.2 Potencial da plataforma BIM no suporte ao desenvolvimento de projetos conforme os requisitos da NBR 15575: apresentação dos dados

A aplicação do BIM para a norma consiste na possibilidade de automatização de procedimentos de verificação. Segundo Jeong & Lee (2008), a automatização será mais efetiva em procedimentos repetitivos, complexos e objetivos. Este é a característica de avaliação de conformidade de códigos construtivos. No caso da norma brasileira, para alguns casos a automatização poderá se dar de forma mais simplificada, principalmente para as abordagens mais objetivas e quantitativas.

Além disso, o uso do BIM associado a sistemas de avaliação de desempenho ambiental pode ajudar na maior eficiência do processo, quanto à comunicação ao tratamento da informação, e consiste de um processo mais dinâmico e verificável (Hope & Alwan, 2012).

As vantagens do BIM para a gestão durante a fase de uso e operação dizem respeito à possibilidade de agregar a informação relativa aos requisitos de desempenho durante as fases anteriores, em uma base de dados cuja estrutura possa fazer a transição entre as etapas de forma harmônica (Hope & Alwan, 2012). Os dados são inseridos à medida que são gerados, com a identificação dos responsáveis pela informação, tornando o processo rastreável. A Tabela 1 sistematiza os principais resultados obtidos.

Tabela 1 – Plataforma BIM no atendimento aos requisitos da NBR 15575 – resultados da análise (ABNT, 2013).

Classe de desempenho	Requisitos	Critérios	Métodos
Segurança Estrutural (Referências de Aplicação com BIM: Nielsen & Madsen, 2010, Lee et al. 2012, Aram et al. 2013)	Estabilidade e Resistência Estrutural	Estado Limite Último	Conformidade com Normas Brasileiras e premissas de projeto
	Deformações, fissurações e ocorrência de outras falhas	Estados Limite de Serviços	Conformidade com Normas Brasileiras e premissas de projeto
Segurança contra incêndio (Referências de aplicação com BIM: Jeong & Lee, 2008, Spearpoint & Dimyadi, 2007, Dimyadi et al. 2007, Balaban et al. 2012, Choi et al. 2014, Ruppel et al. 2010)	Dificultar o princípio de incêndio	Proteção contra descargas atmosféricas Proteção contra risco de ignição de instalações elétricas Proteção contra risco de vazamento em instalações de gás	Premissas de projeto, análise do projeto ou inspeção em protótipo
	Dificultar a fuga em situação de incêndio	Rotas de fuga	Análise de projeto ou inspeção em protótipo
	Dificultar a inflamação generalizada	Propagação superficial de chamas Isolamento de risco à distância	Inspeção em protótipo ou ensaios
	Dificultar a propagação do incêndio	Isolamento de risco por proteção Assegurar estanqueidade e isolamento	Análise de projeto ou inspeção em protótipo e obedecendo legislação vigente
	Segurança estrutural	Minimizar o risco de colapso estrutural	Análise de projeto estrutural e atendimento às normas
	Sistema de extinção e sinalização de incêndio	Equipamentos de extinção, sinalização e iluminação de emergência	Análise de projeto ou inspeção em protótipo
Segurança no Uso e na Operação (Referências de aplicação do BIM: Porter et al. 2014, Melzner et al. 2012, Zhang et al. 2013.	Segurança na utilização do imóvel	Segurança na utilização dos sistemas	Análise de projeto ou inspeção em protótipo
	Segurança das instalações	Segurança na utilização das instalações - atender as exigências da norma	Análise de projeto ou inspeção em protótipo

Tabela 1 – Plataforma BIM no atendimento aos requisitos da NBR 15575 – resultados da análise (ABNT, 2013). – continuação

Estanqueidade (Referências de aplicação do BIM: Não há)	Estanqueidade a fontes de umidade externas à edificação	Estanqueidade à água de chuva e a umidade do solo e do lençol freático.	Premissas de projeto análise do projeto e métodos de ensaio especificados
	Estanqueidade a fontes de umidade internas à edificação	Estanqueidade a água utilizada na operação e manutenção do imóvel	Análise do projeto e métodos de ensaio
Desempenho Térmico (Referências de aplicação do BIM: Ahn et al. 2014, Bahar et al. 2013, Laine et al. 2007, Costa et al. 2013).	Procedimento simplificado (normativo)	Procedimento simplificado (normativo).	Cálculos e Medição in loco no protótipo
	Requisito de desempenho no verão	Valores máximos de temperatura	Simulação computacional
	Requisito de desempenho no inverno	Valores mínimos de temperatura	Simulação computacional
Desempenho Acústico (Referências de aplicação do BIM: Kim et al. 2013)	Isolação acústica de vedações externas	Desempenho acústico de vedações externas no interior da habitação	Método de engenharia, Simplificado de Campo e de precisão.
	Isolação acústica entre ambientes	Isolação de ruído aéreo entre pisos e paredes internas	Método de engenharia, simplificado de Campo e de precisão.
	Ruídos de Impactos	Ruídos gerados por Impactos	Método de engenharia e simplificado de Campo
Desempenho Luminoso (Referências de aplicação do BIM: Skripac, 2011, Kota et al. 2014)	Iluminação natural	Simulação dos níveis de iluminação natural	Simulação
	Iluminação artificial	Medição in loco: Fator de Luz Diurna Níveis mínimos de iluminação artificial	Medição com luxímetro e premissas de projetos Análise de projeto ou inspeção em protótipo
Durabilidade e Manutenibilidade (Referências de aplicação do BIM: Lucas et al. 2013, Motamedi et al. 2014, Motawa & Almarshad, 2013, Costa et al. 2013, Dong et al. 2014)	Vida Útil do edifício e dos sistemas que o compõem	Vida Útil de Projeto (VUP) Durabilidade	Análise do projeto segundo normas ISO. Atendimento a normas; comprovação da durabilidade componentes; análise de campo e inspeção em protótipo; ensaios.
	Manutenibilidade do edifício e de seus sistemas	Facilidade ou meios de acesso	Análise de projeto, manual do usuário, gestão da manutenção
Funcionalidade e Acessibilidade (Referências de aplicação do BIM: Yan et al. 2011.)	Altura mínima de pé-direito	Altura mínima de pé-direito	Análise de Projeto
	Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação	Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação	Análise de Projeto (Anexo G)
	Adequação para pessoas com deficiências físicas ou mobilidade reduzida	Adaptações de áreas comuns e privativas - premissas de projeto	Análise de Projeto
	Possibilidade de ampliação da unidade habitacional	Ampliação de unidades habitacionais evolutivas	Análise de Projeto

Tabela 1 – Plataforma BIM no atendimento aos requisitos da NBR 15575 – resultados da análise (ABNT, 2013) – conclusão

Saúde, Higiene e Qualidade do ar (Referências de aplicação do BIM: Altaf et al. 2014)	Proliferação de microorganismos	Legislação vigente	Métodos de ensaio da legislação vigente
	Poluentes na atmosfera interna a habitação	Legislação vigente	Métodos de ensaio da legislação vigente
	Poluente no ambiente de garagem	Legislação vigente	Métodos de ensaio da legislação vigente
Conforto Tátil e Antropodinâmico (Referências de aplicação do BIM: Yan et al. 2011.)	Conforto tátil e adaptação ergonômica	Adequação ergonômica de dispositivos de manobra	Análise de projeto e métodos especificados nas Normas Brasileiras
	Adequação antropodinâmica de dispositivos de manobra	Força necessária para o acionamento de dispositivos de manobra	Análise de projeto e métodos especificados nas Normas Brasileiras
Adequação Ambiental (Referências de aplicação do BIM: Geyer, 2012, Azhar Et Al., 2011, Cheng & Das, 2014.)	Projeto e implantação de empreendimentos	Atendimento a normas específicas e outros critérios genéricos e qualitativos	Não especifica
	seleção e consumo de materiais	Critérios genéricos e qualitativos	Não especifica
	consumo de água e deposição de esgotos no uso e ocupação da habitação	Parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis	Análise de projetos, métodos de ensaio relacionados às Normas Brasileiras
	consumo de energia no uso e ocupação da habitação	Critérios genéricos e qualitativos	Não especifica

4.3 Potencial da plataforma BIM no suporte ao desenvolvimento de projetos conforme os requisitos da NBR 15575: análise dos dados apresentados

A partir da análise sistematizada na tabela 1, alguns comentários merecem ser tecidos:

- Com relação à Segurança contra incêndio: No trabalho de Jeong & Lee (2008) foram aplicadas regras de verificação de segurança contra incêndio a partir da utilização do software Solibri Model Checker (SMC). Outro trabalho (Spearpoint & Dimyadi, 2007) aborda as possibilidades de troca entre softwares específicos de simulação de incêndio através do formato IFC. Balaban et al. (2012) desenvolvem protótipo de ferramenta para verificação de conformidade de códigos de incêndio na Turquia, usando como referência as experiências bem sucedidas de sistemas automatizados de verificação de conformidade de códigos na Austrália (Design Check), Singapura (Corenet) e Noruega (Statsbygg). Choi et al. (2014) exploram as aplicações de BIM para simular as rotas de escape em situações de perigo, assim como Ruppel et al. (2010), que trabalham com a interface do BIM com a realidade virtual, com foco na experiência do usuário em situações de risco.
- Com relação à Segurança no uso e na operação: Porter et al. (2014) desenvolvem protótipo de aplicativo em BIM para suporte de decisões relativas às situações de risco em um edifício durante a etapa de uso e operação. Melzner et al. (2012) apresentam aplicações com sistema automatizado de verificação de conformidade, a partir de um plugin a ser instalado em software BIM, e Zhang et al. (2013) a partir do software SMC – Solibri Model Checker, com foco na prevenção de quedas dos trabalhadores durante a construção. Apesar destes trabalhos se concentrarem na etapa de construção, a estrutura lógica e ferramentas desenvolvidas pelos autores apresentam potencial para serem adaptadas para a etapa de uso e operação de edifícios.
- Com relação ao Desempenho luminoso: Skripac (2011) apresenta método de utilização dos softwares REVIT e Ecotect com foco na integração da iluminação natural e artificial para

otimização do consumo energético dos sistemas de iluminação. Kota et al. (2014) exploram a utilização do software REVIT em conjunto com os softwares de simulação de iluminação natural Daysim e Radiance.

- Com relação à Durabilidade e manutenção: Lucas et al. (2013), Motamedi et al. (2014), Motawa & Almarshad (2013) desenvolvem protótipos em BIM para a gestão da manutenção da edificação com foco nas demandas específicas de cada edifício, voltadas para a prevenção ou correção de falhas baseado na captura de conhecimento sobre seu funcionamento, para subsidiar a tomada de decisões. Costa et al. (2013), Dong et al. (2014) desenvolveram protótipos para a manutenção preventiva e detecção de falhas relacionadas ao consumo energético, explorando a interface entre softwares BIM, softwares de simulação energética e sistemas de monitoramento real do consumo do edifício. Não foram encontradas na busca aplicações em BIM voltadas para métodos preditivos da Vida Útil do edifício e de seus sistemas construtivos
- Com relação à Funcionalidade, acessibilidade (a) e Conforto tátil e antropodinâmico (b) : O trabalho de Yan et al. (2011) apresenta protótipo que integra BIM com realidade virtual permitindo a interação do usuário com o edifício, com possibilidades de aplicações diversas como: (1) simular o comportamento dos usuários; (2) simular o funcionamento de equipamentos; (3) realizar animações; (4) detectar possíveis colisões; (5) planejar de percursos; (6) simular a iluminação.

5 CONCLUSÕES

A incorporação de metodologias de avaliação de desempenho de edifícios é caracterizada pela grande complexidade, implicando em desafios para os profissionais. A norma brasileira, considerando a sua abordagem ampla, demanda ferramentas de suporte ao processo de gestão da edificação, em todas as suas fases. A partir do levantamento realizado, verificou-se que a parametrização pode contribuir para a automação de tarefas de verificação de conformidade de requisitos da norma brasileira de desempenho, otimizando o processo de avaliação da norma durante a etapa de concepção do edifício. Além disso, a interoperabilidade possibilita a troca de informações entre os softwares, evitando perdas ou sobreposições e contribuindo para a consistência das avaliações de desempenho e redução do tempo para a realização das simulações de desempenho, com o reaproveitamento dos dados do modelo.

O conceito de desempenho depende de uma abordagem integrada e da melhoria da comunicação entre os intervenientes e entre as fases do ciclo de vida dos edifícios, de modo a garantir maior efetividade das soluções. O uso da plataforma BIM na fase de uso e operação ainda precisa ser explorado, mas a aplicação dos conceitos de interoperabilidade e parametrização a partir de uma base de dados única com as informações do projeto pode ser muito benéfico para a gestão mais eficiente da manutenção e utilização dos edifícios.

Finalmente, cabe destacar que a utilização da plataforma BIM como ferramenta de *Facility Management* (gestão das facilidades) encontra-se em estágio preliminar, principalmente quanto à gestão do desempenho. Faz-se necessário, portanto, explorar suas potencialidades visando à incorporação dos indicadores de desempenho técnico e ambiental (sustentabilidade) adotando a interoperabilidade entre as diferentes plataformas e suas interfaces com os sistemas de medição e verificação automatizados (sensores de luminosidade, detecção de gases, temperatura, consumo de energia, consumo de água, etc.).

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio às pesquisas (Bolsa de Produtividade em Pesquisa, Bolsa de Doutorado e Edital Universal 2-2012) e à FAPERJ.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2013 Projeto de norma ABNTNBR 15575: edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT

Ahn, K. et al. 2014. BIM interface for full vs. semi-automated building energy simulation. *Energy and Buildings* 68 (2014) 671–678.

Altaf, M. S. et al. 2014. A method for integrating occupational indoor air quality with building information modeling for scheduling construction activities. In *Canadian Journal of Civil Engineering*, 41(3): 245-251, January 2014. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/cjce-2013-0230#.VC4J3PIdVEI> Acesso em: 10 de set. 2014.

Aram, S., Eastman, C., Sacks 2013. Requirements for BIM platforms in the concrete reinforcement supply chain *Automation in Construction*. 35 (2013) 1–17.

Azhar, S., et al. 2011. Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. *Automation in Construction*, Volume 20, Issue 2, March 2011, Pages 217–224.

Bahar, Y. N., et al. 2013. A Thermal Simulation Tool for Building and Its Interoperability through the Building Information Modeling (BIM) Platform. *Buildings*. 2013, 3, 380-398

Balaban, Ö., Kilimci, E.S.Y., Çağdaş, G. 2012. Automated Code Compliance Checking Model for Fire Egress Codes eCAADe 30. 30th Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe. *Proc. Intern Conf. Applications in Construction*. Volume 2 -. 117-125. Digital. Prague, Czech Republic

Batista, L.T. 2010. O processo de projeto na era digital – Um deslocamento da prática profissional. Dissertação (mestrado em engenharia) - Belo Horizonte: UFMG.

Cheng, J.C.P. Dias, M. 2014. A BIM-Based Web Service Framework For Green Building Energy Simulation And Code Checking. In *Journal of Information Technology in Construction* - ISSN 1874-4753 ITcon Vol. 19 (2014), http://itcon.org/data/works/att/2014_8.content.04327.pdf Acesso em: 10 de set. 2014.

Choi, J., Choi J., Kim, I. 2014. Development of BIM-based evacuation regulation checking system for high-rise and complex buildings. In *Automation in Construction*, Volume 46, October 2014, Pages 38-49.

Costa, A., Keane, M, Torrens, I, Corry, E. 2013 Building operation and energy performance: Monitoring, analysis and optimisation toolkit *Applied Energy* 101 310–316

Dong, B., O'neill, Z., Li, Z. 2014. A BIM-enabled information infrastructure for building energy Fault Detection and Diagnostics. *Automation in Construction*. 44 197–211.

Eastman, C., et al. 2008. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons, Inc..

Geyer, Philipp. 2012. Systems modelling for sustainable building design. *Advanced Engineering Informatics* 26, 656–668.

Hope, A.; Alwan. 2012. Building The Future: Integrating Building Information Modelling And Environmental assessment Methodologies. School of Built and Natural Environment, Newcastle upon Tyne: Northumbria University

IAI - International Alliance for Interoperability. 2010. IFC Overview Summary. *Building Smart*. <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview> Acesso em: 05 de outubro. 2014.

Jeong, J. & Lee, G. 2008. Requirements for automated code checking for fire resistance and egress rule using BIM. *Korea Institute of Construction Engineering and Management*, 1, 7.

Kota, S., Haberl, J.S., Clayton, M. J.; Yan, W. 2014. Building Information Modeling (BIM)-based daylighting simulation and analysis In. *Energy and Buildings* Volume 81, 391–403.

Kim, S., Coffeen, R., Sanguinetti, P. 2014. Interoperability Building Information Modeling and acoustical analysis software - A demonstration of a performing arts hall design process. In *Proceedings of Meetings on Acoustics*.

Montreal, Canada 2 - 7 June 2013 Volume 19. http://www.ica2013montreal.org/Proceedings/mss/015136_1.pdf
Acesso em: 05 de setembro. 2014.

Laine, T., Hanninen, R., Karola, A. 2007. Benefits of BIM in the thermal performance management. In Proceedings: Building Simulation. http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2007/p785_final.pdf Acesso em: 10 de set. 2014.

Lee S., Bae, J., Cho, Y.S. 2012. Efficiency Analysis of Set-based Design with Structural Building Information Modeling (S-BIM) on high-rise building structures. In *Automation in construction* 23. 20–32.

Lucas, J., Bulbul, T., Thabet, W. 2013. An object-oriented model to support healthcare facility information management. In *Automation in Construction*. 31 (2013) 281–291.

Mello, I. C. B. B.; Amorim, S. R. L. 2009. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à união europeia e aos estados unidos. produção, v. 19, n. 2, 388-399,

Melzner, J., et al 2012. Safety planning based on an object-oriented building model. In *Proceedings of the EG-ICE Conference*. Munich.

Motamedi, A., Hammad, A., Asen, Y. 2014. Knowledge-assisted BIM-based visual analytics for failure root cause detection in facilities management. In *Automation in Construction* 43 73–83.

Motawa, I. & Almarshad, A. 2013. A knowledge-based BIM system for building maintenance. In *Automation in Construction* 29.173–182.

Nielsen, A.K. & Madsen S. 2010. Master's Thesis. Structural modelling and analysis using BIM tools. Master of Science in Civil Engineering. The School of Civil Engineering, Aalborg:Aalborg University.

Porter, S., Tan, T., Tan, T., West, G. 2014. Breaking into BIM: Performing static and dynamic security analysis with the aid of BIM, In *Automation in Construction* 40. 84–95.

Preiser W. F. E. & Vischer J. 2005 *Assessing Building Performance*. Elsevier

Ruppel, U., Abolghasemzadeh, P., Stubbe, K. 2010. BIM Based Immersive Indoor Graph Networks for Emergency Situations in Buildings. In W Tizani (Ed.) *Computing in Building and Building Engineering; Proc. Intern. Conf.* Nottingham.: University Press.

Ruschel, R.C. & Bizello, S.A. 2011. Avaliação de sistemas CAD livres. In: Kowaltowski, D., Moreira, D., Petreche, J., Fabricio, M.O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos.

Skripac, B. 2011. BIM for Advanced Daylighting. In Autodesk University http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/sites/default/files/core-page-files/bimforadvanceddaylighting_skripac_au2011.pdf Acesso em: 10 de set. 2014.

Spearpoint, M.J. & Dimyadi, J.A.W. 2007. Sharing Fire Engineering Simulation Data Using the IFC Building Information Model. *Modelling and Simulation; International Congress*. Christchurch, 10-13

Zhang, S., Teizer, J., Lee, J., Eastman, C. M., Venugopal, M. 2013. Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. In *Automation in Construction*, 29 183–195. Elsevier.

Integrating Life Cycle Assessment and Building Information Modelling: An Overview

Cristiane Bueno

University of Sao Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, Sao Carlos, Sao Paulo, Brazil
cbueno@sc.usp.br

Márcio Minto Fabricio

University of Sao Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, Sao Carlos, Sao Paulo, Brazil
marcio@sc.usp.br

ABSTRACT: Environmental considerations need to be integrated in the choice of building materials and, in order to do that, knowledge must be available. A promising possibility, currently highlighted, is the incorporation of building systems Life Cycle Assessment (LCA) data in the Building Information Modelling (BIM) platforms, once such implementation might support the spreading of environmental assessment and conscious choice of construction materials during the building design phase. Such approach is the central point of this paper, which aims to discuss an overview of the integration of LCA databases into BIM platform so that it becomes possible to predict and assess the potential environmental impacts of the constructive and technological choices made in the building design phase. The discussion is based on a conceptual theoretical method, once it regards the theoretical background for the maturity of implementation of LCA and BIM framework.

Keywords: environmental assessment of buildings; life cycle assessment; building information modelling.

1 INTRODUCTION

Environmental considerations need to be integrated in many types of decisions. This includes decisions related to goods and services, and, in order to do that, knowledge must be available (Finnveden et al., 2009). When studying environmental impacts of products and services it is vital to use a life cycle perspective, in order to avoid problem shifting from one part of the life-cycle to another. Life Cycle Assessment aims at making a comprehensive assessment of the environmental impacts of products and services in a life-cycle perspective (Finnveden et al., 2009).

The Life Cycle Assessment (LCA) has proved to be a very useful tool to assess the overall impact throughout the life of a building (Verbeeck & Hens, 2010). Under the environmental viewpoint, the LCA provides inventories of material and energy flows to each system and allows a comparison of these balances against each other in the form of environmental impacts (Soares et al., 2006). This procedure allows a scientific assessment, facilitating the localization of possible changes associated with different stages of the cycle, which results in improvements in its environmental profile. The life cycle of a building includes the production of building materials, construction, operation, maintenance, disassembly and waste management (Gustavsson & Joelsson, 2010), thus the LCA methodology may be an important part of the environmental assessment methods of buildings.

A survey on the current application of LCA in the evaluation of building materials in some of the most traditional environmental certification rating systems has shown that most of them apply only the recognition of product attributes, such as cost, durability, renewability, and recycled content currently prevail (Bueno et al., 2013a). However by analysing the evolution in the use of LCA in the newest versions of some of those rating systems, it is possible to observe the arising

of life cycle thinking concept in several evaluative credits (Bueno et al., 2013b) (Bueno et al., 2013c).

Therefore it is noticed that LCA is increasingly present in the building sector demands, leading professionals to seek new ways to incorporate such methodology into the building design and construction processes as seamlessly and uncomplicated as possible.

A promising possibility, currently highlighted, is the incorporation of building systems LCA data, per functional unit, in the Building Information Modelling (BIM) platforms.

Recent practical BIM proliferation has represented a reverse approach towards achieving this integration in the construction industry and it is encouraging that this expansion is moving towards more engineering analyses and various construction business functions (Jung & Joo, 2011). To enable individuals to develop their BIM abilities, it is important to identify the BIM competencies that need to be learned, applied on the job, and measured for the purposes of performance improvement (Succar et al., 2013).

There has been a considerable time lag between the emergence of visionary expectations of BIM's transformative potential in the architecture, engineering and construction industry, and the deployment of the technology in the industry's daily practice; however, the possibility of incremental implementation of BIM applications is well aligned with the character of the industrial context (Linderoth, 2010).

Wang et al. (Wang, 2005) indicated that previous research efforts have dealt mainly with three research aspects including advanced and innovative intelligent technologies research, performance evaluation methodologies and investment evaluation analysis. The LCA implementation into BIM structure is mixed field comprising all those three mentioned aspects.

Life Cycle Assessment is still a young discipline, mainly developed from the mid-1980s until now (Finnveden et al., 2009). Regarding its evolution and maturity, Klöpffer (Klöpffer, 2006) stated that LCA has become a widely used methodology because of its integrated way of treating topics like framework, impact assessment and data quality.

Standard bodies such as ISO have generally refrained from standardization of the more detailed methodological choices, and there are now international activities which aim at providing such recommendations, which would include characterization models and operational characterization factors for important substances (Finnveden et al., 2009).

When LCA is used for decision support the uncertainty of the results can be an important part of the information. In the ISO 14040 framework, issues of uncertainty are mentioned as part of the LCI and LCIA phases, but most prominently as a part of the Interpretation phase however, no concrete guidance is provided. This issue is being addressed by several of the ongoing initiatives that complement ISO and provide more explicit recommendations (Finnveden et al., 2009).

The review made by Ortiz et al. (Ortiz et al., 2009) systematically explores and evaluates the different ways of using LCA for building materials and component combinations (BMCC) and LCA of the whole process of the construction (WPC) (Fig. 1).

Various LCA tools have been developed and made available for use in environmental assessment and have been classified according to three levels: level 3 is called "Whole building assessment framework or systems" and consists of methodologies such as BREEAM (UK), LEED (USA), SEDA (Aus); level 2 is titled "Whole building design decision or decision support tools" and uses LISA (Aus), Ecoquantum (NL), Envest (UK), ATHENA (Canada), BEE (FIN); finally level 1 is for product comparison tools and includes Gabi (GER), SimaPro (NL), TEAM (Fra) LCAiT (SE) (Ortiz et al., 2009).

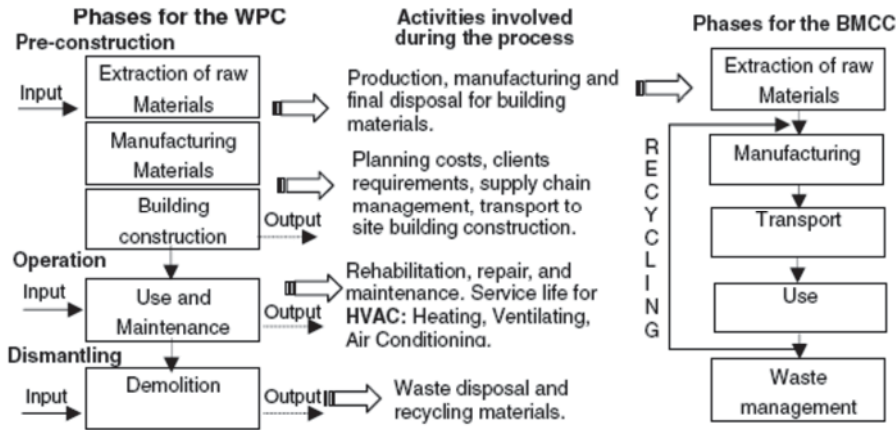


Figure 1. Schematic representation of Building Life Cycle approaches (Ortiz et al., 2009).

The results showed that LCA of BMCC and WPC definitely represent an innovative methodology which improves sustainability in the construction sector throughout all stages of the building life cycle, and it is also observed that more than 90% of the LCA case studies were focused on evaluating environmental impacts and assisting the decision-making within the building sector (Ortiz et al., 2009).

The LCA methodology has developed and somewhat matured during the last decades. Current activities regarding databases, quality assurance, consistency, and harmonization of methods contribute to this. It is also interesting to note the development of new application areas indicating the need to assess and communicate environmental impacts of products (Finnveden et al., 2009).

Thus the implementation of LCA datasets in BIM models might support the spreading of environmental assessment and conscious choice of construction materials during the building design phase. Such approach is the central point of discussion in this paper.

2 GOAL

The aim of this paper is to propose an overview for integration of LCA databases into BIM platform so that it becomes possible to predict and assess the potential environmental impacts of the constructive and technological choices made in the building design phase.

3 METHODS

This paper is based on a conceptual theoretical method, once it discusses the theoretical background for the maturity of implementation of LCA and BIM framework. Moreover such conceptual background is taken as a basis for the development of a new theoretical approach towards the implementation of reproducible LCA data into BIM platform, throughout qualitative discussion and some examples on BIM software tools.

According to Creswell (Creswell, 2009) in quantitative research, some historical precedent exists for viewing a theory as a scientific prediction or explanation. A theory is “a set of interrelated constructs (variables), definitions, and propositions that presents a systematic view of phenomena by specifying relations among variables, with the purpose of explaining natural phenomena” (p. 64).

In this definition, a theory is an interrelated set of constructs formed into propositions, or hypotheses that specify the relationship among variables. The systematic view might be an argument, a discussion, or a rationale, and it helps to predict phenomena that occur in the world (Creswell, 2009).

The methodological procedures are mainly aggregated into two major research phases, which are described below: a) evaluation of the possibilities of inserting LCA datasets within the BIM structure; and b) discussion of how to produce reproducible LCA data, which could be applied to any building typology.

An aggregated discussion of the possibilities and challenges found in those phases will follow in order to summarize the research findings, including an investigative discussion on the possible roles to be played by the different BIM actors in such implementation.

3.1 Developing reproducible LCA data

This section will develop an investigation survey on the functional units requirements in order to make the LCA results reproducible to different types of buildings.

Such investigative discussion will be based on a literature review of the most currently important LCA guidance, standards and databases:

- ISO 14044: 2006 (ISO, 2006);
- European Standard EN 15804: Sustainability of construction works - Environmental product declarations (CEN, 2012);
- European Standard EN 15978: Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings (CEN, 2011);
- ILCD Handbook (EC-JRC, 2010);
- Ecoinvent 2.01 database (Frischknecht et al., 2005);
- GaBi 4.4 databases (IKP-PE, 2002).

The aim of this section is to establish guidelines to the development of LCA data on construction materials which are reproducible to any building typology and thus useful and adequate to application within the BIM platform.

3.2 Inserting LCA datasets within the BIM structure

In this section a brief literature review on the BIM framework will be performed to determine where the implementation of LCA datasets would fit.

The main aim of this section is to understand how LCA data could be applied and used to get an overview of the potential impacts inherent to each building material. Moreover, how this data use could lead to an environmental conscious choice of building materials.

4 REPRODUCIBLE LCA DATA: FUNCTIONAL UNIT REQUIREMENTS

According to ISO 14044 (ISO, 2006) a complete LCA study includes four phases: a) Definition of Objective and Scope; b) Life Cycle Inventory analysis (LCI); c) Life Cycle Impact Assessment (LCIA); and d) Interpretation.

The scope of the study is defined in accordance with the goal and the intended applications of the results and it is determined in details how the product system should be defined and which central requirements should be applied to the LCA when considering the reasons for the study, the decision-context, the intended applications, and the addressees of the results (EC-JRC, 2010). It is in the scope phase of an LCA study that are determined the different scopes in relation to the defined goal of the study:

the functional unit, the reference flow, the system boundaries (completeness and cut-off rules), impact assessment categories covered, data quality requirements, special requirements for comparison between systems and Critical review needs (EC-JRC, 2010).

Kellenberger and Althaus (2009) provided a detailed analysis of LCA results of different building components on different levels of simplification (from a comprehensive LCA including all

materials and processes to the fully reduced component including only the main materials remaining in the component), and the results have shown that transports and ancillary materials are of relevance while the building process and the cutting waste can be neglected.

According to Kaebemick et al. (2003) simplified LCA methodologies are very useful tools in the early design stages for estimating the environmental Impacts of product alternatives and for predicting environmental costs or burdens for manufacturers. This author presented a simplification method based on the analysis of full LCA case studies. It calculates the product's Environmental Performance Indicator by using two sets of energy-based and material-based Impact Drivers (Kaebemick et al., 2003).

Among the challenges of implementing LCA based building environmental evaluation systems, the subjectivity and uncertainty in gathering the inventory data, the complexity of the functional unit and how this influences the feasibility of using LCA are important examples.

The first big challenge is the definition of the functional unit which, specific in the building sector, is often hard to isolate from other building functionalities in order to assess construction materials individually. Moreover there are also the regional and temporal specificities which make the data collection at the same time complex and full of uncertainties.

The function and functional unit of the system to be analyzed are central elements to an LCA. LCA is often used to support comparisons between different products with similar functions or between different systems which provide similar services. In order to ensure a fair comparison, it is crucial that the systems, which are compared, provide the same function(s) to the user or customer. The LCA is therefore based on a precise quantitative description of the function provided by the system, focusing on the quantitative aspects of the function (EC-JRC, 2010).

The quantitative definition often refers to technical standards (e.g. ISO, 2006, CEN, 2012, CEN, 2011) for the specification of the function.

The quantitative definition of the functional unit will often be accompanied by a qualitative description of the way in which the function is provided or other qualities of the product. These qualitative aspects may influence the user's perception of the product and they are therefore important to ensure a fair comparison, even though they cannot be included in the quantitative definition of the functional unit (EC-JRC, 2010).

In this scenario, the Environmental Product Declarations (EPDs) were developed with intention to standardize the data collection and consequently the LCA of construction materials and components. The EPDs are standardized by the European Standards EN 15804 (CEN, 2012) and EN 15978 (CEN, 2011).

Since the aim of the LCA data to be applied in the BIM platform is to provide quantitative environmental information supporting the environmental prioritization of a narrow and specific type construction element or system, the functional unit should be as limited as possible - without losing the precision needed to ensure accurate results for the study. Chosen and tuned correctly, the functional unit can be used for the analysis of the same construction systems in different types of buildings.

For this reason the construction systems must be considered independently (e.g. structure must be considered independently of sealing, roofing, flooring, etc, as an individual function). Therefore the life cycle potential impacts coming from any other building system must not be considered interfering in other systems, which will focus only on themselves.

Another important point is the geographical, temporal and regional scopes for data collection. Once the functional unit is defined it is important to ensure that the same data collection scope will be used for all the construction system alternatives, mostly those which provide the same function. For instance we can use the case of two of the most used inventory databases:

Ecoinvent (Frischknecht et al., 2005) and GaBi (IKP-PE, 2002) databases. Even if both databases provide local and average data and are compatible with GaBi software, they have very different data collection scopes and methodologies, whose may interfere in the final results.

Here the focus of the discussion is not to determine which database would lead to most reliable results but to state that the same database must be use within a construction system category, in order to assure a fair comparison between systems.

In almost any product system one or several processes in the product system provide more than one functional output or co-products. These co-products may not be used by other processes in the product system but in some other product system of no relevance to the study. This means that the inputs and outputs of the process should be shared between its products and co-products. The ISO 14044 (ISO, 2006) standard presents a hierarchy of different approaches to this problem. The choice is closely related to the choice of modelling principle – consequential or attributional and the choice must be made early in the scope definition as it has influence on some of the other elements of the scope definition, e.g. the drawing of system boundaries (EC-JRC, 2010).

The system boundary defines which processes or activities (on-site, upstream, and downstream processes) belong to the product system, i.e. are required for providing the function as defined in the functional unit. A precise definition of the system boundaries is important for the understanding of what the modelled system actually represents and how it must be interpreted or used in a larger context. Ideally, the product system boundaries should be set so the flows crossing the boundaries are elementary flows and product flows, i.e. inputs and outputs should be traced until they leave the technical system and become part of the environment (EC-JRC, 2010).

Finally the multifunctional character of construction products must be approached.

The main comparison basis in LCA studies is the provided function. There is no LCA study comparing objects or products, but every LCA must be based on a functional unit, i.e. in some different products or services that provide the same function (EC-JRC, 2010).

Building products do not generally have the same functions and the same applications in a building (Lemaire et al., 2007). There is often no clear separation of function and performance between individual technical requirements of a building product: Since the product participates in the building's life as a component, one has to decide for some flows whether they should be allocated to the product's or to the building's system (Chevalier & Le Teno, 1996).

Building products do not have all the same technical functions and uses (quantities, lifetimes, exposures) in a building. Consequently, it is generally not relevant to directly compare building products consequently. In order to introduce environmental characteristics in the choice of building products, it is often necessary to change the scale of the study: only elements that have the same functional unit same quantities, same lifetimes, and same technical functions are able to be compared (ISO, 2006).

The comparison of building products with the same functional unit is limited to few products. In the other cases, building products are not able to be considered as alternatives of the decision the first set of building products that can represent an alternative of the decision problem is the building component. For example, a wall which may be made of several sets of products, represent a building component and each kind of wall has the same functional unit. The scale of the building component will be consequently the comparison scale in most of the cases (Lemaire et al., 2007).

5 BIM STRUCTURE: FITTING LCA DATASETS

Computer integrated construction (CIC) and building information modelling (BIM) are the most often used acronyms representing the broad concept of Information Systems (IS) in construction (Jung & Joo, 2011). BIM is a set of interacting policies, processes and technologies generating a “methodology to manage the essential building design and project data in digital format throughout the building's life-cycle” (Penttilä, 2006).

BIMs are taking large place in the market, and in the near future they will be used as unique resources for enabling seamless data level interoperability, which will greatly facilitate the processes in the Building Life Cycle (Ibrahim & Krawczyk, 2003). In this context, enabling the collaborative use of BIMs is becoming essential and is much required by the industry and, in the new IS architectures, service and resource orientation are becoming widely used, in terms of supporting collaboration over distributed environments (Ibrahim & Krawczyk, 2003).

A BIM framework should be comprehensive enough to address all relevant BIM issues. However, at the same time, it needs to be concise enough in order to present key issues in a systematic manner. The framework can be delineated as that ‘practical BIM implementation effectively incorporates BIM technologies in terms of property, relation, standards, and utilization across different construction business functions throughout project, organization, and industry perspectives’ (Jung & Joo, 2011).

Building Information Models are made of ‘smart’ objects – different to a CAD entity that holds little or no meta-data – (Isikdag, 2012) which represent physical elements like doors and columns and encapsulate ‘intelligence’ (Fisher & Kunz, 2005).

According to Succar (2009) BIM implementation will arguably change the components of and relations between lifecycle phases, activities and tasks. This author defines the building life cycle within BIM platforms in three main stages: [D] design phase, [C] constructions phase and [O] operation phase and those stages might be divided into sub-phases.

BIM implementation is initiated through the deployment of an object-based 3D parametric software. At Stage 1, users generate single-disciplinary models within design [D], construction [C] or operation [O]. Deliverables include architectural design models [D] and duct fabrication models [C] used primarily to automate generation and coordination of 2Ddocumentation and 3D visualization. Other deliverables include basic data and light-weight 3D models which have no modifiable parametric attributes (Succar, 2009).

The level of any geometric or non-geometric data can be classified as raw data, information or knowledge in an incremental order in terms of property intelligence and accumulation (Jung & Joo, 2011). Furthermore, the historical progress information can be automatically manipulated to produce knowledge for future projects (Jung & Kang, 2007). These knowledge applications can be actively generated and utilized by imbedding the information into 3D objects. Here is where the LCA data might be applied imbedded into 3D construction objects.

The available environmental data must regard the LCA impact categories and it must be displayed as potential impacts according to a given Life Cycle Impact Assessment (LCIA) methodology.

It is important to note at this point that environmental properties must be provide as impact potentials, i.e. after being processed in the LCIA phase of an LCA study. This is due to the fact that raw inventory data must lead the user – which is mostly not familiarized to environmental assessment methods – to wrong conclusions, once this kind of data has still to get characterized to its correspondent impact potentials.

A brief explanation on this is that different substances have different contributions to impact potentials and, thus, some of them in small quantities might contribute more for a given impact than other substance in larger amounts.

An important issue to be highlighted, which was already addressed by Monteiro and Martins (2013) is that while automatic Building Information Modelling (BIM) based quantity take-off is one of the potentially most important applications for BIM, it is still generally underexplored how BIM models respond when quantity take-off is its primary use – as it would be regarding environmental quantities. Those authors concluded that while it is possible to adapt the model to extract quantities according to existing specifications, the adjustments have implications in other model applications such as visualization or drawings.

Moreover, in simulating the dynamic processes in buildings, data modelling efforts typically require the modelling of the building geometry, its components and the relationship between these components, as well as the modelling of the process that is under study (Ozel & Kohler, 2004). For instance, when simulating the life cycle of a building, the flow of materials as well as the flow of information may be simulated as part of the process modelling, while a component model is needed to represent the building as an artefact (Ozel & Kohler, 2004). Another aspect of this modelling effort is the simulation of human intervention, that might affect the nature of the building itself as well as its performance (Ozel & Kohler, 2004).

6 FINAL CONSIDERATIONS

Building products are often just considered as consumption of resources in the usual environmental assessment tools at the building scale as GBTool, EQUER, BREEAM, LEED, CASBEE, etc (Lemaire, 2006). Their life cycle is seldom taken into account in such tools. This observation may be explained by the limits of Environmental Product Declarations (EPDs) whose provide information that does not allow the direct comparison and choice of building products.

Thus the integration of LCA data on building components on BIM models would ease the insertion of such quantitative environmental assessment methodologies in the field of construction.

The approach proposed in this paper is an investigative approach of the possibilities for such integration and must be further develop, especially in the field of LCA inventory data collection and organization and BIM computer software development.

7 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge FAPESP (São Paulo Research Foundation) for the financial support given to this research.

REFERENCES

Bang, A. L., Krogh, P., Ludvigsen, M., Markussen, T. 2012. The Role of Hypothesis in Constructive Design Research. In *Proceedings of The Art of Research IV*.

Bueno, C.; Rossignolo, J. A.; Ometto, A. R. 2013a. Life Cycle Assessment and the Environmental Certification Systems of Buildings. In *Gestão & Tecnologia de Projetos*

Bueno, C.; Rossignolo, J. A.; Ometto, A. R. 2013b. Environmental impact assessment of building materials on GBTool and SBTool rating systems: Evolution in the use of Lifecycle Thinking. In: *BESS-SB13 CALIFORNIA: Advancing Towards Net Zero*. Pomona.

Bueno, C.; Rossignolo, J. A.; Ometto, A. R. 2013c. Use of life cycle thinking for environmental impact assessment of building materials: new developments in the LEED certification system. In: *LCM 2013 – 6th International Conference on Life Cycle Management* Gothenburg.

Chevalier, J.L., Le Teno, J.F., 1996. Requirements for an LCA-based model for the evaluation of the environmental quality of building products. In *Building and Environment*, vol. 31(5) 487–91.

Creswell, J.W., 2009. *Research Design. Qualitative, quantitative, and mixed approaches*. Singapore:SAGE Publications Inc.

EC-JRC-European Commission: Joint Research Centre. 2010. *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) In Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*.

European Committee for Standardization (CEN).2011 European Standard EN 15978: Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method in your referencesEuropean Committee for Standardization (CEN). 2012. European Standard EN 15804: Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products.

Fischer, M.; Kunz, J. 2005. *Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions*, Center for Integrated Facility Engineering, California:Stanford University.

Frischknecht, T., Jungbluth, N., Althaus, H.J., Doka, G., Dones, R., Heck, T. et al., 2005. The ecoinvent database: overview and methodological framework. In *International Journal of Life Cycle Assessment* 10:3–9.

Gustavsson, L.; Joelsson, A, 2010. Life cycle primary energy analysis of residential buildings. In *Energy and Buildings*, Volume 42, Issue 2.

Ibrahim, M.; Krawczyk, R. 2003. The level of knowledge of CAD objects within the building information model, In *ACADIA 2003 Conference*, 173–177 Muncie.

IKP-PE, 2002. *GaBi 4, Software-System and Databases for Life Cycle Engineering*. Copyright, TM. Stuttgart:Echt- erdingen.

Isikdag, U., 2012. Design patterns for BIM-based service-oriented architectures. In *Automation in Construction*, 25: 59-71.

ISO International Standards Organization 2006. ISO 14044: Environmental knowledge of CAD objects within the building information model - life cycle assessment requirements and guidelines. In *ACADIA 2003 Conference*, Muncie

Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., Suh, S., 2009. Recent developments in Life Cycle Assessment. In *Journal of Environmental Management*, 91: 1–21.

Jung, Y.; Joo, M., 2011. Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. In *Automation in Construction*, 20: 126–133.

Jung, Y.; Kang, S. 2007. Knowledge-based standard progress measurement for integrated cost and schedule performance control In *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE 133 (1) 10–21.

Kaebemick, H., Sun, M., Kara, S., 2003. Simplified Lifecycle Assessment for the Early Design Stages of Industrial Products. In *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 52 (1): 25–28.

Kellenberger, D., Althaus, H. J., 2009. Relevance of simplifications in LCA of building components. In *Building and Environment*, 44(4): 818–825.

Klöpffer, W., 2006. The role of SETAC in the development of LCA. In *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11:116–22.

Koskinen, I., Zimmerman, J., Binder, T., Redström, J., & Wensveen, S. 2011. *Design Research through Practice – From the Lab, Field, and Showroom*. Morgan Kaufmann.

Lemaire, S., Chevalier, J., Guarracino, G., Humbert, H., 2007. Using the French EPDs to compare and to choose building products. In *CIB World Building Congress 2007: Construction for Development, Cape Town, 21-25 May 2007*.

Lemaire, S., 2006. *Aide aux choix des produits de construction sur la base de leurs performances environnementales et sanitaires*, Phd thesis Lyon : INSA de Lyon.

Linderoth, H. C. J., 2010. Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks. Automation In Wong, J.K.W., Li, H., *Construction*, 19 (1): 66-72.

Monteiro, A., Martins, J. P., 2013. A survey on modelling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. Automation in Construction <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.005>.

Ortiz, O., Castells, F., Sonnemann, G., 2009. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. In *Construction and Building Materials*, 23: 28–39.

Ozel, F., Kohler, N., 2004. Data modeling issues in simulating the dynamic processes in life cycle analysis of buildings. In *Automation in Construction*, 13 (2): 167-174.

Penttilä, H., 2006. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression In *ITCON 11 (Special Issue The Effects of CAD on Building Form and Design Quality)* 395–408.

Soares, S.R., Souza, D.M., Pereira, S.W., 2006. Avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. In *Coletânea Habitar, 7 - Construção e Meio Ambiente*.

Succar, B., 2009. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. In *Automation in Construction*, 18: 357–375.

Succar, B., Sher, W., Williams, A., 2013. An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. In *Automation in Construction*, In Press <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>.

Verbeeck, G.; Hens, H., 2010. Life cycle inventory of buildings: A contribution analysis. *Building and Environment*. 45 (4).

Wang, S.W., 2005. Intelligent building research: a review. In *Automation in Construction*, 14 (1): 143-159.

Esforço demandado para emprego de Building Information Modeling na Certificação LEED® NC, etapa de projeto

Giseli Mary Colleto

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas - SP, Brasil
giseli@gmc.arg.br

Vanessa Gomes da Silva

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas - SP, Brasil
vangomes@fec.unicamp.br

Regina C. Ruschel

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas - SP, Brasil
ruschel@fec.unicamp.br

ABSTRACT: This article follows a comparison and classification method aiming at assessing the effort involved in calculation of credits within the LEED® certification process using BIM tools. We have modeled the LEED certification process, mapped the type of BIM tools used to support certification credits and estimated the associated stress level of employing such tools. BIM tools were identified in terms of resources associated with parametric modeling tools (FM) and analysis and simulation tools (FA). Results indicate that focusing on low effort level credits is not enough to achieve the points required for certification. A considerable number of credits must be pursued among those reachable through higher effort level or investment. The energy performance optimization category, in particular, should be carefully targeted, as it offers the largest number of available potential credits though demanding high effort level. The study confirms the potential for increased BIM use to extract information necessary for demonstrating achievement of LEED NC design credits.

Keywords: LEED NC; BIM

RESUMO: Este artigo segue o método comparativo e classificatório para avaliar o esforço envolvido para utilizar recursos BIM no cálculo dos créditos para certificação LEED® NC, etapa de projeto. O processo de certificação foi modelado. As ferramentas BIM para modelagem paramétrica (FM) ou análise e simulação (FA) aplicáveis foram mapeadas, e o nível de esforço associado ao seu emprego, estimado. Os resultados apontam que o foco em créditos alcançáveis a um nível de esforço mais baixo não atinge a pontuação mínima exigida para a certificação. Necessariamente, um número significativo de créditos deverá ser buscado dentre aqueles que demandam maior esforço e/ou investimento. Em particular, os créditos relacionados à otimização de desempenho energético aliam nível de esforço mais alto a um número de créditos potenciais superior às demais categorias. Este estudo também reforçou que há potencial de ampliação da utilização de BIM para a obtenção das informações necessárias para a verificação e demonstração de atendimento de créditos da certificação LEED®.

Palavras-chave LEED NC; BIM

1 INTRODUÇÃO

Seguindo a crescente utilização em âmbito mundial de *Building Information Modeling* (BIM) nos processos de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e dos esforços dos profissionais em busca de construções mais sustentáveis (*green buildings*), a sinergia entre essas duas frentes

surge como tendência para o desenvolvimento de novos projetos (Becerik-Gerber & Kensek, 2010).

Ruschel et al. (2013) explica que BIM é fundamentado no desenvolvimento do modelo de informação orientado a objetos e no desenvolvimento integrado e colaborativo deste modelo. Atributos esses que potencializam sua utilização, especialmente na obtenção de dados necessários para a certificação dos projetos.

A utilização de BIM como auxílio ao processo de certificações ambientais, especificamente a *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED®), já é uma realidade e se apresenta como alternativa atual de automatização de parte desse processo (Wu & Issa, 2011, 2015). Já utilizada no exterior, o cálculo dos créditos do LEED® com BIM ainda não é muito difundido no Brasil, apesar do LEED® ser uma das metodologias mais comercialmente aceitas no país.

Pelo fato de BIM apresentar potencial de melhoria de precisão na extração e análise de dados importantes para a certificação, o objetivo desse estudo é avaliar o nível de esforço demandado para incorporar BIM no cálculo dos créditos para certificação LEED® para Novas construções e Grandes Reformas (LEED® NC).

2 FUNDAMENTAÇÃO

Em seguimento à crescente demanda por edificações verdes, vários países e organizações internacionais estão iniciando sistemas que classificam seu desempenho segundo diferentes níveis de sustentabilidade. No Brasil, a mais utilizada é a certificação norte-americana *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED®).

Segundo Wu & Issa (2011), a tecnologia BIM também tem sido cada vez mais implementada nos projetos e construções verdes, notavelmente em projetos LEED®. As vantagens do uso de BIM em projetos LEED® estão no potencial de extrair e computar informações para enfrentar os desafios colocados por essa certificação, ao atender o cumprimento de crédito e ao gerar a documentação exigida na avaliação. Sendo assim, para a implantação de BIM no cálculo dos créditos para certificação LEED®, é preciso compreender em detalhes o processo de avaliação e seus requisitos, considerando os contextos locais para sua aplicação.

A certificação LEED® avalia os edifícios através de uma lista de características às quais são atribuídos créditos, baseados em uma lista de objetivos preexistente. Sua aplicação é no formato de *checklist* e a classificação final é obtida pela soma dos pontos atingidos nas dimensões. Conforme apontado por Bueno (2010), “uma parte considerável de sua pontuação total depende da obtenção de créditos referenciados em normas, características climáticas e construtivas de seu país de origem”, fator esse que aponta a necessidade de adaptações pontuais para a contagem dos créditos dependendo da localidade de sua aplicação.

No contexto brasileiro, segundo o GBCB (2014), a certificação internacional LEED® tem atualmente oito tipologias, apresentadas na Tabela 1. Como cada tipologia apresenta suas peculiaridades, o presente trabalho se desenvolve para a LEED NC® (*New Construction & Major Renovation*). Após a escolha da tipologia, o LEED® apresenta sete dimensões a serem avaliadas. Todas elas possuem requisitos (práticas obrigatórias) e créditos, que quando atendidos garantem pontos à edificação. A Tabela 2 apresenta as dimensões avaliadas e suas respectivas pontuações máximas. A partir do cálculo de créditos, conforme a quantidade de pontos adquiridos, o nível da certificação é definido: Nível Certificado (40-49 pontos); Prata (50-59 pontos); Ouro (60-79 pontos); e Platinum (80 pontos ou mais).

Tabela 1 – Tipologias LEED®

Sigla	Tipologia
LEED NC	LEED para Novas construções e Grandes Reformas
LEED EB OMS	LEED para Edifícios Existentes – Operação e Manutenção
LEED CI	LEED para Interiores Comerciais
LEED CS	Envoltória e Estrutura Principal
LEED for Retail NC	LEED para Novas Construções ou Grandes Reformas em Lojas de Varejo.
LEED for Retail CI	LEED para Interiores Comerciais em Lojas de Varejo
LEED Schools NC	LEED para Escolas
LEED ND	LEED para Desenvolvimento de Bairros
LEED HC	LEED para Hospitais

Tabela 2 - Dimensões LEED® e suas pontuações máximas

Dimensões avaliadas	Pontuação máxima
Espaço Sustentável	26 pontos
Uso Racional da Água	10 pontos
Energia e Atmosfera	35 pontos
Materiais e Recursos	14 pontos
Qualidade Ambiental Interna	15 pontos
Inovação e Processo do Projeto	06 pontos
Créditos Regionais	04 pontos

O processo de certificação LEED® para um edifício é desafiador e tedioso, com duas grandes tarefas a cumprir: atender aos requisitos do sistema de classificação LEED® e demonstrar tal conformidade com documentação válida e abrangente (Wu & Issa, 2011). Enquanto Wu & Issa (2011) têm uma visão mais holística da utilização de BIM no processo de certificação abrangendo projeto, construção e operação, e requerendo um processo integrado de projeto, Azhar et al. (2011) ressaltam a potencialidade de seu emprego em atividades que envolvam análises e cálculos, e demonstram que BIM pode auxiliar na avaliação e na contagem de 52% dos créditos nas diferentes dimensões da certificação LEED NC® (Tab. 3). Este trabalho buscou qualificar este desafio e avaliar o nível de esforço associado à incorporação de BIM no cálculo dos créditos, a partir da identificação da aplicabilidade e tipo de ferramental que pode ser utilizado.

Segundo Tobin (2008) as ferramentas computacionais que permitem BIM podem ser classificadas em dois tipos: de autoria e de integração. As ferramentas de autoria ainda compreendem ferramentas: de modelagem paramétrica orientada a objetos e de análise ou simulação.

As ferramentas de modelagem paramétrica orientada a objetos dão suporte ao desenvolvimento de modelos de informação e bibliotecas de componentes. Eastman et al. (2011, p.47) enumera para o projeto arquitetônico as ferramentas de modelagem paramétrica orientada a objetos: ArchiCAD, Revit Architecture, Vectworks e Digital Project. Já para projeto de construção ou fabricação, Eastman et al. (2011) enumera as ferramentas: Tekla, Revit MEP e Bentley Mechanical & Electrical, entre outras. A modelagem de modelos de informação de arquitetura, construção e fabricação se dão pela montagem do todo para as partes (*top-down*) (Eastman et al., 2011). A modelagem de componentes (objetos) se dá pela modelagem paramétrica de classes de objetos. As ferramentas de modelagem permitem a geração de desenhos, a customização de objetos, a modelagem de superfícies complexas e incluem capacidades de extração de listagem, incorporação de especificações e detecção de conflitos entre outras (Eastman et al., 2011). A extração de listagem resulta em lista de conteúdo ou quantitativos do modelo de informação.

As ferramentas de análise e simulação buscam captar todas as informações possíveis dos modelos de informação – arquitetura, construção e fabricação - para a avaliação dos mesmos

em desempenhos específicos como: estrutural, eficiência energética, equipamentos mecânicos, iluminação, acústica, mecânica dos fluidos e funcional (Eastman et al., 2011). As análises geralmente requerem especialistas nos desempenhos específicos para ajuste dos parâmetros e escopo da simulação desejada. Estas ferramentas para dialogarem no contexto de BIM precisam ser interoperáveis, i.e., importar e exportar os modelos de informação entre ferramentas com o maior reuso possível da informação, sem perdas. O formato de arquivo com maior interoperabilidade utilizado em avaliações de sustentabilidade são os formatos abertos: *Industry Foundation Classes* (IFC) e o *Green Building Extensible Markup Language* (gbXML). Entretanto, formatos abertos como o DXF ainda são amplamente utilizados, mas resultam em perda de informação no trânsito entre ferramentas BIM.

São os recursos das ferramentas de autoria - criação de conteúdos para extração de listagem, incorporação de especificações e detecção de conflitos de modelos de informação por ferramentas de modelagem (FM) e obtenção de relatórios de desempenho por ferramentas de avaliação (FA) - que dão suporte ao cálculo de créditos na certificação LEED.

Tabela 3 - Créditos LEED® (v 2.2) auxiliados por BIM segundo AZHAR et al. (2011)

Dimensões	Créditos que podem ser Conquistados com bim
% mediada por BIM	
Espaço Sustentável [ES] 15,4%	Seleção do terreno Maximizar espaços abertos Projeto para águas Pluviais - controle da quantidade Projeto para águas Pluviais - controle da qualidade Redução da ilha de calor - áreas descobertas Redução da ilha de calor - áreas cobertas Redução da Poluição Luminosa
Uso Racional da Água [URA] 100%	Uso eficiente de água no paisagismo Tecnologias Inovadoras para águas servidas Redução do consumo de água
Energia e Atmosfera [EA] 54,3%	<i>Performance</i> Mínima de Energia Otimização da <i>performance</i> energética
Materiais e Recursos [MR] 64,3%	Depósito e Coleta de materiais recicláveis Reuso do edifício - manter paredes, pisos e coberturas existentes. Reuso do Edifício - manter elementos interiores não estruturais Conteúdo Reciclado Materiais Regionais Madeira Certificada
Qualidade Ambiental Interna [QAI] 33,3%	Plano de Gestão de Qualidade do Ar - durante a construção Plano de Gestão de Qualidade do Ar - antes da ocupação Conforto Térmico – projeto Iluminação Natural e Paisagem - luz do dia Iluminação Natural e Paisagem - vistas
Inovação e Processo do Projeto [IPP] 83,3%	Inovação no Projeto
Créditos Regionais [CR] 0%	
52%	% de Créditos mediados por BIM

Segundo Computer (2010), como a certificação LEED® requer cálculos, documentações e verificações, esse processo requer a interação entre as diferentes áreas desde o início do processo de projeto para conseguir alcançar as metas sustentáveis definidas. Como o processo de avaliação dos índices de sustentabilidade deve ocorrer durante todas as fases de uma

edificação, incluindo planeamento, projeto, construção e operação, aplicando recursos sustentáveis em um projeto desde suas fases de iniciais, ele se torna mais eficiente e eficaz.

3 MÉTODO

Este artigo segue o método comparativo e classificatório. A avaliação do nível de esforço para emprego de ferramentas BIM na verificação e demonstração de atendimento dos créditos para certificação LEED®, aqui restrita à etapa de projeto, foi realizada em três passos:

- Modelagem do processo de certificação LEED NC® e comparação entre os processos de aquisição de informações convencionais e alternativas apoiadas por tecnologia BIM
- Mapeamento das ferramentas com potencial de subsídio ao cálculo dos créditos identificados por Azhar et al. (2011) como potencialmente facilitados pelo emprego da tecnologia BIM, e subsequente classificação entre aquelas de modelagem paramétrica (FM) e as de análise e simulação (FA)
- Desenvolvimento e aplicação de uma escala para estimativa do nível de esforço associado de emprego da tecnologia BIM

A modelagem do processo de certificação LEED® foi realizada na anotação de *Business Process Modeling Notation* (BPMN). O ferramental BIM foi identificado em termos de recursos associados às ferramentas de modelagem paramétrica (FM) e ferramentas de análise e simulação (FA). A Figura 1 apresenta o esquema geral do estudo.

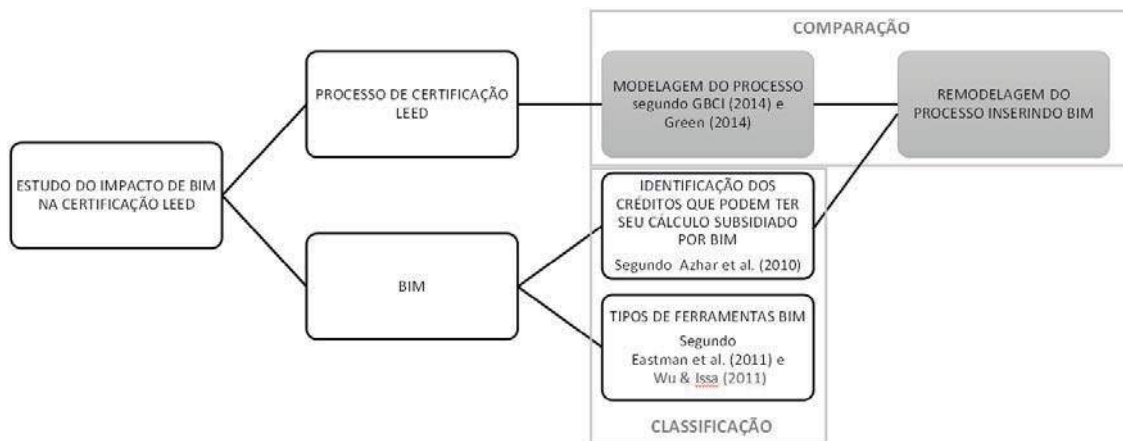


Figura 1. Delineamento do estudo.

A primeira parte da avaliação consiste na comparação do mapa de processo de certificação LEED convencional, com a versão remodelada para identificar quais atividades podem ser mediadas por tecnologia BIM e em que momento do processo ela pode ser incorporada. A classificação do ferramental para suporte a obtenção dos créditos em termos de nível de esforço para uso do BIM aponta a complexidade envolvida no processo.

Finalmente, adota-se uma ponderação de nível esforço (NE) para obtenção do crédito mediado por BIM, variando de: NE =1 (um) corresponde ao nível de esforço mínimo, ao se considerar que a mediação se dá a partir apenas de ferramentas de modelagem paramétrica orientada a objetos e NE=2 (dois) corresponde ao nível de esforço máximo, ao se considerar que a mediação é feita conjuntamente entre ferramentas de modelagem e de análise e simulação. Neste último, considera-se o nível de esforço maior, pois abrange questões de interoperabilidade e as avaliações de desempenho podem demandar especialistas associados a equipes de projeto. Os créditos em que BIM foi considerado não aplicável por Azhar et al. (2011) foram filtrados e excluídos da Tabela 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 traz o processo oficial de Certificação LEED NC[®], como descrito por do GBCI (2014) e GBCB (2014), modelado na notação BPMN. Nele estão representadas as atividades a serem executadas para o desenvolvimento do processo, bem como os agentes responsáveis por elas e seus respectivos produtos.

Para a equipe de projeto, além do desenvolvimento do projeto em si, as atividades incluem fundamentalmente a análise do projeto da edificação (arquitetura, construção e fabricação), preenchimento de formulários e planilhas do plano de certificação com os dados do empreendimento. A troca das planilhas e formulários é feita on-line, através do site oficial do *Green Building Certification Institute* (GBCI). O GBCI disponibiliza para *download* os formulários e planilhas a serem preenchidos e, posteriormente ao trabalho da equipe de projeto com a consultoria opcional de empresas especializadas através do *LEED Accredited Professionals* (LEED APs), são feitos *upload* do material preenchido para análise.

A análise comparativa entre os processos de aquisição de informações convencional e com o emprego de tecnologias BIM, deixa claro que a estrutura geral do processo se mantém, e as alterações ocorrem no detalhamento das atividades. A síntese apresentada na Figura 2 destaca, dentro da linha tracejada, as atividades relacionadas a certificação que mais podem ser facilitadas pelo emprego de BIM: Desenvolver Projeto; Analisar e Calcular; e Preparar documentos

A Tabela 4 apresenta a classificação dos tipos de ferramentas BIM utilizadas no suporte ao cálculo dos créditos, conforme Azhar et al. (2011), que apontaram o ferramental associado como AutoDesk REVIT ou IES Virtual Environment (<http://www.iesve.com/about>) para cada crédito mediado por BIM. No presente artigo, caracterizou-se REVIT como uma ferramenta de modelagem (FM) e IES Virtual Environment como uma ferramenta de análise (FA).

A Tabela 4 apresenta, ainda, a pontuação relativa ao crédito e acrescenta uma ponderação sobre níveis de esforço de incorporação de BIM para a sua obtenção (pontuação máxima multiplicada pelo nível de esforço). Para cada crédito, classificou-se o tipo de mediação BIM em: ferramenta de modelagem (FM) ou ferramenta de análise (FA). Finalmente, das situações em que há ferramentas BIM aplicáveis, atribuiu-se a ponderação de nível de esforço (NE), como NE=1, se a ferramenta BIM aplicável é de modelagem paramétrica; ou NE=2, se a ferramenta BIM aplicável é de análise de desempenho. Com esse critério de ponderação, foram estimados os níveis de esforços para incorporação de BIM no cálculo de créditos para a Certificação LEED NC para a etapa de projeto resultantes de (1) filtro aplicado por Azhar et al. (2011); (2) o NE mínimo (considerando sempre o emprego de ferramentas BIM de modelagem paramétrica) e (3) o NE máximo (considerando sempre o emprego de ferramentas BIM de análise e simulação).

A Figura 3a representa graficamente o resultado da Tabela 4, e aponta que cerca de dois terços dos itens de créditos podem ser obtidos a um NE=1, enquanto os itens restantes requerem esforço maior (NE=2). A Figura 4 complementa a análise, mostrando que, apesar de itens de crédito que usam ferramental de análise de desempenho aparecerem em menor quantidade, justamente dois deles pontuam de forma significativa: otimização da performance energética e inovação no projeto, intensificando a influência dos itens de NE=2 para o resultado final. Por essa razão, o Nível de Esforço geral de incorporação de BIM na Certificação LEED NC da etapa de projeto, segundo os itens considerados por Azhar et al (2011), caracteriza-se como médio para alto, i.e. NE=1,6 (Fig. 3b).

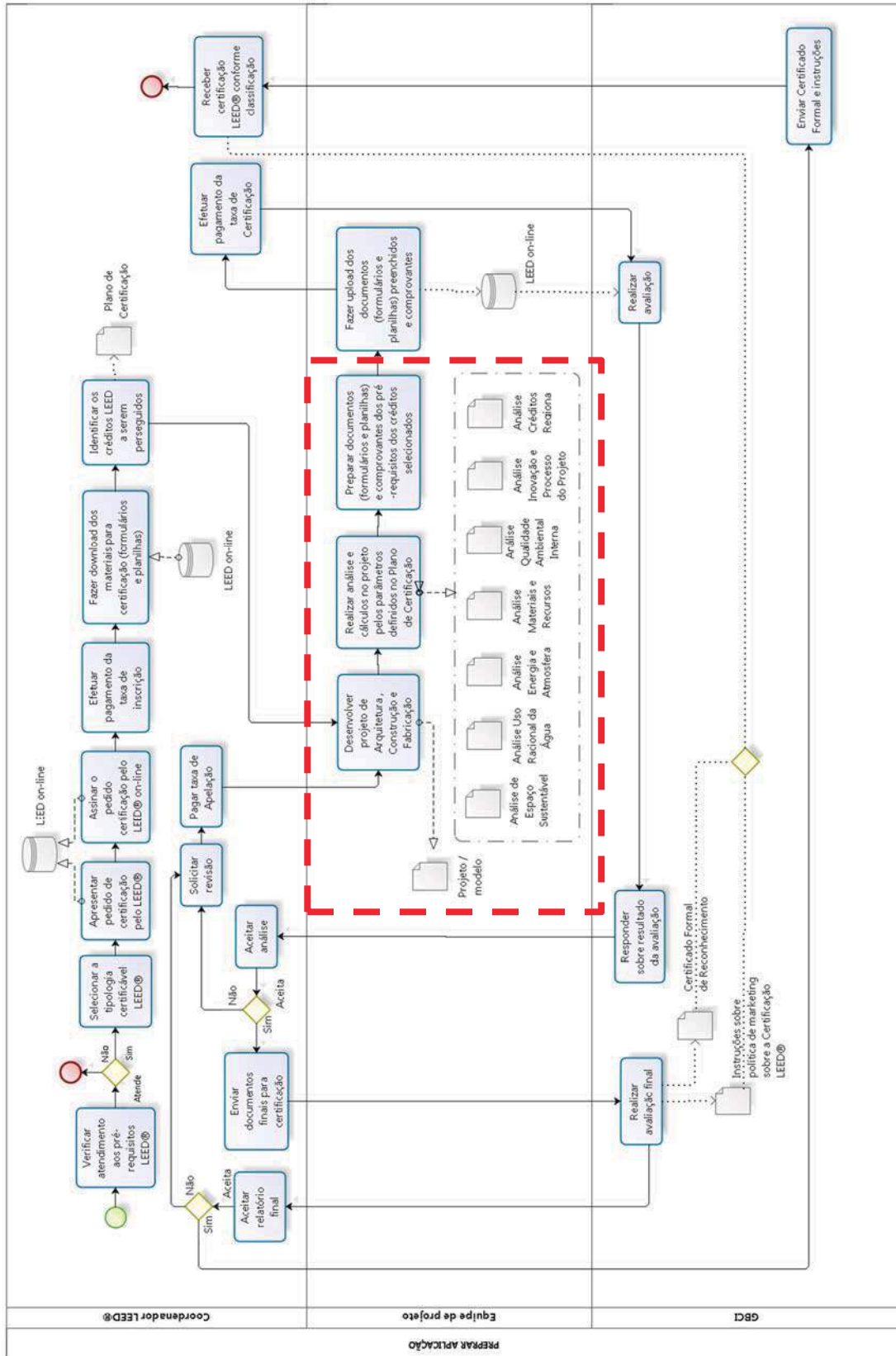


Figura 2. Processo de Certificação LEED NC®, etapa de projeto, na notação BPMN

Tabela 4. Complexidade de incorporar BIM no cálculo dos créditos para certificação LEED® NC, etapa de projeto

Dim	Créditos	Pontuação	Bim	NE	NE ponderado		
					NE AZHAR	NE MIN	NE MAX
ES	Seleção do terreno	1	FM	1	1	1	2
ES	Projeto para águas Pluviais - controle da quantidade	1	FM	1	1	1	2
ES	Redução da ilha de calor - áreas descobertas	1	FM	1	1	1	2
ES	Redução da ilha de calor - áreas cobertas	1	FM	1	1	1	2
URA	Uso eficiente de água no paisagismo	4	FM	1	4	4	8
URA	Tecnologias Inovadoras para águas servidas	2	FA	2	4	2	4
URA	Redução do consumo de água	4	FA	2	8	4	8
EA	Otimização da performance energética	19	FA	2	38	19	38
MR	Reuso do edifício - manter paredes, pisos e coberturas existentes.	3	FM	1	3	3	6
MR	Reuso do Edifício - manter elementos interiores não estruturais	1	FM	1	1	1	2
MR	Conteúdo Reciclado	2	FM	1	2	2	4
MR	Materiais Regionais	2	FM	1	2	2	4
MR	Madeira Certificada	1	FM	1	1	1	2
QAI	Plano de Gestão de Qualidade do Ar - durante a construção	1	FM	1	1	1	2
QAI	Plano de Gestão de Qualidade do Ar - antes da ocupação	1	FM	1	1	1	2
QAI	Conforto Térmico – projeto	1	FA	2	2	1	2
QAI	Iluminação Natural e Paisagem - luz do dia	1	FA	2	2	1	2
QAI	Iluminação Natural e Paisagem - vistas	1	FA	2	2	1	2
IPP	Inovação no Projeto	5	FA	2	10	5	10
TOTALS		52		26	85	52	104
TOTALS PONDERADOS					1,6	1,0	2,0

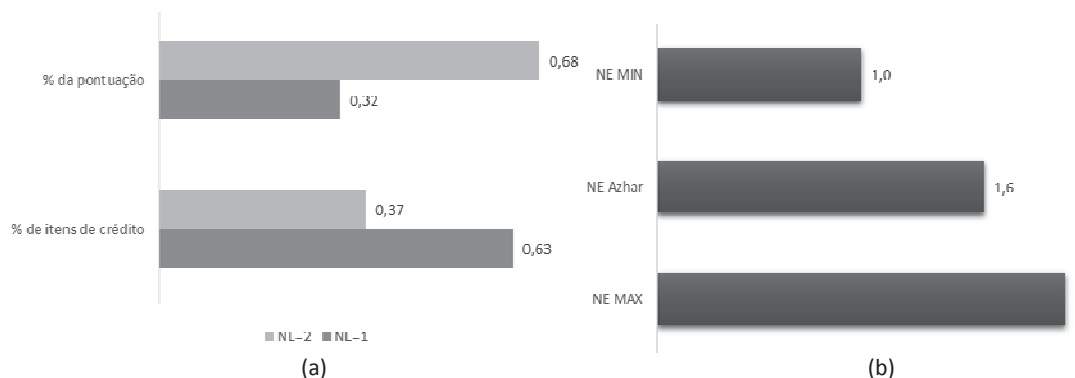


Figura 3. (a) Distribuição do nível de esforço no cálculo dos créditos; (b) Nível de esforço ponderado.



5 CONCLUSÃO

Ainda há um grande potencial de ampliação da utilização de BIM para a obtenção das informações necessárias para a contagem dos créditos desejados para a Certificação LEED na etapa de projeto. Os resultados obtidos a partir desse estudo são instrumentais para orientar a definição de objetivos da certificação, conforme definição estratégica, ao alinhar o nível de certificado desejado ao esforço despendido para atingi-lo.

Este estudo apontou que, no processo de incorporação de BIM, não é indicado seguir o caminho mais fácil e adotar ferramentas de menor esforço. O foco em créditos passíveis de atingimento com NE=1 (19 créditos) não alcança a pontuação mínima exigida para a certificação LEED® (40 pontos). Necessariamente, um número significativo de créditos deverá ser buscado dentre aqueles que demandam maior esforço e/ou investimento.

Em particular, os créditos relacionados à otimização de desempenho energético aliam nível de esforço mais alto a um número de créditos potenciais muito superior a qualquer outra categoria. As demais dimensões potencialmente beneficiadas são: inovação em projeto, materiais regionais e uso eficiente de água. Apesar de oferecerem menos créditos, para estas categorias o nível de esforço para obtenção de créditos é menor que para otimização de desempenho energético, em que a elevação da meta de desempenho está frequentemente associada a custos importantes.

A estratégia de implementação do BIM no processo deve considerar a eficiência do ferramental, mesmo demandando maior esforço, pelo seu potencial de agregar valor no cômputo das pontuações mais relevantes. O desenvolvimento de um modelo completo e paramétrico se mostra essencial para o sucesso da obtenção de todas as informações necessárias. Especialmente para os itens ora excluídos da análise por não terem sido abordados no estudo de referência (Azhar et al., 2011), verifica-se a necessidade de um modelo com alto detalhamento, não apenas da edificação, mas em alguns casos de seu entorno próximo, para viabilizar tal procedimento a partir de ferramental BIM já disponível no mercado. Dessa forma, destaca-se a possibilidade de ampliar a discussão sobre a tabela no que diz respeito aos créditos ainda não considerados para uso de BIM e, também, aprimorar os demais.

Para que as ferramentas BIM sejam especificadas, faz-se necessário um estudo mais aprofundado sobre cada software e suas peculiaridades, de modo a definir, para cada crédito a ser conquistado, o melhor ferramental, tanto com relação ao próprio software quanto sua interoperabilidade. Contudo, o potencial de extrair e computar informações automaticamente dos projetos para certificação LEED®, apresenta-se como vantagem para superar os desafios impostos por esse processo. Através de ferramentas apropriadas e profissionais qualificados, a incorporação de BIM demanda esforço, porém com grande valia para otimizar o desempenho do projeto, auxiliar na verificação de atendimento de créditos e na geração da documentação exigida na avaliação e certificação LEED® NC, etapa de projeto.

REFERÊNCIAS

Azhar, S. & Carlton, W.A. & Olsen, D. & Ahmad, I. 2011. Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. In *Automation in Construction*. 20(2): 217-224. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.019>

Becerik-Gerber, B. & Kensek, K. 2010. Building Information Modeling in Architecture, Engineering, and Construction: Emerging Research Directions and Trends. In *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* 136(3): 139–147. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000023](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000023)

Bueno, C. 2010. Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos:Universidade de São Paulo <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05012011-100311/>

Computer Integrated Construction Research Program. 2010. BIM Project Execution Planning Guide. V2.1. Pensilvânia:Universidade da Pensilvânia.

Eastman, C. & Teicholz, P. & Sacks, R. & Liston, K. 2011. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. New York :John Wiley and Sons.

GBCB. 2014. Green Building Council Brasil. Certificação LEED. <http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php>

GBCI. 2014. Green Building Certification Institute. Certification. <http://www.usgbc.org/leed/certification>

Ruschel, R.C. & Valente, C.A. & Cacere, E. & Queiroz, S.R.S.L. de. 2013. O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil. In *REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil* 7(3):36-54. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v7i3.27487>

Tobin, J. 2008. Splitting Data to Unleash BIM's Power. In *AEC Bytes. Building the Future* <http://www.aec-bytes.com/buildingthefuture/2008/atomicBIM.html>

Wu, W. & Issa, R. 2011. BIM Facilitated Web Service for LEED Automation. In *ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering Miami, June 2011 Proceedings, 19-22: 673-681.* [http://dx.doi.org/10.1061/41182\(416\)83](http://dx.doi.org/10.1061/41182(416)83)

Wu, W. & Issa, R. 2015. BIM Execution Planning in Green Building Projects: LEED as a Use Case. In *Journal of Management in Engineering* 31 *SPECIAL ISSUE: Information and Communication Technology (ICT) in AEC Organizations: Assessment of Impact on Work Practices, Project Delivery, and Organizational Behavior: A4014007.* [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000314](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000314)

Building Information Modelling [BIM] for energy efficiency in housing refurbishments

Julie Comlay

Department of Architecture and 3D Design, School of Art, Design and Architecture, University of Huddersfield, Huddersfield, UK.

J.Comlay@hud.ac.uk

Patricia Tzortzopoulos

Department of Architecture and 3D Design, University of Huddersfield, Huddersfield, UK.

P.Tzortzopoulos@hud.ac.uk

ABSTRACT: Building Information modelling offers potential process and delivery improvements throughout the lifecycle of built assets. However, there is limited research in the use of BIM for energy efficiency in housing refurbishments. The UK has over 300,000 solid wall homes with very poor energy efficiency. A BIM based solution for the retrofit of solid wall housing using lean and collaborative improvement techniques will offer a cost effective, comprehensive solution that is less disruptive, reduces waste and increases accuracy, leading to high quality outcomes. The aim of this research is to develop a BIM based protocol supporting development of 'what if' scenarios in housing retrofits for high efficiency thermal improvements, aiming to reduce costs and disruption for users. The paper presents a literature review on the topic and discusses the research method for the research project (S-IMPLER).

Keywords: Building Information Modelling; low-income housing; retrofit; collaborative working.

1 INTRODUCTION

In 2010, the UK government made a significant commitment to upgrade the energy efficiency of 7.0 million British homes by 2020 aimed at reducing carbon emissions by 29% to address fuel poverty (DECC, 2012). Statistics suggest that the number of households faced with fuel poverty in 2009 reached 2.7 million (Hills, 2012). The NIHCS survey, 2009, indicates that over 25% of household income is expended on heating and lighting, in above 33,000 households in Northern Ireland. The targets are becoming increasingly challenging, at a national level, for reducing fuel poverty and the national carbon footprint. The carbon reduction target for the UK nationally is 80% by 2050, the UK Government has committed to support insulation for up to 1.5 million solid wall homes (DECC, 2011).

BIM has been described as a means to support energy efficiency of both new and existing buildings. BIM implementation in the UK construction industry is reaching improved adoption levels for construction of new projects; however, research and delivery of BIM in retrofit for housing is minimal. BIM offers the potential and opportunity to improve the retrofit process and deliver enhanced benefits and improved decision-making (Becerik-Gerber et al., 2012). BIM for Retrofit has the potential to offer reductions in time and costs based on the virtual design that occurs before construction; clash detection reducing redesign and time on site due to reduced errors and improved scheduling (Hajian & Becerik-Gerber, 2009). Workflows are improved through collaboration and the reuse and interoperability of information.

This paper describes the Solid Wall Innovative Insulation and Monitoring Processes using Lean Energy Efficient Retrofit [S-IMPLER] (<http://www.s-impler.com>) research project, with a focus on the BIM implementation for retrofit of No Fines Concrete [NFC] solid wall housing. S-IMPLER, in receipt of funding from Innovate UK [previously TSB], aims to investigate the retrofit of solid wall housing, to achieve a 60% reduction in monitored energy costs, with less

disruption, at least 10% faster, without reductions in quality & safety. The research is a joint activity working with a housing association, two SME's, a contractor, academic institutions, a lean consultant and a construction research organisation. Several innovations from the research will be combined into a single attractive commercial proposition:

- an innovative surveying tool;
- a Building Information Modelling tool to allow client modelling of different options with costs and benefits;
- a whole house monitoring system to assess real energy performance;
- a new solid wall retrofit Certification scheme to transfer knowledge and assure quality.

BIM is one element of this collaborative research project, and the University of Huddersfield leads its development, in which both authors of this paper are involved. The BIM work package aims to devise a BIM Retrofit Protocol, which incorporates the use of 'what if' scenario testing for retrofit solutions, addressing the complexity of NFC solid wall housing. BIM is therefore utilised for predictive and evaluative energy analysis, 3D modelling, 4D BIM scheduling, 5D BIM cost analysis. The what-if retrofit scenarios will deliver an integrated solution that deals with the issues of high energy consumption due to poor thermal performance; reductions in the carbon footprint; internal mould and condensation issues, using constructive solutions that offer reduced disruption to the housing occupier.

The research approach selected is Design Science, which is aimed at solving real world problems through designing and testing innovative solutions (artefacts), and to inform theoretical knowledge (Holmström *et al.*, 2009). Understanding how people acquire and create knowledge and the exchange mechanisms available to develop innovative solutions to real world problems requires a rich interaction between an extensive range of capabilities and expertise to deliver results (Dawson, 2005). The collaborative S-IMPLER research team, provide such range of capabilities. BIM is able to deal with the levels of complexity for retrofit in terms of the intricacy of numerous interactions and relationships between people, processes, management of information and technology.

The paper is organised as follows: Section 2 contextualises the research within current literature. Design Science Research as the selected research approach is detailed in Section 3. Section 4 discusses the research and section 5 details the conclusions from this initial research stage.

2 LITERATURE REVIEW

2.1 BIM

BIM can reduce inefficiencies present in the traditional management of project information, improve collaboration and offer the potential for efficient use of resources, reductions in costs and time. The technology for BIM and consequential improvements to work practices means that virtual prototyping is affordable, delivers financial savings and reduces construction time (Kiviniemi, 2011). BIM delivers efficiencies through data models with increasing levels of detail in the data as the project progresses. This leads to informed decision making, based on virtual prototypes, earlier in the design cycle, with potential for a reduction in costs and time on site for construction compared to traditional projects.

A 3D BIM model is the baseline required for BIM energy analysis, cost projections and scheduling, essential elements to deliver an effective BIM for retrofit solution that evaluates 'what if' scenarios. The value of BIM implementation is the enhanced capabilities and informed and improved decision making based on project aims (Eastman *et al.*, 2011; Hajian & Becerik-Gerber, 2009). BIM, in this research, is considered as a socio-technical system which is the interaction between process, information and people facilitated by technology, in this case BIM. The definition by Eastman *et al.* (2011) is comprehensive "BIM as a modelling technology and

associated set of processes to produce, communicate and analyse building models. ...BIM is a fundamentally different way of creating, using, and sharing building lifecycle data.”

The UK construction industry is experiencing rapid change due to national and global policies in terms of carbon emissions, energy consumption and whole life cycle issues. The UK Government now requires Level 2 BIM adoption by 2016, on all projects funded by central government departments and their agencies (Cabinet Office, 2011). The implementation of BIM to generate design solutions has significant potential benefits which include carbon reduction, cost reduction, improved efficiency and lifecycle (BIMFM, 2012). The increasing pressure for the flexibility and longevity of buildings are achievable through BIM Implementation for retrofit. However, BIM implementation requires a common understanding, of the range of interactions between people, process, information and technology to develop its full potential (Baden-Fuller & Haefliger, 2013).

The digital representation of geometry with physical and functional characteristics of a built form, which include spatial relationships and geographical information is a 3D BIM model which aids communication with clients and user groups as the 3D model can interactively demonstrate the building. The data within the 3D BIM model changes in complexity as the project progresses through the delivery model and new dimensions are added such as time - 4D BIM, cost - 5D BIM and 6D BIM - operations and maintenance, increasing in content, interactions and level of detail throughout the whole life cycle.

4D BIM includes the added dimension of time. The use of 4D BIM software can offer improved site coordination, clash detection including time based clashes in schedules, materials planning and management. The use of clash detection software improves sequencing and work flows offering less disruption and allows for the scheduling of works. Control of the construction programme can be achieved through information data capture and flow in 'real time'. Adjustments to mitigate the effects of changes and to focus on achieving project deliverables with increased flexibility to respond to change are easily achieved through the use of 4D BIM. Overall, 4D BIM enhances communication and planning with a range of users and as a consequence can improve site safety and reduce project risk (Eastman et al., 2011).

To address BIM for retrofit, the issues of design, construction and maintenance require a multidisciplinary team working in collaboration, and implementation of changed workflows (Hajian & Becerik-Gerber, 2009). The challenge for S-IMPLER is to make informed decisions that identify the most cost-effective retrofit solutions in an optimal combination, to achieve requirements, delivered as suited to the individual homes by an integrated team. This is the basis for successful retrofit models and processes (Ma *et al.*, 2012).

2.2 No-Fines concrete housing and fuel poverty

No-Fines Concrete is a housing system designed mid-1940's to cope with skilled labour and material shortages, reducing the construction time required and to meet increased demand for housing. Over 300,000 homes were built using NFC in the UK (Liddell *et al.*, 2011; Reeves & Martin, 1989). The issues for occupants of NFC housing include high energy costs where the variability of the quality of the NFC construction is a significant factor, health issues as a result of condensation and mould growth, a high cost heating fuel type i.e. oil in the current energy market and the aged heating appliances, limits on the type of energy tariff available to the occupant and the lighting solution i.e. bulb type and the ventilation and window type i.e. single glazing.

The S-IMPLER research has undertaken significant investigation of the NFC properties for the research to ascertain the construction details that may be contributing to the issue, i.e. concrete slab floors which are constructed in such a way that the element creates a significant thermal bridge (Craig *et al.*, 2013). NFC homes external walls have a u -value range of 1.9 W/m²K to 2.0

W/m^2K ; current u -value regulations require $0.3W/m^2K$ for housing (Sommerville *et al.*, 2011). This factor in combination with the average age of this type of housing and the heterogeneous construction and detailing are indicative of the technical challenges for the S-IMPLER research.

Occupant use of energy controls are a significant factor for energy use; other contributing factors are the duration of occupancy of the home during a 24hr period, work patterns, health status, hobbies, drying washing internally, occupant ventilation of the home, age of the occupant i.e. elderly, infant. The differing definitions of fuel poverty have wide ranging effects on inclusion or exclusion as a household experiencing fuel poverty. The anomalies in the definitions as applied make the effects on households with high levels of energy use, significant and potentially limiting in accessing assistance. Statistically there is substantial and increasing divergence in households' ability to fund their energy needs. Hills (2012) identifies energy rating of dwellings ranging between E to G (NFC approximate rating) accounts for 90% of household experiencing the fuel poverty gap; 62% of this 90% are further affected by no access to gas and have properties that are classed as solid wall.

The UK government targets for uplifting households experiencing fuel poverty for 2010 have not been achieved and the 2016 target to eradicate fuel poverty entirely are trending the same way (Carbonbrief, 2013; Hills, 2012). Hills (2012) declares an expectation of a 10% reduction in fuel poverty based on 2009 levels, but the number of household expected to be in fuel poverty in 2016 ranges from 2.7 million to 3.0 million affecting 7.8-8.9 million individuals. The prevalence of refurbishment and retrofit solutions for existing housing, rather than new build, will increase due to the rising importance of national and global sustainable and environmental agendas combined with difficulties in delivery of new homes in sufficient quantities to meet demand. .

3 RESEARCH METHOD

Design Science Research [DSR] has originally been applied to research in organisational Information Systems. DSR is a research approach which seeks to resolve real-world issues, in a research context, through the development of an artefact aimed to solve an identified problem. Artefacts may contain constructs, models, methods and instantiations. DSR uses evaluation and iteration to deliver outcomes that make a novel contribution, solve a problem or deliver a more effective solution to the problem (March & Smith, 1995; Hevner *et al.*, 2004). Most socio-technical systems can be functionally improved, as Boland *et al.*, (2008) suggests to "transform existing situations into more effective ones..." (p.12); the consequential organisational improvement may be on the basis of innovation where the concern has been with '... not how things are, but how they might be " (Simon, 1996). Boland *et al.*(2004) describes the use of DSR in organisations, policies and work practices as designed artefacts extends the research areas that utilise this research method.

The S-IMPLER research is designed with a creative problem solving approach, in the real world, developing solutions through discovery (Hevner *et al.*, 2004). Van Aken (2004) explains that 'design sciences' as a research approach used to develop valid and reliable research that creatively solves a construction problem to improve construction issues. The nature of the artefact in this research is the use of BIM for retrofit, which when developed using DSR delivers, as an output, a BIM Process for Retrofit for NFC solid wall housing. An extended research outcome is abstraction of the BIM for Retrofit protocol to a more generalised protocol as BIM for Retrofit in solid wall housing, which presents a solution for different contexts, which is work under development by the researchers, authors of this paper, in collaboration with others.

The Gregor & Hevner (2013) framework describes DSR as a "new solution for a known problem"; BIM for Retrofit is a new solution artefact that offers an innovative solution for retrofit in housing. BIM facilitates the analysis of solutions against target criteria, construction sequencing - 4D BIM, clash detection, cost analysis - 5D BIM in a virtual context. The S-Impler research BIM output is a representative process which is systematic in approach and based in practice, for the

retrofit of NFC solid wall housing. BIM energy simulation, 4D and 5D is used for analysis and evaluation of 'what-if' scenarios, ultimately offering an improved solution (Holström et al., 2009). The iterative cycles of the research design which are addressing the problem statement are sequential refinement cycles of the artefact and deliver significant improvement in a real world context. The narrowing between the current state and the goal state are an example of Means-Ends Analysis, the “engine of design science” (Holström, 2009) this adds value to the constructs from the research.

Design Science research does not sit consistently within a single area of research perspectives as it is being undertaken. As Vaishnavi *et al.* (2007) propose design science research cycles through ontology, epistemology, methodology and axiology as the research progresses through the iterative refinement cycles, similar to hermeneutic processes in interpretive research. A consistent view of design science researchers is the belief in one stable physical reality as a constraint to a multiple world view, differentiating it from interpretive research. On this basis, design science researchers' work with multiple alternate world states, to evolve the design process and artefact as the research progresses, controlling and manipulating the research environment (Vaishnavi *et al.*, 2007). The outputs of design science research are regarded as sufficient if there is a functional contribution to the issue and it works, Boland (2004) defines functionality as “the betterment of the human condition”.

DSR is based on the synthesis and symbolism of an artefact. Synthesis as the act of making when considered in construction and using design science research, creates specific understanding that is unique to the problem statement. The cycles of iteration to refine solutions also delivers understanding and knowledge regarding the constraints that affect the problem statement. Simon (1996) identifies the constraints of an artefact as the outer environment which are the external factors of influence and an internal environment which is the organisation of the artefact with interdependencies and relationships between its components. The design activity is the development of an interface between a set of functional requirements and an implementation solution, which delivers an artefact. The research output may be considered as 'invention' where the complex issues for retrofit are known but the process to realise a solution to BIM for Retrofit is unknown (McKenney & Keen, 1974).

3.1 Research Design

The S-IMPLER research aims to improve U-values, maximise heat retention, reduce heat loss, improve air tightness, deliver a ventilation strategy and assist householders with their energy consumption through increased awareness of controls and the interactions between use and energy demand. The programme will be delivered using BIM, lean and collaborative work flows and explore innovative technological solutions and supply mechanisms, establishing experience and expertise within the construction delivery team. Figure 1. details the activities, the influential external factors and the S-IMPLER BIM outcomes, demonstrating the interactive nature of the project aims, the range of activities to deliver the specific project outcomes and the overall complexity.

As described, this research is tested in the field and the resulting BIM protocol and S-IMPLER process looks to employ solutions derived from abstract knowledge, which have then been tested in a real-world environment and developed to be applicable as useful tools for construction professionals for retrofit of NFC solid wall housing (Vaishnavi *et al.*, 2007). This prescription driven design science research delivers innovative and creative problem resolution using BIM for retrofit of solid wall houses (Schön, 1983). At this initial stage of the research the activities are described in Figure 1.

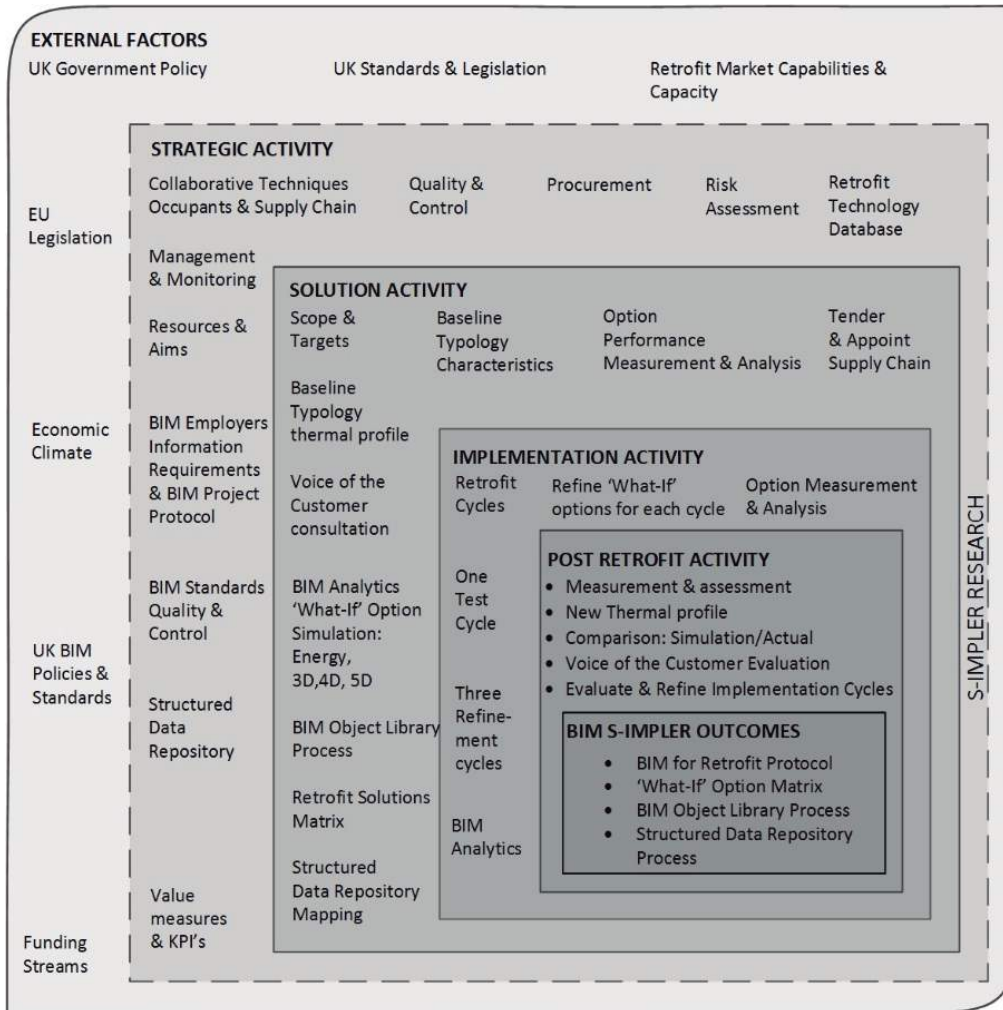


Figure.1 Activity Map for S-IMPLER Research – BIM element, developed by the authors

In order to assess the impact of BIM in the retrofit of NFC solid wall housing, the research design comprises a sample population drawn from the Northern Ireland Housing Executive [NIHE] tenant population. Six housing units, one void as a baseline unit, a second void test unit together with four households contained within a terraced block are selected for retrofit in this research. One test cycle is planned, followed by three retrofit cycles.

The test cycle will allow the research team and the supply chain to implement the initial proposed solution, the delivery strategy of the construction team, client and S-IMPLER partners and a trial of the flow of information and the implementation of BIM. This test cycle will be evaluated, revised and adjusted to incorporate evaluation findings. The subsequent cycles focusing on the BIM elements will be evaluated in terms of refining the BIM analytics of energy analysis, 4D BIM and 5D BIM together with process and protocol development and developed improvements to workflows.

The use of 4D BIM in S-IMPLER research has significant potential for improved communication with occupants, the construction team, the site team together with planning and scheduling construction activities achieving improved site safety and reducing disruption to the occupants and members of the community. The addition of cost is known as 5D BIM, which achieves reductions in the time required for the production of detailed, accurate cost information and allows for scenario testing of the design, material and the impact on budget and programme, which improves decision making. As a consequence, the increased accuracy, reliability and speed of supply of cost estimates means that budgets and contingency can improve cost certainty (Eastman *et al.*, 2011).

The structured data repository process details the user interface to the wide range of different types of data, the relationship between the data and mapping of the different data types, together with validation and verification of the different data elements in the research. The process will incorporate a range of different types of data in the research, collected as a baseline dataset prior to commencement of the research and post retrofit:

- data gathered regarding occupant use and energy consumption;
- data captured during the forensic examination of the housing, which includes technical and graphical information types;
- Digital survey data captured using a digital design survey tool;
- BIM modelling including 3D - geometry, 4D - scheduling, 5D – cost, energy analytics.

Figure 2 details the BIM element of the S-IMPLER research and details the implementation cycles, as an iterative process. The technical solutions will be refined, contracting teams will improve with experience and the collaborative environment. The comparison of BIM analytic outputs baseline to actual, will inform decision making, this cyclical, iterative development and refinement will increase understanding of accuracy and tolerances when using simulation, establishing reliability.

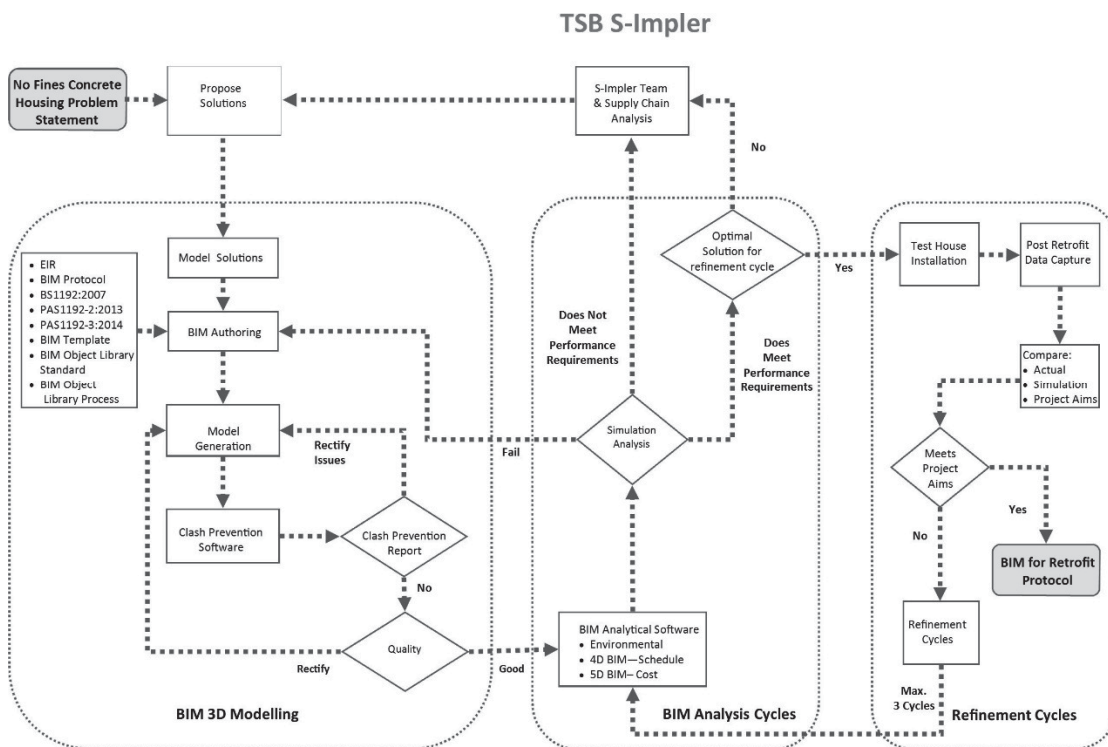


Figure 2. BIM Processes within the S-IMPLER Project, developed by the authors.

The expected BIM outputs for the S-IMPLER research are improved multidisciplinary work flows and communication, reduced coordination issues, improved productivity, creative solutions, cost reductions to meet the S-IMPLER research aims. The BIM development for the project is supported through the selection of BIM authoring software, a BIM Object library concept and the development of BIM process and protocols. Energy modelling based on a 3D BIM model will inform design and specification decisions through the iterative refinement cycles. The predictive performance modelling to calculate the buildings expected energy demand and the projected running costs and CO2 emissions will be evaluated and compared against actual performance measurements derived from whole house monitoring.

The refinement cycles, in combination with the BIM analytics in the research, facilitate the development of the BIM protocol for retrofit that focuses on the identification of solutions based

on design variables to meet the retrofit targets identified; which, in this research include reductions in energy consumption, increased thermal efficiency and reduced CO₂ emissions, solutions that meet some of the challenges for sustainable housing (Kapsalaki *et al.*, 2012).

An additional research output is a BIM Object Library concept to access 2D and 3D representations of specified products, which includes product meta-data, properties and manufacturer details. Current standards are to be met to ensure quality, usability and consistency across all stages of a built assets lifecycle. The BIM Object library concept for S-IMPLER is software neutral to increase interoperability, accuracy and reliability of the contained information. Issues for consideration within the process are the maintenance of the library, accessibility by users and access controls. Verification and validation of BIM library objects are to be included and include a process for the creation of bespoke library objects.

In the context of the S-IMPLER research NFC retrofit is undertaken as a holistic approach due to the interactions of the constituent construction elements, the respective thermal properties, the construction details, usage patterns of occupants, heating fuel type and energy tariffs, the budget available for retrofits and funding streams together with a capable experienced research team and supply chain. As Rekola *et al* (2010) suggest, “understanding the processes holistically play an important role in implementing BIM supported new integrated processes”. The interactions of these factors will affect the energy and thermal performance of the NFC housing and the effectiveness of the retrofit (Craig *et al*, 2013).

4 DISCUSSION

Housing retrofit brings renewal and meets the real world needs of building owners and occupants. The S-IMPLER research brings together a network of expertise to shape and deliver an ambitious solution for improved building performance. The research interventions are to improve the thermal characteristics for the management of the carbon profile, reduce CO₂ emissions, and improve the efficiency of energy use and user satisfaction. BIM implementation for retrofit has the potential to help create and maintain buildings that are more efficient, have lower carbon emissions, cost less to run and are more effective and safer places to live and work, extending their functionality and use (BIFM, 2012). *Organisational challenges to successful retrofit programmes are local, national and global policy changes, the economic climate and funding streams as identified in Figure 1. At local and national level, year on year changes to budgets and programmes will affect the range of solution choices and outcomes achievable within acceptable parameters for return on investment (Craig et al., 2013).*

5 CONCLUSIONS

This paper has outlined the principles for the BIM element of S-IMPLER research. The development of a BIM for Retrofit Protocol supporting 'what if' scenarios in housing retrofits for high efficiency thermal improvements, aiming to reduce energy costs by 60% and disruption to householders together with delivery of local, national and global targets on carbon emissions. The complexity of retrofit programmes for existing housing are addressed through a holistic and collaborative approach to resolving issues and interactions between a BIM for Retrofit Protocol, BIM analytics, construction teams, occupants and client which have been established for the S-IMPLER research. The work presented in this paper outlines the initial stages of comprehensive research in an area that has not been previously addressed in detail. Subsequent papers will present further developments and outputs of the project.

REFERENCES

Baden-Fuller, C., Haefliger, S. 2013. Business Models and Technological Innovation. In *Long Range Planning*, (6), : 419-426.

- Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N. & Calis, G. 2012. Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management, In *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 138, no. 3: 431-442.
- BIFM, 2012. BIM and FM: Bridging the gap for success. British Institute of Facilities Management, UK.
- Boland, R.J., Collopy, F., Lyytinen, K. & Yoo, Y. 2008. Managing as Designing: Lessons for Organization Leaders from the Design Practice of Frank O. Gehry, In *Design Issues*, vol. 24, no. 1: 10-25.
- Cabinet Office, 2011, Industrial Strategy: Government and Industry in Partnership, London: Building Information Modelling, Stationary Office,.
- Carbonbrief 2013. <http://www.carbonbrief.org/blog/2013/08/how-a-definition-change-lifts-two-million-households-out-of-fuel-poverty/>
- Craig, N., Sommerville, J., & Charles, A. 2013. O-fines concrete homes: atypical thermal performances. In *Structural Survey* 31(1):42-55.
- Dawson, R. 2005. Developing knowledge-based client relationships: Leadership in professional services (2nd ed.). Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Department for Energy and Climate Change –DECC 2011. The Carbon Plan: Delivering our low carbon Future. London: Stationary Office.
- Department of Energy and Climate Change -DECC 2012. Warmer homes, greener homes: a strategy for household energy management. London: Stationary Office.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K., 2011. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New York :John Wiley & Sons Inc.
- Gordon 2011 Defining Fuel Poverty in Northern Ireland: A preliminary review. 164 pp Dublin: DSDNI.
- Gregor, S. & Hevner, A.R. 2013 Positioning and presenting design science research for maximum impact, n *Management information systems* vol. 37, no. 2: 337-355.
- Hajian, H., & Bercerik-Gerber, B. 2009. A research Outlook for Real-Time Project Information Management by Integrating Advanced Field Data Acquisition Systems and Building Information Modeling. In *Computing in Civil Engineering* 83-94. American Society of Civil Engineers
- Hevner, A.R., March, S.T., Park, J. & Ram, S. 2004. Design Science in Information Systems Research, *MIS Quarterly*, vol. 28, no. 1 :75-105.
- Hills, J., 2012. Getting the measure of fuel poverty In *Final Report of the Fuel Poverty Review: Summary and Recommendations, CASE report 72*, London: Department of Energy and Climate Change.
- Holmström, J., Ketokivi, M., & Hameri, A.P. 2009. Bridging Practice and Theory: A Design Science Approach. *Decision Sciences*, 40(1), 65-87. Doi: 10.1111/j.1540-5915.2008.00221.x
- Kapsalaki, M., Leal, V., & Santamouris, M., 2012. A methodology for economic efficient design of Net Zero Energy Buildings. In *Energy Build* 55:765-778.
- Kiviniemi, A. 2011. Drivers and Trends of Integrated BIM PowerPoint Slides presentation. <http://www.sindusconsp.com.br/downloads/eventos/2011/bim/8-Arto%20Kiviniemi.pdf>
- Liddell, C., Morris, C. McKenzie, P., Rae, R. 2011. Defining Fuel Poverty in Northern Ireland: A Preliminary Review. Ulster: University of Ulster.
- Ma, Z., Cooper, P., Daly, D. & Ledo, L., 2012. Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. In *Energy and Buildings* v55 : 889-902.
- March, S.T., & Smith, G.F., 1995. Design and aural science research on information technology. In *Decision Support Systems* 15: 251-266.

- McKenney, J.L. & Keen, P.G.W., 1974. How Managers' Minds Work. Harvard Business Review.
- Reaves, B. R. & Martin, G.R., 1989. The structural condition of Wimpey No-Fines low-rise dwellings. Watford: BRE.
- Rekola, M., Kojima, J., & Makelainen, T. 2010. Towards Integrated Design and Delivery Solutions: Pin pointed Challenges of Process Change. In *Architectural Engineering and Design Management 6*:264-278.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner*. London : Temple Smith.
- Simon, H.A. 1996. *The sciences of the artificial*, Cambridge: MIT Press.
- Sommerville, J., Craig, N, Charles, A. 2011. No-fines concrete in the UK social housing stock: 50 years on. In *Structural Survey*, 4: 294-302.
- Vaishnavi, V. & Kuechler, W. 2008. *Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology*, Boca Raton: Auerbach Publications.
- Van Aken, J.E., 2004. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules. In *Journal of Management Studies* 41, 2:219-246.

Using Photographic Data and Auto CAD to Build a Library of Typical Facades Defects

Talal Elmasuri

Cardiff University, Welsh School of Architecture, Cardiff, South Glamorgan, United Kingdom

ElmasuriT@cardiff.ac.uk

ABSTRACT: Façade defects occur when facade appearance deteriorates or deforms by neglecting maintenance and/or enclosing balconies to increase internal floor area. Poor materials are applied to facades, generally in residential buildings, bringing forth characters of informality to the building envelope. This paper aims to establish a photographic library of visual anomalies of typical façade defects from which deterioration and deformation of building envelope is going to be investigated and potentially mitigated in future studies. The method will be applied to a neighborhood of Al-Bayda city in Libya, from which patterns of reclaiming spaces to increase internal apartment floor areas are going to be identified. The study will be developed in three different stages: i) Rectifying the existing façade photos, ii) comparing them with original façade drawings iii) defining and categorizing the typical defects iv) and building the library.

Keywords: Facade defects, facade deterioration, enclosing balconies, extended family.

1 INTRODUCTION

The aim of this study is to establish a photographic library of visual anomalies of typical façade defects from which deterioration and deformation of building envelope is going to be investigated and potentially mitigated in future studies. Visual survey, visual impacts and other literature concentrate on either the importance of aesthetic or the assessment of environmental effects on building envelope. Most of the literature is concerned with the visual anomalies as well as building refurbishment cost, which was in many cases attributed to design and construction failure. In 2001, considerable numbers of housing buildings in Portugal are revealed to be in immediate need of repair (Rodrigues et al. 2010). Another case study in Portugal, concerns with quantifying environmental effects on cement-rendered facades based on the assessment of the visual impact and the effects of the aesthetic and durability of buildings, because any source of effects whether it was an environmental or chemical will consequently cause visual impact on the building envelope (Gasper & De Birtó 2007). Although this paper is tackling the issue of visual impact in the Libyan context, the proposed method can be adapted and applied to include different visual anomalies for building envelope in different building context.

The problem of housing shortage in Libya is a complex issue and attributed to many reasons one of which is the family income. The Government subsidizes housing provision in Libya and without such subsidization; building or buying a property is hardly possible. Mortgages are not available unless the government advertises for and even if they were made available, many people would not apply for them because they are profitable and therefore prohibited by Islamic Law. The failure of the Department of Housing schemes as well as the disappearance of the important role that the private sector plays, caused a dramatic fall of housing stock in Libya, let alone the situation since the conflict started in 2011 which consequently led to the destruction of considerable number of dwellings. This shortage however, forced residents to illegally take advantage of useable spaces such as balconies and adjacent public spaces, and enclose them to increase the internal floor area of the apartments.

The Libyan residential unit in the past was similar to other houses in the Arab region. Families used to share houses, which many times resulted in each single room occupied by one family. These extended families were either from the same tribe (brothers /cousins) or different tribes (in the case of renting). Each room in the past was functionally used as an individual family unit, which was described as a house within the house (Bianco, 2000). The residential unit has evolved overtime, a development, which has an impact not only on the form of the house but also on the functional and social composition in which the Arab house distinctly was famous for. There is also the fact that the Arab house was built to comply with shared traditional and religious aspects. These factors in turn helped to create a vernacular housing template, which was based on primary components of the same functional hierarchy of layout regardless to the financial circumstances of users. Privacy for instance started from Non-Private to Semi-Private to the sacred Private realm or space, the same principle was also used in the urban form in the Arab city-Figure 1. The courtyard itself was the spine in which other rooms opened onto and aligned around.

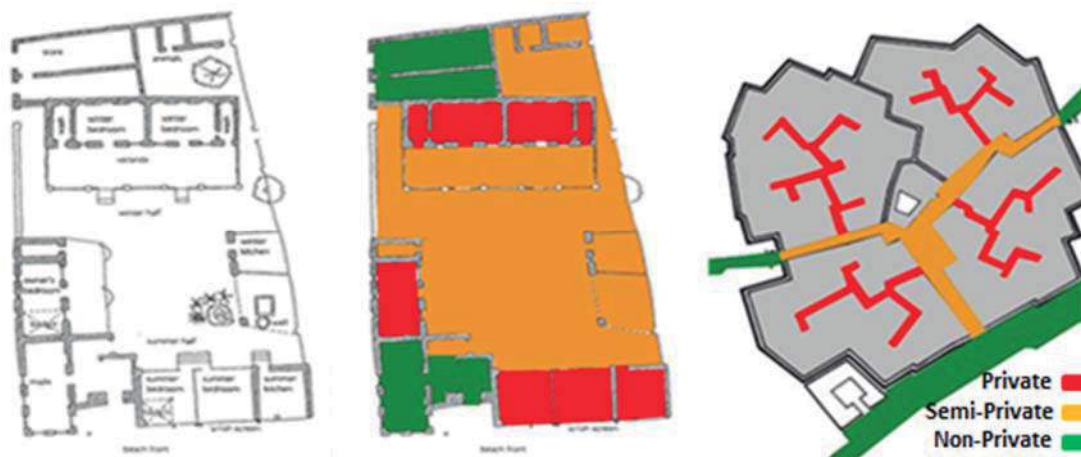


Figure 1. The hierarchy of privacy in the urban form of the Arab city and the Arab courtyard house.

The Libyan courtyard house or Bait has witnessed many alterations, which caused unmistakable impact on its form and character. Houses had been redesigned, courtyards started to disappear and potentially losing their identity and functionality. The lost character of the courtyard was witnessed on the new designs as the area, location and use of it has immensely changed. The introduction and the provision of new housing typologies such as tenement apartment had also its impact on the family dynamic and character. Besides that, Western architecture was applied either by foreign companies or by occupiers at the era of colonization everywhere in the country. The transformation of the Libyan house has occurred over three periods:

- The first phase is the period before 1950 and prior to the discovery of oil. The Libyan house of this period, which was called Al Housh Al Arabi, was remarkably collective and characterized by strong family ties and distinguished social life due to the post-war period and tough economic conditions.
- The second phase, from 1950-1970 accompanied with the discovery of oil as well as the independence of Libya, witnessed the fast urban development of the Libyan cities. New housing typologies were introduced and built, which resulted in reshaping and relocating of the courtyard to be an open to sky yard Figure 3 with a minimum area of 15m² in which all kitchen and lavatory sewerage was directed to. All windows except those opening onto the sky shaft are allocated to the external envelope of the facade. Balconies, verandas and terraces were also introduced regardless to the fact that they are alien to the housing typology of the place.

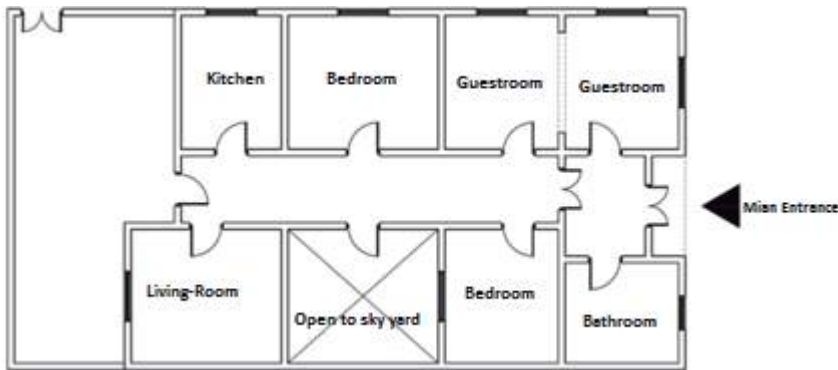


Figure 3. The open to sky shaft house.

- The third phase, from 1970 onwards, the courtyard house during this period underwent major layout rearrangements. Bedrooms for instance that used to open onto a central area whether it was the courtyard or the living area are now opening onto a private corridor Figure 4. The bedrooms and the family bathroom afterwards shared a private isolated arched entrance area to promote privacy. Recently this lobby was provided with a solid or glazed door to be more controlled especially in collective occasions such as wedding parties or other celebrations.

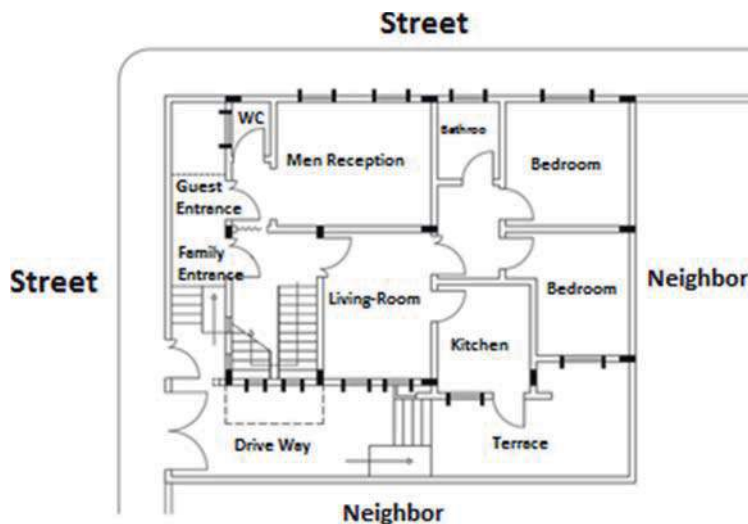


Figure 4. The open to sky shaft house.

The second phase was remarkably the most flourishing era in Libya. The discovery of oil, which in turn led to enhancing the national income of the country, boosted the economy creating many opportunities for internal investment. Resources flew into the ministry of housing and a series of comprehensive master plans and new housing schemes were proposed and constructed in the eastern region (Derna, Al-Bayda and Shahat). These master plans and housing development schemes were produced by an international Greek company called Doxiadis Associates, using 'corporate architectural solutions', the majority of them incoherent and inconsistent with the Libyan way of life. Important aspects of the Libyan family life were overlooked such as the need for flexible spaces to accommodate changes in family dynamics.

The quality of any urban environment can be affected by the deformation or degradation of building facades, as the former is constituted by the transformation process of a building shape, whereas, the latter is constituted as a result of building materials degradation. There is no specific definition of the visual impact on most of the reviewed literature, this however, does not mean that the visual impact is hard to define, but this might be attributed to the fact that most of the topics that tackled this issue were concentrating more on how to solve and /or avoid

it. Building facades visually play an important role in the way cities appearance is judged by users. It also tell us what type of building they belong to, so one can distinguish a Mosque from Church, a house from a multi-story apartment building and so on. Building materials are also of benefit as they may present some traditional components of the vernacular of the place with various types of textures, colors and durability, they on the other hand the main cause of facades defects when they start to deteriorate. Visual impact can be defined as an informal appearance of a building, which is caused, by the decay or degradation of the building envelope, which affects the external appearance and causes negative evaluation and rejection by users. Such a phenomenon can easily convert any neighborhood, city quarter or urban area to an obsolescence deprived informal area. 'The effect of anomalies in buildings' envelope is the decrease of performance of their functional requirements and the increase of investment needed in corrective actions for repair and rehabilitation' (Rodrigues et al. 2010).

In this paper, the visual impacts are measured from façade's photographs. The quantified defects can thus be considered as an indicator that; (a) shows the differences between visual impacts caused by neglecting refurbishment, and of that caused by using or applying poor materials to a building envelope when usable spaces are enclosed; (b) provides information about the severity of the visual impacts; (c) and most importantly, gives a prediction of any future's visual impacts that may occur, which can be predicted if the visual defects elements (poor materials) are applied to a building façade in the design phase, in order to avoid such informal phenomenon, and therefore promoting and enhancing building appearance during the design phase and prior to implementation.

2 LITERATURE REVIEW

Building facades play an important role in the way cities stand out and in the way users' judging such appearance. It also tell us what type of building the facades belong to or encompass, so we can distinguish a Mosque from a Church, a house from a multi-story apartment building and so on.

2.1 Measuring Defects of Building Facades

Measuring building envelope anomalies, has been a main concern for many governmental and private organizations. Sum of 38 countries was listed by Gilpin (1995) to have formal requirements for environmental impact review. It was also revealed that the United Kingdom and the United States have also extensive requirements for environmental impact assessment which considers many types of impacts including visual impact (Stamps 1997).

2.2 Methods to Identify and Assess Façade Degradation

Identifying anomalies, assessing their level of severity, tracking their causes and suggesting correcting measures for them are the main aims of the visual survey as Rodrigues et al. (2010) argued. They use a scale to quantify the level of severity of the external impact or anomalies, taking into consideration the intensity, extension and location of detected damages. Gasper and De Birto (2007) main aim was to assess the environmental visual impact that affects the performance and durability of building facades. They proposed method measuring the degradation level DL of the environmental effects. The proposed method was applied to 19 cement rendered facades in Lisbon, Portugal and according to them it can be applied in other countries. Gasper and De Brito mentioned that facade deterioration is a result of combined factors: Rain, wind, sunlight, biological agents and atmospheric pollutants. Three different deterioration indicators were identified based on field work. These indicators include: extension of degradation (ED), severity of degradation (S), and overall degradation level (ODL)

2.3 Categorizing Impacts

Stamps (1997), makes a distinction between “significant impacts” and “non-significant impacts” as a requirement to make decisions about the environmental impacts were made. The former is defined as a large impact that requires immediate consideration, whereas, the latter is defined as a small impact to be worth consideration. He assumes that by categorizing significant and non-significant impact, one can measure the strength of impact and estimate how large the impact is and how immense to require immediate action it is. He however quoted that it is not easy to obtain measurements of some impacts as Gilpin (1995) pointed out (Stamps 1997).

Chew and De Silva (2004) used a grading level to analyze the building impact, where sub-grade 1 is considered as low impact that includes the visual impact of building elements (aesthetic), sub-grade 2 is the moderate impact that entails impact on building integrity, and high impact (sub-grade 3) where the impact affect both performances. According to them integrity was rated higher than the visual impact because the types of defects or impact studied, were not as severe and unique as the once tackled in this paper.

2.4 Measuring Degradation

Gener, Flourenzos and Stockli (1999), argue that, the human living environment is been modified by every refurbishment operation. However, there are explicit factors, which also effect or modify the human environment. These factors are the number of families per flat and the financial state of the household. The former has an immense impact on the internal alterations of the property plan, and the latter has a relationship with the appearance of the external building envelope.

Rodrigues et al. (2010) developed an evaluation methodology to estimate the deterioration level of social housing envelope. Causes and effects of degradation were identified by using tables, which apply the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) in order to support the visual survey of the building facade. They created two evaluation scales; one for the degradation degree applicable to each typified anomaly and the other for the performance level of each building in respect to a set of functional requirement. They argued that deterioration and aging of the external envelope of a building can be prevented if the quality of design and construction is essentially considered. High standards of internal comfort for users can be guaranteed if the building envelope was designed to be durable and environmentally resistant. Two independent variables were identified to be the main causes of facade deterioration: the building as a physical object, and the environment as a source of agents. Building quality, weather conditions, lack of maintenance and other factors are also claimed to influence the process of degradation of building components. Although many different scales were previously developed to evaluate anomalies of building facade, they did not consider the causes of the anomalies detected, because their main concentration based on how to calculate and evaluate them.

3 METHODOLOGY

Much interest has been paid to the visual defects of the external envelope of buildings. The methodology relies on the use of photos of Al Bayda neighborhood. Therefore, in order to identify the typical defects of a building facade, a checklist of typical anomalies was defined. Once the defects are defined and categorized, the photos of the facades are then rectified using PhotoPlan and Auto Cad software and compared with the original facades’ drawings in order to obtain measurements and area of defects. The last stage of the methodology is to create a library of defects to be used in evaluating or predicting the visual impact that might occur in the future and even before construction and during the design stage. Figure 5 illustrates the phases of the proposed method that can be used to map façade defects of any housing typology. The stages of the diagram are as follows: The analysis of the external envelope of Al-Bayda neighborhood, using photos and data from the field work carried out in 2007, resulted in

identifying and defining 34 typical defects which can be categorized into three different types including i) neglecting maintenance, ii) residents alterations and applying poor materials, iii) design and construction failure.



Figure 5. Shows the phases of the proposed method.

In order to measure the different types of defects, rectifying the photos of the building facades was essential. PhotoPlan software is used to remove the perspective distortion resulting from camera position and orientation Figure 6. The software works within AutoCAD and helps to rectify images and make them true to scale. When the defined defects are rectified, one can then measure the length and the area of defects. At this stage, a classification of visual impact severity can be used and potentially listed in a photographic library of façade defects to be ready to use in the processing stage.



Figure 6. Shows an original photo on the left and a rectified one to the right.

4 DATA ANALYSIS OF THE CASE STUDY

The colorful neighborhood (as called among residents) was built in 1967. The neighborhood is situated in the city centre of Albayda city in the eastern of Libya. The site consists of 48 high-density blocks with building heights ranging from three to four stories and each story consists of 2 to 4 flats. The neighborhood was designed to include four different types of housing: The White, the Red, the Blue and the Honeycomb blocks. In 1967, the total number of flats for all typologies was 504 flats. This number in 2007 however, increased by 3% as a result of taking over vacant areas adjacent to and underneath the blocks. The 34 defined defects are found to be caused by:

4.1 Neglecting maintenance

defects characterized by cracks, stains, missing concrete panels, deteriorating and decaying of concrete slabs and steel bars, installing different types and designs of doors and windows, missing doors of the main entrance and dampness mostly found in balconies:

- Cracks: they are most likely to happen horizontally in the edges of the concrete slabs, between the top floor's slab and the parapet, and vertically in surfaces where walls attached to the pillars especially in the corners and in the joints between walls and flooring slabs. These cracks are differing in their severity, as they are sometimes small and interspersing internally and externally. There are severe vertical once in some building corners expanding form 1-3 meters in length and up to 5 mm in width, which are without doubt affecting the building integrity.

- Stains including fungus growth are found on some facades that are susceptible to the permanent rainwater. They are also a result of broken drain, kitchen and lavatory sewage pipes leaking on the building surface. Facades that are exposed to permanent rainwater have considerable area of stains than the once caused by the water sewage leakage. The studied neighborhood has four different types of housing and they were finished with different types of rendering. The Honeycomb Blocks for instance are found to have the most severe black stains, which in some cases covered the entire building façade potentially because this type of housing was externally finished with Sandtex textured materials.
- Deteriorated concrete slab and panel of a balcony: The supportive steel bars are decaying and some concrete panels have already fallen and have not since then been replaced. This type of deterioration was only found in flats of the White Blocks. In the same block of Figure 6 for instance, shows 12 concrete panels are missing from the first and the fourth floor of the Southern and Western facades with a respective area of 30m², a defect, which has an impact not only on the visual and integrity of the building but also on the safety of residents. In most cases, the steel bars in the reinforced concrete are visible and rusty. Kuhnel whose argument was based on a discussion with material scientists and constructors, agreed that reinforced concrete deterioration is considered to be a result of human errors and usually occurs during the process of concrete preparation and mixing. He also indicates to design shortcomings such as dimension and loads to be also human errors (Kuhnel, 2004).

4.2 Residents' alterations or interventions using poor materials to reclaim extra spaces

- The states of decaying as well as the visual defects on the building facades are explicitly visible. Defects are characterized by the use of corrugated iron, unfinished and plastered finished cement blocks with different colors of paint. Corrugated iron and mesh iron are applied without any special treatment to protect them from weathering. The visual impact also implies taking over public adjacent spaces informally as well as enclosing balconies partially and totally.
- Balconies are being enclosed partially and totally with areas varying from 2m² up to 13m² per balcony. Enclosures are different from one type of building to another, for different reasons and to fulfill different functions of residents needs based on their area and location. Most of the balconies of the white blocks are enclosed partially to be used as storage with area of no more than 3m², whereas in the other typologies, balconies were claimed to extend an area of a bedroom. Enclosed areas are large and making the building deteriorates physically and visually every day and therefore affecting the visual appearance of the neighborhood and the city.
- External newly built stairs made of cement blocks were attached to the ground floor balconies, to be used as a secondary entrance or as an entrance when a flat is potentially divided into two apartments.

4.3 Taking over vacant spaces located underneath the ground floor

- The white blocks were built on an uneven land, so instead of building some more flats and benefiting from the slope; the spaces were entirely blocked by solid walls and left unused. In areas where there is enough headroom, residents took advantage of them and potentially used them as living spaces, garages or shops Figure 7.



Figure 7. Abandoned spaces have been taken over and used as housing, garages or shops.

The figure below Figure 8 is an example of an existing façade drawing of the white blocks with typical existing defects. The analysis of the drawing which entails calculating the area of defects in order to justify which of the defects has impact on the building facades, has potentially shown that all the nine defects defined (100%) are affecting the visual appearance of the facades from which 45% of the defects (4 out of 9) are found to affect both the visual appearance and the integrity of the building Table 1.

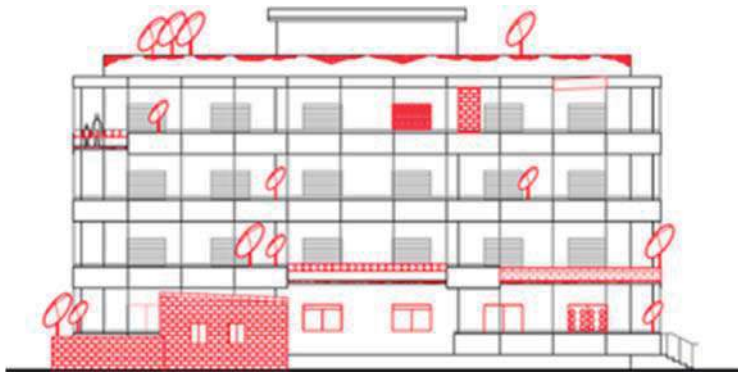











Figure 8. A drawing of the one of the existing facades (the red lines indicate to the defects and the dotted red lines indicate to the missing parts of the facades).

The incidence of anomalies on external envelope of buildings appears to have a great importance. Design errors, construction problems and material deficiencies are claimed to be the main sources of anomalies. According to Rodrigues et al. (2010) about 50% of anomalies recorded negatively affecting the external building envelope and 80% of anomalies detected in many case studies were assigned to construction causes (Rodrigues et al. 2010). The different reasons behind the visual impact or defects on the case study that this research is based on, is very different because the visual defects were not just attributed to the factors mentioned previously; it has been uniquely caused by socio-economic and potentially cultural factors, which yet have not been taken into consideration. The analysis of the case study which entails enclosing balconies as well as invading public area and expanding incrementally, shows that the main cause of visual anomalies or deterioration is attributed to design failure and mismatches between the housing typologies and family needs.

Table 1 data analysis of the existing facade.

Building Defects	Photo of the Defect	Area of Defects sq/m	Type of Defects	
			Defects affecting the visual appearance	Defects affecting building integrity
Changing the balcony doors and windows to metal doors		15.10	✓	
Enclosing balconies partially		2.15	✓	
Constructing informal building		30.00	✓	
Decaying of steel frames that support the concrete panels		0.80	✓	✓
Deterioration and decaying of the reinforced concrete slabs and steel		1.15	✓	✓
Missing concrete panels		10.00	✓	✓
Replace the concrete panels parapet with cement block parapet		4.50	✓	
Installing satellite dishes		11.90	✓	
Fungus growth		3.90	✓	✓

5 CONCLUSION

The work carried out (based on a fieldwork conducted in 2007) demonstrates the possibility of broadening the work to include different types of defects in social housing from different contexts. The proposed method will enable the creation of a library of building facades' defects, from which defects were defined and categorized to include; defects that affecting the visual appearance of the building facade and defects that affecting the building integrity. Design efficiency and residents participation are found to be of importance when designing, because they play an important role of delivering sustainable housing schemes.

Finding and defining correlations between the layout alterations carried out by users and the reflected visual transformation occurred as a result of doing so, will be important in future studies as they will not just identify the different defects but also they will give evident of the

reasons behind such transformations. Beyond the reasons of making such alterations, it became obvious that these alterations occurred mainly as a result of design failure and lack of building regulations. The introduction of the tenement housing has also contributed to the issue of enclosing balconies, because some users do seek privacy and prefer to enclose balconies. On the other hand, role and demanding of obtaining extra space to expand within, has forced users to enclose balconies and/or occupying adjacent public spaces.

All neighborhoods in almost all the Libyan cities, which have experienced this phenomenon, have not originally considered as informal settlements, they were planned, constructed and even implemented by foreign companies. This however, can conclude that the mismatches between the plans and the Libyan family's dynamics or needs, will continuously causing the same issue unless serious considerations are taken into considerations. A library of the building envelope defects was created as a database, information can be added in from different contexts in order to define the common typical defects and use them to predict any visual defects during the design phase of any project in order to avoid them in future schemes.

REFERENCES

Altas, N.E & Ozsoy, A. (1998), Spatial Adaptability and Flexibility as Parameters of User Satisfaction for Quality Housing, Elsevier Science Ltd.

Bianca, Stefano. 2000. Urban Form in the Arab World: Past and Present. Zurich: vdf.

Gaspar, P.L & De Brito, J. (2007), Quantifying Environmental Effects on Cement-Rendered Facades: A comparison Between Different Degradation Indicators, Elsevier Ltd.

Genre. J. L , Florentzos. F, Stockli. T. (1999), Building refurbishment: habitat upgrading, Elsevier Ltd.

Gilpin, A. (1995) Environmental Impact Assessment: Cutting Edge for the Twenty-first Century
Cambridge, UK: Cambridge University Press

Chew, M. & De Silva, N. (2004). Factorial Method for Performance Assessment of Building Facades. J. Constr. Eng. Manage

Kuhnel, R.A. (2004), Cause and Consequence: Volume Changes Behind Building Material Deterioration, Elsevier Ltd.

Rodrigues, M.F.S., Teixeira, J.M.C & Cardoso, J.C.P. (2010), Buildings Envelope Anomalies: A Visual Survey Methodology, Elsevier Ltd.

Stamps, A.E. (1997), A Paradigm for Distinguishing Significant from Non-significant Visual Impacts: Theory, Implementation, Case Histories, Elsevier Ltd.



Author Index

Índice de Autores

Índice de Autores



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Author Index / Índice de Autores / Índice de Autores

Abacioğlu, Ceren	1309	Báez, Ana	189
Abdalla, José	1755	Baggiotto, Angélica	1007
Aguiar, Felipe	969	Barata, Tomas	475, 495
Aires, María	2173	Barbosa, José	1309, 1347, 1563
Albani, Vivian	1621, 2067	Barbosa, Juliana	1161
Albuquerque, Daniela	1075	Barbosa, Ricardo	63
Almeida, Estela	163	Barbosa, Teresa	455, 1393
Almeida, Fernando	465	Barros, Ana	2017
Almeida, Karinnie	1179	Barros, Joaquim	373
Almeida, Manuela	355, 561, 1261, 1271, 1441, 1563, 1705, 1745, 2449, 2457	Barros, Raquel	1949
Alonso, Mónica	2173	Basso, Franciele	1355
Altın, Müjde	1309	Bastos, Celso	1197
Altoé, Emanuella	1449	Bastos, Leopoldo	1491
Alvarado, Rodrigo	319, 631	Bauer, Elton	411
Alvarez, Cristina	199, 237, 247, 257, 267, 503, 513, 551, 883, 1105, 1449, 1667, 1695, 1725, 1735, 2153	Beinichis, Maria	1289
Alves, Alessandro	1007, 1017, 1027	Bello, Angelo	1897
Alves, Luciana	951	Bergamasco, Sonia	843
Amorim, Cláudia	411	Bernardes, Marina	2391
Andrade, Fernanda	301	Berni, Mauro	12513
Andrade, Liza	1855, 1961, 2419	Bertini, Alexandre	1299, 2211
Andrade, Sarah	863, 1765	Bettencourt, Antonio	1657
Andreev, Andrej	99	Bianco, Carola	1459
Antoniolli, Cibele	1411	Bokos, Helena	2419
Antunes, Eliane	1867	Boeri, Andrea	1685
Araújo, Bianca	951	Boita, Jocenir	285
Araújo, Catarina	1347, 1563	Bonatto, Daniella	2085
Araújo, Elisabete	523	Bonneaud, Frédéric	1491
Araújo, Joel	1795, 1999	Borges, Amadja	835, 853, 863, 1765
Araujo, Victor	1161	Borges, Marcos	485, 611
Araújo, Virgínia	951	Bortolini, Gleica	257
Arnold, Daiana	581	Bosetti, Adriano	1187
Ashour, Ahmed	1745	Both, Evelise	1355
Assis, Leandro	1621, 2067	Bouillard, Philippe	601
Ataíde, Ruth	1805	Bragança, Luís	353, 541, 561, 793, 923, 1271, 1309, 1347, 1421, 1441, 1479, 1563, 1695, 1745, 2045, 2449, 2457
Augusto, Carlos	561	Brandli, Luciana	1319, 1355
Azevedo, Fernanda	2439	Breginski, Herminia	2361
Azevedo, Fernando	943	Brito, Jorge	107
		Brosler, Taísa	843

Brum, Cristhian	1007, 1017, 1027	Cortês, Marina	969
Bueno, Cristiane	1521	Cossio, Gustavo	277
Bueno, Laura	163, 1601, 1971	Costa, Carlos	1785
Buonomano, Annamaria	649	Costa, Dayana	1897
Cabrera, Natasha	1937	Costa, Geraldo	2243
Cachim, Paulo	1431	Costa, Maria	1261
Caiche, Daniel	1115	Costa, Pedro	373
Cain, Tyler	1479	Coura, Claudia	455
Caldas, Vitor	1755	Covaleski, Joani	1007
Calmon, João	503	Coventry, Kathryn	337, 347
Camacho, Nádia	1755	Criollo, Verónica	189
Campos, Adriana	1927	Cristofari, Christian	669
Campos, Heloisa	531	Croce, Rômulo	1621
Cannaviello, Monica	15	Cunha, Eduardo	209
Caram, Rosana	355	Cunha, Marco	1491
Cardoso, Francisco	2507	Cunha, Rita	401, 1261
Cardoso, Poliana	1233	Curado, António	1133
Carissimi, Elvis	2313	Cvetkovska, Meri	99
Carli, Ludmila	1621, 2313	D'Amico, Flavio	631
Carlo, Joyce	2303	Dalvi, Márcia	257, 1695
Carneiro, Arnaldo	589	Daris, Denise	1319
Carrasco, María	145	Defagot, Carlos	145
Cartana, Rafael	2399	Diana, Lorenzo	83, 89
Cartes, Ivan	1169, 2489	Dias, Bernardo	503
Carvalho, Carolina	2399	Dias, Clara	1375
Carvalho, Miguel	2457	Dias, Eli	337
Casagrande, Eloy	1337	Díaz, María	43
Casañas, Virginia	1459	Dibo, José	137
Castillo, José	189	Direitinho, Romão	445
Castro, Eduardo	485, 611	Duarte, Sérgio	2231
Castro, Fátima	1421	Duarte, Técia	1501
Cecere, Carlo	73, 83, 89	Ecker, Vivian	2133, 2143
Cerca, Mariana	1039	Eckert, Matthias	361
César, Sandro	401, 1273	Eires, Rute	523, 793
Chaves, Maria	969	Elesbon, Abrahão	1621
Chemisana, Daniel	669	Elmasuri, Talal	1551
Chivelet, Nuria	621	Erjavec, Ina	1785
Christo, Tiago	1105	Escorcia, Olavo	631
Chwieduk, Dorota	687	Espinosa, Ignacio	1085
Claro, Paula	1213	Evrard, Arnaud	601
Clementella, Gioia	73	Fabrcício, Márcio	825, 1521, 2429
Coelho, Fernanda	1511	Fardin, Jussara	1105
Colleto, Giseli	1531	Faria, Obede	747
Comlay, Julie	1541	Fassina, Sirana	2153
Comunello, Felipe	2381	Fastofski, Daniela	1877
Conde, Karla	2055	Fátima, Rosa	1805

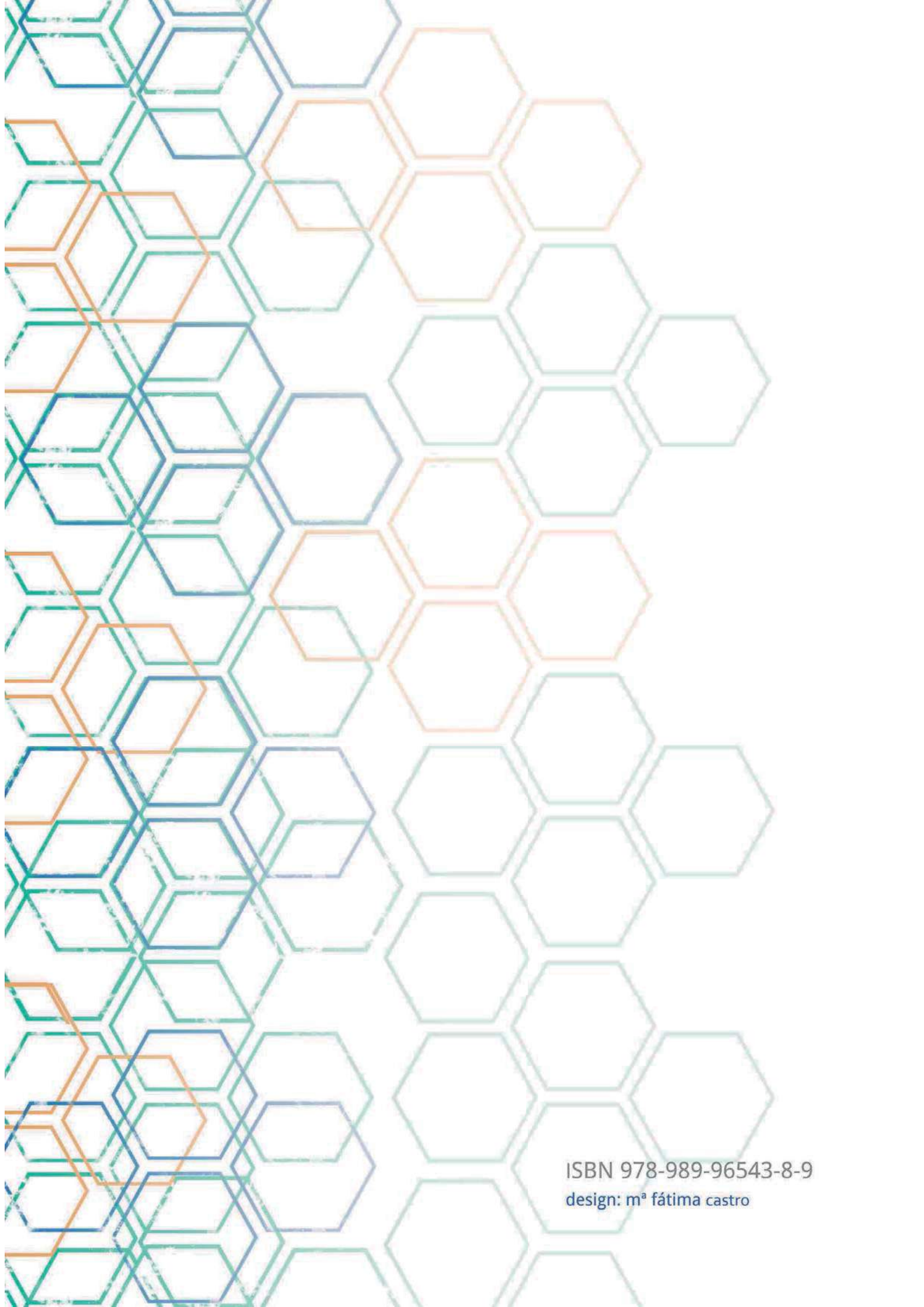
Fernandes, Jorge	2045	Gava, Maristela	1161
Fernández, Francisco	739	Gavriloska, Ana	99
Ferreira, Antônio	437	Gelpi, Adriana	209, 1611
Ferreira, Luís	1647	Gervásio, Helena	1657
Ferreira, Marcela	571	Godinho, Marcos	1401
Ferreira, Marcelo	445	Gomes, Daniella	1927
Ferreira, Marco	1705	Gomes, Maria	53
Ferreira, Teresa	913	Gonçalves, Adelino	1825
Ferreira, Victor	1647	Gonçalves, Joana	913
Ferreyra, Joao	145	González, Alice	999
Fiala, Ctislav	329	González, Aránzazu	601
Figueiredo, Amanda	1065	González, Ariel	145, 767
Figueiredo, Chenia	1385, 2253	González, Marco	1401, 1877, 1887
Folle, Daiane	285, 1817, 2391	Goulart, Solange	1907
Fonseca, Ingrid	2293	Graciosa, Melissa	1055
Fontanini, Patricia	1203, 1213, 1243	Grether, Rubén	145
Fontenelle, Marília	2293	Grigoletti, Giane	7
Fontenelle, Marina	1775, 2261	Gromboni, Pedro	465
Formoso, Carlos	2191	Grujic, Marija	707
Franchino, Rossella	25	Grünberg, Paula	2371
Franci, Ricardo	1143, 1153, 1197	Grzebielec, Andrzej	687
Franci, Thiago	1153	Guerrero, Luis	729, 739
Francisco, Arlete	2007	Guimarães, Erika	541, 1271
Frاندoloso, Marcos	1355	Guimarães, Ítalo	2303
Franzen, Fabiani	2361, 2331	Gulá, Raúl	189, 1469
Freitas, Maria	2371, 2381	Gusmão, Alexandre	429
Freitas, Vanessa	1897	Gutiérrez, Ion	1571
Frettoloso, Caterina	25	Habib, Emanuele	73
Fricke, Glacir	173	Hajek, Petr	329
Fritsch, Rodrigo	209	Henicka, Bianca	1611
Furundzic, Aleksandra	679, 707	Hermida, Maria	1937
Furundzic, Dijana	679	Herrmann, Julia	1411
Furundzic, Nikola	679	Hijioka, Akemi	813
Gago, Eulalia	2173	Hippert, Maria	1393
Gaida, Claudia	979, 1007, 1017, 1027	Hoppe, Stella	1735
Galafassi, Marcelo	2399	Ino, Akemi	813, 893
García, Ader	291	Ishida, Celso	2381
García, Francisco	43	Jacintho, Ana	1203, 1213, 1243
García, José	739, 1161	Jaworski, Maciej	687
García, Rodrigo	639, 2323	Jędrzejuk, Hanna	687
Garcia, Sheila	1817	Jereissati, Geórgia	1289
Garlet, Liége	227	Jesus, Luciana	1867
Garrefa, Fernando	2271	Joaquim, Bianca	813
Gasarini, Danielle	2507	José, Juliana	611
Gaspari, Jacopo	1685	Júnior, Alfredo	1055
		Júnior, Neyval	1725

Júnior, Otávio	987	Maia, Leonardo	757
Kaiser, Adair	581	Mainier, Fernando	437
Kalil, Ramadan	1611	Maioli, Ricardo	883
Kalil, Rosa	209, 1611	Malafaya, Filipa	1222
Kalogirou, Soteris	662	Malta, Nayara	2067
Kanashiro, Milena	1582	Mancio, Mauricio	217, 1401
Kelly, Maureen	631	Manduca, Paulo	1251
Kern, Andrea	217, 1401, 1411, 1877, 1887	Marques, Aline	1491
Kirchheim, Ana	285	Marques, José	531
Klippel, Karine	1375	Martín, Estefanía	621
Kosic, Tatjana	707	Martinez, Miguel	2381
Kovar, Pablo	997	Martino, Raffaella	25
Kuntz, Viviane	2381	Martins, Andreia	825, 2429
Lafayette, Kalinny	429, 1075, 1125	Martins, Bruno	2057
Lamnatou,	669	Martins, Marcele	1817, 2391
Chrysovalantou		Martins, Wagner	199
Landim, Camila	2253	Mateus, Ricardo	903, 913, 923, 1271, 1347, 1421,
Laranja, Andréa	1735		2045
Lawall, Janaina	1755	Matos, Bruna	1393
Lazarevska, Marijana	99	Matos, Karenina	775
Lazzarini, Maria	767	Matos, Natalia	2231
Leder, Solange	19079	Matriciano, Andrea	2293
Leite, Nícia	1639, 2243	Mattaraia, Regina	775
Lenzi, Cecília	2499	Mattia, Pedro	137
Lima, Alexandre	1075	Medeiros, Cecília	835, 863, 1765
Lima, Ana	1805	Medeiros, José	1991
Lima, Bruna	1095	Medeiros, Valério	2037
Lima, Manuela	1133, 1169	Meex, Elke	1299
Lima, Silvia	1591	Melchiore , Lucia	15
Lintz, Rosa	1243	Melo, Ana	285
Lisboa, Marcos	997	Mendes, Andrezza	1385
Lobo, Adriana	155	Mendonado, Eduardo	1055
Loh, Kai	2339	Mendonça, Eneida	2075
Longo, Danila	1685	Meneses, Aline	1047
Longo, Orlando	437, 1795, 1999	Meng, Eduardo	1319
Lopes, Clara	1647	Mesquita, Luis	391
Lopes, Débora	2419	Mian, Fábio	2201
Lopes, Isabela	1755	Miceli, Carolina	1243
Lopes, João	2499	Michael, Aimilios	697
Lopes, Wilza	775, 1591	Milani, Ana	803
Loureiro, Michael	903	Mimbacas, Alicia	1459
Loureiro, Vânia	2027	Miranda, Larissa	1375
Lützkendorf, Thomas	3	Miranda, Leonardo	155, 531, 2331,
Macedo, Silvio	2113		2361
Macedo, Thaísa	419	Monich, Carla	1281
Machado, Rayner	215	Montanaro, Umberto	649

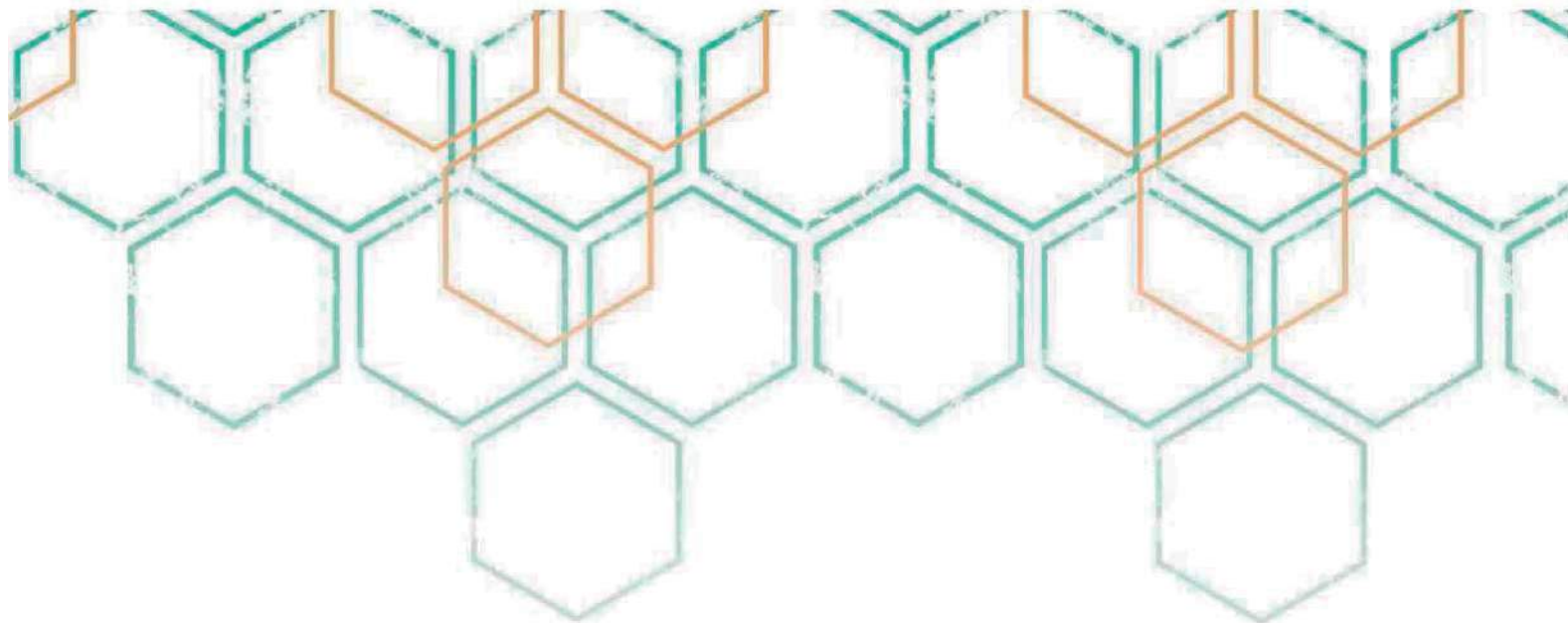
Montarroyos, Dielly	1695	Olivieri, Lorenzo	621
Monteiro, Felipe	1639	Ongaro, Anderson	933
Morais, Miguel	1431	Ongaro, Daniella	1755
Morales, Elen	1161	Pablos, Javier	1233
Morales, María	1085, 2173	Pacheco, João	2399
Moreira, Luana	1143	Pacheco, Mafalda	53
Morello, Deividly	1355	Pagel, Érica	1725
Moretti, Juliana	465	Paixão, Dinara	933, 979
Motter, Janaína	155	Palacios, Ignacio	1085
Moura, Maria	1835	Palombo, Adolfo	649
Moura, Mariangela	377	Paneto, Greicikelly	1667
Moura, Micaella	1223	Parisi, Rosana	173, 2281
Motta, Ana	377	Patrício, Jorge	943
Moyano, Gloria	1085	Pavan, Giovana	1017
Muñoz, Hugo	145	Paz, Diogo	1125
Murtinho, Vitor	1657, 1825	Pedemonte, Graciela	1629
Mussi, Andrea	1817	Pedroso, Gilson	1327
Muzzillo, Francesca	15	Pedrotti, Gabriel	2123
Nascimento, Kleiton	1765	Peglow, Jaqueline	209
Navarro, Justo	189	Peláez, Gloria	291
Negrís, Larissa	309	Peñaloza, Guillermina	2191
Neila, Javier	621	Pera, Caroline	163
Neto, José	1187	Pereira, Amanda	485
Neves, Célia	747	Pereira, Ana	2281
Neves, Yara	1755	Pereira, André	1845
Niemeyer, Lygia	959, 969	Pereira, Marco	475, 495
Nieto, Jocelyn	1657, 1825	Pereira, Marcos	7
Nolasco, Adriana	1039, 1047	Perim, Bruna	2067
Norvaišienė, Rosita	717	Piderit, Maria	551
Notton, Gilles	669	Pimentel, Lia	1203, 1213
Novotna, Magdalena	329	Pina, Silvia	1243
Nunes, Duarte	33	Pina, Silvia	2055
Nunes, Felipe	2381	Pinheiro, Manuel	33
Okretic, Gabrielle	1601	Pinheiro, Marco	933, 979
Oliveira, Andréia	1907	Pinto, Débora	951
Oliveira, Carla	1411	Pinto, Eduardo	747
Oliveira, Eloise	1281	Pires, Josiane	1401, 1887
Oliveira, Felipe	127	Porto, Maria	2293
Oliveira, Felisbela	589	Postay, Renata	217
Oliveira, Flávia	1365, 1375	Póvoas, Yêda	391, 1125
Oliveira, Márcia	863	Prado, Barbara	2103
Oliveira, Miguel	363	Prietto, Nelita	1611
Oliveira, Taís	2419	Queiroga, Eugenio	2095
Oliveira, Wagner	199, 1611	Quintero, Alejandra	291
Olivieri, Francesca	621	Rada, Sergio	1675
Olivieri, Giulia	1685	Ramos, Larissa	1867

Real, Lúgia	531	Santos, João	475
Reginensi, Caterine	1755	Santos, Joaquim	227, 2313
Reis, Daniel	825, 2429	Santos, Luciana	1795, 1999
Reis, Lilian	1917	Santos, Maria	2211
Reis, Rafael	2371	Santos, Rui	63
Reis, Thalles	513, 1449	Santos, Suellen	1917
Rezende, Mariana	465	Saraiva, Tatiana	1441, 2449
Ribas, Domingos	1431	Sattler, Miguel	1981, 2409
Ribeiro, Andréa	391	Saurin, Tarcisio	2191
Ribeiro, Bettencourt	363	Savi, Adriane	421, 1281, 2361
Ribeiro, Jorge	2439	Savi, Antonio	1161
Ribeiro, Nelson	793, 873	Savvides, Andreas	697
Richardson, Alan	337, 347	Scarpinella, Gustavo	1115
Rigueiro, Constança	1657, 1825	Scheffer, Ana	1355
Rivero, Ana	189	Schley, Addressa	227
Rocha, Heliana	1835	Schneck, Eduardo	217, 1401, 1887
Rocon, Carolina	883	Schwanz, Julius	1319
Rodrigo, Adriana	2507	Selmo, Sílvia	2331
Rodrigues, Ana	1705	Serôdio, Francisco	2045
Rodrigues, Artur	551	Serra, Sheyla	445, 2163, 2181, 2201, 2211, 2221
Rodrigues, Camila	1075	Sertori, Rodolfo	893
Rodrigues, Edna	551	Silva, Adeildo	571
Rodrigues, Raymundo	173	Silva, Adriana	277, 581
Rogers, Jamie	347	Silva, Alexandre	581
Rojas, María	2173	Silva, Ana	1133
Román, Consolación	601	Silva, Brenda	247
Romanini, Anicoli	1817, 2391	Silva, Caio	183
Romano, Elisabetta	1775, 2261	Silva, Camila	2419
Romero, Marta	183	Silva, Charles	309
Romitti, Leonardo	1027	Silva, Deir	401
Rosa, Francisco	1319	Silva, Edson	1591
Rosa, Janaina	581	Silva, Eduardo	2479
Rosa, Simone	1223	Silva, Fabiana	237, 247
Rossi, Jamile	933	Silva, Farah	589
Rovers, Ronald	1479	Silva, Isabela	2339
Ruiz, Phelipe	1203	Silva, Jessica	1179
Rujoub, Mohammad	793	Silva, Jonas	429
Ruschel, Regina	1531	Silva, José	987
Rusowicz, Artur	687	Silva, Léa	1143
Saade, Marcella	1365, 1375	Silva, Luciene	1055
Sacht, Helenice	355	Silva, Luis	1657, 1825
Sales, Almir	465	Silva, Luiz	2419
Salgado, Mônica	1501, 1511	Silva, Marcela	1459
Sánchez, José	411	Silva, Maria	2231
Santiago, Alina	2123	Silva, Maristela	1179, 1365, 1375
Santos, Adriana	1337		

Silva, Miss	1805	Tzortzopoulos, Patricia	1551
Silva, Neuza	1917	Uhmman, Isaura	421
Silva, Ricardo	1115, 2479	Ulian, Giovana	1169
Silva, Roberto	1337	Vaghetti, Marcos	227, 933, 2313
Silva, Rodrigo	285	Valencia, Diana	291
Silva, Rui	107	Valiente, Ernesto	631
Silva, Sandra	2457	Vanegas, Enrique	291
Silva, Simone	1065	Vanz, Thauana	1611
Silva, Vanessa	1179, 1375, 1531,	Vargas, Paulo	267
	1365	Vasconcelos, Juliano	1161
Silveira, Aline	873	Vasinton, Simona	89
Silvoso, Marcos	1511	Vassiliades, Constantinos	697
Simões, Renata	1715, 2153	Vaz, Nelson	2133, 2143
Simonetti, Domingos	1105	Vazquez, Elaine	541
Siolari, Maristela	309, 1917	Vázquez, Francisco	621
Soares, Carlos	437	Vega, Johnny	291
Soares, Roberta	227	Venancio, Luisa	1855
Soares, Talita	531	Veraldo, Ana	803
Soria, Francisco	729, 739	Verbeeck, Griet	1299
Sorte, Pedro	183	Verde, Francesca	2351
Sousa, José	825, 2429	Viana, Gabriel	309
Sousa, R. José	1095	Viana, Sabrina	1115
Souza, Léa	2201	Vicente, Romeu	63
Spielmann, Tanise	1611	Vicentim, Thaisa	1581
Sposto, Rosa	1327	Vicidomini, Maria	649
Stollo, Mariarosaria	2351	Villaça, Ana	785
Stürmer, Bruna	1355	Vilar, Katila	2489
Tamašauskas, Rokas	717	Violano, Antonella	15, 2351
Tamiosso, Larissa	979	Vital, Giovanna	2271
Tassinari, Jane	1251	Viveros, Cristían	319
Tavares, Jéssica	2371	Wander, Paulo	1411
Tavares, Sérgio	421, 1281, 2371	Wandersleben, Gerth	319
Tawayha, Fajr	923	Wegertseder, Paulina	2323
Teixeira, José	2181	Xavier, Tatiana	247
Tizze, Nicolás	997	Ximenes, Deize	117, 127
Tomaselli, Débora	531	Yuba, Andrea	803, 1845
Tomé, Ana	33, 53	Zalamea, Esteban	319, 639
Tomé, Marina	267	Zambrano, Letícia	1755
Torezani, Flavia	1715	Zannin, Paulo	1667
Toro, Montserrat	1085	Zanoni, Vanda	411
Tortorelli, Fosca	15		
Trachte, Sophie	601		
Troncoso, Lorena	639, 2323		
Trpevski, Strahinja	99		
Túlio, Sérvio	1197		
Tumini, Irina	1675		



ISBN 978-989-96543-8-9
design: m^a fátima castro



EURO **elecs**
2015

LATIN AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON
SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES

21-23 July | 2015 | Guimarães | PORTUGAL

VOL III

Editors

Luís Bragança

Andrea Naguissa Yuba

Cristina Engel de Alvarez



EURO-ELECS 2015

LATIN-AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES

Organized by



Partners



EURO-ELECS 2015
LATIN-AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE
ON SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES

Editors

Luís Bragança
Andrea Naguissa Yuba
Cristina Engel de Alvarez

Assistant Editors

José Amarilio Barbosa
Catarina Araújo
Sara Bragança

© 2015 The authors

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any mean, without prior written permission from the Publisher.

ISBN 978-989-96543-8-9

Printed by Multicomp

1st edition, July 2015

Legal Dep. [365726/13](#)

LEGAL NOTICE

The Publisher is not responsible for the use which might be made of the following information.



FOREWORD

Euro-ELECS 2015 is the first Latin American and European conference on sustainable buildings and communities. This international event is organized by UMinho, UFMS, Ufes, ANTAC and iISBE_PT in Guimarães, Portugal, from the 21st till the 23rd of July 2015.

This event is the evolution of the several previous ELECS (Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis), which started in 1997 and were held biannually since 2001.

Euro-ELECS 2015 is an innovative scientific event targeted on “Connecting People and Ideas” and aiming to bridge the gap between the academic environment, society, theory and practice, connecting European countries and the countries of Latin America. The conference is focused on the themes of Sustainable Buildings and Sustainable Neighborhoods and in the contributions to achieve these targets.

Building sector uses, globally, about 40% of energy, 25% of water, 40% of natural resources and emit approximately 1/3 of greenhouse gas emissions (the largest contributor). Residential and commercial buildings consume approximately 60% of the world’s electricity. Existing buildings represent significant energy saving opportunities because their performance level is frequently far below the current efficiency potentials. Energy consumption in buildings can be reduced by 30 to 80% using proven and commercially available technologies. Investment in building energy efficiency is accompanied by significant direct and indirect savings, which help offset incremental costs, providing a short return on investment period. Therefore, buildings offer the greatest potential for achieving significant greenhouse gas emission reductions, at least cost, in developed and developing countries.

On the other hand, there are many more issues related to the sustainability of the built environment than energy. The building sector is responsible for creating, modifying and improving the living environment of the humanity. Construction and buildings have considerable environmental impacts, consuming a significant proportion of limited resources of the planet including raw material, water, land and, of course, energy. The building sector is estimated to be worth 10% of global GDP (5.5 trillion EUR) and employs 111 million people. However, in developing countries, much of the large amount of the generated jobs does not necessarily imply decent work and quality of life as informal and/or degrading jobs are numerous in construction. Furthermore, many people remain excluded, economically and socially, living in informal housing and in unplanned urban areas.

The building construction sector has the responsibility to contribute to the sustainable development and, subsequently, contribute to diminish inequity, hunger and disease. These issues are not new, but did not change too much in the last decades and we still have the challenge of driving the cultural and environmental richness of these countries to a more sustainable scenario. New sustainable construction opens enormous opportunities because of the population growth and because of the search for wealthy environments. Construction stimulates the urbanization and the construction activities represent up to 40% of GDP. Therefore, building sustainably will result in healthier and more productive environments.

The sustainability of the built environment, the construction industry and the related activities are a pressing issue facing all stakeholders in order to promote the sustainable development of the world.

The conference topics cover a wide range of up-to-date issues and the contributions received from the delegates reflect critical research and the best available practices in the field of sustainable buildings and communities.

More than 500 abstracts were received from which resulted 332 full papers. After the evaluation process 212 papers were approved for oral presentation, all being published in its full version in these proceedings.

The received contributions are distributed by the following 12 major themes:

- Innovation and improvement of sustainable construction materials or systems (low and high tech solutions)

- Sustainable design solutions (low cost, reuse, eco efficiency, renovation, retrofitting, urban renovation)
- Sustainable building technology and management
- Technical knowledge for materials, buildings, neighborhoods and building sector
- Policies and strategies for a sustainable built environment
- Governance for a sustainable built environment
- Empowerment and participation processes for sustainability
- Social housing and buildings affordable to all
- Assessment tools (life cycle analysis, rating tools and monitoring) for materials, buildings, neighborhoods and building sector
- Education for sustainability
- Urban mobility and accessibility
- Resources (water and energy) and residues management

In addition, a relevant number of contributions were received to the following 9 Special Sessions organized by some colleagues that collaborated closely with the organizing committee:

- Earth architecture and construction
- BIM and sustainable construction
- Sustainable construction sites
- Spatial patterns of urban ecosystems
- Open spaces system for a sustainable built environment
- Acoustics applied to buildings and sustainable environments
- Integrated design of renewable energy systems in buildings
- Rural housing, technologies and building cultures
- Building integration of solar thermal systems

All the papers selected for presentation at the conference and published in these Proceedings, went through a refereed review process and were evaluated by, at least, two reviewers.

The Organizers want to thank all the authors who have contributed with papers for publication in the proceedings, to all reviewers, whose efforts and hard work secured the high quality of all contributions to this conference and to the organizers of the special sessions that helped to tackle some specific topics very relevant for the sustainability of the built environment.

The Organizing Committee

Andrea Naguissa Yuba – Federal University of Mato Grosso do Sul
Cristina Engel de Alvarez – Federal University of Espírito Santo
Luis Bragança – University of Minho

PREFÁCIO

O Euro-ELECS 2015 é a primeira conferência latino-americana e europeia sobre edificações e comunidades sustentáveis. Este evento internacional está sendo organizado por UMinho, UFMS, UFES, ANTAC e iiSBE_PT, em Guimarães, Portugal, de 21 a 23 de julho de 2015. O evento é a evolução dos vários ELECS anteriores (Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis) que tiveram início em 1997 e com sucessivas edições realizadas a cada dois anos a partir de 2001. O Euro-ELECS 2015 é um evento científico inovador orientado para o tema "Conectando Pessoas e Ideias" e que tem o objetivo de preencher a lacuna entre o ambiente acadêmico, a sociedade, a teoria e a prática, ligando os países europeus e os países da América Latina. A conferência está focada nos temas dos Edifícios Sustentáveis, dos Bairros Sustentáveis e nas contribuições para atingir essas metas.

O sector da construção utiliza, a nível global, cerca de 40% da energia, 25% de água, 40% dos recursos naturais e emite aproximadamente 1/3 das emissões de gases de efeito estufa (é o maior contribuinte). Os edifícios residenciais e comerciais consomem cerca de 60% da eletricidade do mundo. Os edifícios existentes, por apresentarem baixos níveis de desempenho, apresentam oportunidades de redução de consumo de energia significativas. O consumo de energia em edifícios pode ser reduzido de 30 a 80% utilizando tecnologias comprovadas e disponíveis no mercado. O investimento na eficiência energética pode representar economias diretas e indiretas, que ajudam a compensar os custos incrementais, proporcionando um curto período de retorno sobre o investimento. Em paralelo, os edifícios oferecem grande potencial para atingir reduções significativas de emissões de gases de efeito estufa, a um custo menor, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento.

Por outro lado, para além da energia, há mais questões relacionadas com a sustentabilidade do ambiente construído. O sector da construção é responsável por criar, modificar e melhorar o ambiente para a humanidade. A construção e os edifícios têm impactos ambientais consideráveis, consumindo uma parte significativa dos recursos limitados do planeta, incluindo nesse contexto as matérias-primas, água, terra e, também, a energia. O sector da construção está estimado em 10% do PIB mundial (5,5 mil milhões de euros) e emprega 111 milhões de pessoas. No entanto, nos países em desenvolvimento, parte da grande quantidade de empregos gerados não implica necessariamente em trabalho digno e com qualidade de vida uma vez que o emprego informal e/ou postos de trabalho degradantes são numerosos na construção civil. Além disso, muitas pessoas continuam a ser excluídas, económica e socialmente, vivendo em habitações informais e em áreas urbanas sem planeamento.

O setor de construção tem a responsabilidade de contribuir para o desenvolvimento sustentável e, conseqüentemente, auxiliar para a diminuir a desigualdade, a fome e as doenças. Estas questões não são novas, mas a situação não mudou muito nas últimas décadas, sendo ainda um grande desafio direcionar a riqueza cultural e ambiental destes países para um cenário mais sustentável. A construção sustentável abre significativas oportunidades em função do crescimento da população e, também, motivado pela procura do bem estar. A construção estimula a urbanização e as atividades de construção representam até 40% do PIB. Portanto, a construção sustentável induz à geração de ambientes mais saudáveis e mais produtivos.

A sustentabilidade do ambiente construído, da indústria da construção e das atividades relacionadas são questões prementes para todos os intervenientes no processo construtivo, a fim de promover o desenvolvimento sustentável do mundo. Os tópicos da conferência abrangem uma ampla gama de questões atuais e as contribuições recebidas pelos participantes refletem a investigação fundamental e as melhores práticas disponíveis no domínio das edificações e das comunidades sustentáveis.

Foram recebidos cerca de 500 resumos, a partir dos quais resultaram em 332 artigos completos submetidos. Após o processo de avaliação, 257 trabalhos foram aprovados para apresentação oral, estando todos publicados em versão completa nos anais do evento.

As contribuições recebidas estão distribuídas pelos seguintes 12 principais temas:

- Inovação e melhoria nos materiais e sistemas de construção sustentáveis (soluções *low e high tech*)
- Soluções de projeto sustentáveis (baixo custo, reutilização, eco eficiência, renovação, regeneração urbana)
- Transferência de conhecimento técnico para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis
- Estratégias e políticas para a sustentabilidade do ambiente construído
- Governança para a sustentabilidade do ambiente construído
- Processos de participação e de empoderamento para a sustentabilidade
- Habitação social e edificações de baixo custo
- Ferramentas de avaliação (análise de ciclo de vida, certificação da sustentabilidade e monitoramento) para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis
- Educação para a sustentabilidade
- Mobilidade urbana e acessibilidade
- Recursos (água e energia) e tratamento de resíduos

Além disso, um número relevante de contribuições foram recebidas para as seguintes 9 Sessões Especiais organizadas por colegas que colaboraram ativamente com a comissão organizadora:

- Arquitetura e construção em terra
- BIM e construção sustentável
- Canteiros sustentáveis
- Padrões espaciais dos ecossistemas urbanos
- Sistema de espaços abertos para um ambiente construído sustentável
- Acústica aplicada a edifícios e ambientes sustentáveis
- Projeto integrado de sistemas de energias renováveis em edifícios
- Habitação, tecnologias e culturas construtivas rurais
- Integração de sistemas solares térmicos em edifícios

Todos os trabalhos selecionados para apresentação na Conferência e publicados nos anais passaram por um processo de revisão por especialistas e foram avaliados por, no mínimo, dois avaliadores.

Os organizadores agradecem a todos os autores que contribuíram com artigos para publicação destes anais; a todos os avaliadores, cujos esforços e trabalho árduo garantiram a alta qualidade das contribuições para esta conferência; e aos organizadores das sessões especiais que ajudaram a promover alguns temas específicos de grande relevância para a sustentabilidade do ambiente construído.

A Comissão Organizadora

Andrea Naguissa Yuba – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Cristina Engel de Alvarez – Universidade Federal do Espírito Santo

Luis Bragança – Universidade do Minho

PREFÁCIO

El Euro-ELECS 2015 es la primera conferencia latinoamericana y europea en edificios y comunidades sostenibles. Este evento internacional es organizado por UMinho, UFMS, UFES, ANTAC y iISBE PT, en Guimarães, Portugal de 21 al 23 de Julio de 2015.

El evento es la evolución de varios ELECS anteriores (Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis) que se inició en 1997 y con sucesivas ediciones realizadas a cada dos años a partir de 2001.

El Euro-ELECS 2015 es un evento científico innovador cuyo tema es "Conectando Personas e Ideas" y tiene por objetivo llenar el vacío existente entre el ámbito académico, la sociedad, la teoría y la práctica, haciendo la vinculación entre los países europeos y de América Latina. La conferencia se centró en los temas de Edificios Sustentables, los Barrios Sustentables y las contribuciones para lograr estos objetivos.

El sector de la construcción utiliza, a nivel mundial, alrededor del 40% de energía, el 25% de agua, 40% de los recursos naturales y emite aproximadamente 1/3 de los gases de efecto invernadero (el mayor contribuyente). Edificios residenciales y comerciales consumen alrededor del 60% de la electricidad mundial. Los edificios existentes, por presentaren bajos niveles de desempeño, ofrecen oportunidades de reducción significativa del consumo de energía. El consumo de energía en los edificios puede ser reducido de 30 a 80% utilizando tecnologías probadas y disponibles comercialmente. La inversión en eficiencia energética puede representar ahorros directos e indirectos, que ayudan a compensar los costos incrementales, proporcionando un corto periodo de recuperación de la inversión. En paralelo, los edificios ofrecen un gran potencial para lograr reducciones significativas de las emisiones de gases de efecto invernadero a un costo menor, tanto en los países desarrollados y en desarrollo.

Por otra parte, además de la energía, existen más cuestiones relacionadas con la sostenibilidad del ambiente construido. El sector de la construcción es responsable en crear, modificar y mejorar el ambiente para la humanidad. La construcción y los edificios ocasionan impactos ambientales considerables, consumiendo una parte significativa de los recursos limitados del planeta, incluso en este contexto, las materias prima, el agua, la tierra y también la energía. El sector de la construcción se estima en 10% del PIB mundial (5,5 millones de euros) y emplea 111 millones de personas. Sin embargo, en los países en desarrollo, parte de la gran cantidad de empleos generados no implica necesariamente el trabajo digno y con calidad de vida, pues como el empleo informal y/o puestos de trabajo degradantes son numerosos en la construcción civil. Además, muchas personas siguen siendo excluidas, económica y socialmente, viviendo en habitaciones informales en zonas urbanas sin planificación.

El sector de la construcción tiene la responsabilidad de contribuir para el desarrollo sostenible y, consecuentemente, ayudar a disminuir la desigualdad, el hambre y las enfermedades. Estas cuestiones no son nuevas, pero la situación no ha cambiado mucho en las últimas décadas, aún siendo un desafío direccionar la riqueza cultural y ambiental de estos países para un escenario más sostenible. La construcción sostenible abre significativas oportunidades por el crecimiento de la población y, también, motivado por la búsqueda del bienestar. La construcción estimula la urbanización y las actividades de construcción representan hasta 40% del PIB. Así, la construcción sostenible induce a la generación de ambientes más saludables y más productivos.

La sostenibilidad del ambiente construido, de la industria de la construcción y de las actividades relacionadas son cuestiones urgentes para todos los interesados en el proceso de construcción, con el fin de promover el desarrollo sostenible del mundo.

Los temas de la conferencia abarcan una amplia gama de temas de actualidad y las contribuciones recibidas de los participantes reflejan la investigación fundamental y las mejores prácticas disponibles en el ámbito de los edificios y comunidades sostenibles.

Fueron recibidos 500 resúmenes, que resultaron en 332 artículos completos sometidos. Después del proceso de evaluación, 230 trabajos fueron aprobados para presentación oral, con todos estos publicados en su versión completa en las actas del evento.

Las contribuciones recibidas se distribuyen por los siguientes 12 temas principales:

- Innovación y mejoría en los materiales y sistemas de construcción sostenibles (soluciones low y high tech)
- Soluciones de proyectos sostenibles (bajo costo, reutilización, eco-eficiencia, renovación, regeneración urbana)
- Gestión y tecnología de construcción sostenible
- Transferencia de conocimientos técnicos para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles
- Edificios de balance energético casi nulo
- Estrategias y políticas para la sostenibilidad del ambiente construido
- Gobernanza para la sostenibilidad del ambiente construido
- Procesos de participación y de empoderamiento para la sostenibilidad
- Habitación social y edificación de bajo costo
- Herramientas de evaluación (análisis del ciclo de vida, certificación de sostenibilidad y monitoreo) para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles
- Educación para la sostenibilidad
- Movilidad urbana y accesibilidad
- Agricultura / producción de alimentos urbana
- Recursos (agua y energía) y gestión de los residuos

Además, se ha recibido un número significativo de contribuciones para las siguientes 9 Sesiones Especiales organizados por colegas que colaboraron activamente con el comité organizador:

- Arquitectura y construcción en tierra
- BIM y construcción sostenible
- Sitios de construcción sostenibles
- Patrones espaciales de los ecosistemas urbanos
- Sistema de espacios abiertos para un ambiente construido sostenible
- Acústica aplicada a edificios y ambientes sostenibles
- Diseño integrado de sistemas de energías renovables en edificios
- Viviendas rurales, tecnologías y culturas de construcción
- Integración de sistemas solares térmicos en edificios

Todos los trabajos seleccionados para su presentación en la Conferencia y publicados en las actas pasaron por un proceso de revisión por especialistas y fueron evaluados por al menos dos revisores.

Los organizadores agradecen a todos los autores que contribuyeron con artículos para la publicación de este libro de actas; a todos los evaluadores, cuyos esfuerzos y trabajo arduo aseguraron la alta calidad de las contribuciones a esta conferencia; y a los organizadores de las sesiones especiales que ayudaron a promover algunos temas específicos de gran relevancia para la sostenibilidad del ambiente construido.

El Comité Organizador

Andrea Naguissa Yuba – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Cristina Engel de Alvarez – Universidade Federal do Espírito Santo

Luis Bragança – Universidade do Minho

Scientific Committee / Comité Científico / Comité Científico

Akemi Ino	Aloísio Leoni Schmid	Andrea Moro
Andrea Naguissa Yuba	Carlos Pina dos Santos	Carlos Torres Formoso
Catarina Brandão Araújo	Charles Kibert	Christian Wetzel
Cristina Engel de Alvarez	Curt Garrigan	Dimitrios Bikas
Dinara Paixão	Dorota Chwieduk	Dóris Kowaltowski
Edna Nico Rodrigues	Eduardo Maldonado	Emilio Mitre
Eneida Maria Souza Mendonça	Ercília Hitomi Hirota	Frank Schultmann
François Baillon	Helena Gervásio	Helenice Sacht
Hipólito de Sousa	Holmer Savastano Junior	Irina Tumini
Joana Bonifácio Andrade	Jorge Patricio	Jorge de Brito
José Amarilio Barbosa	José Neto	João Luis Calmon Gama
Liza Maria Souza de Andrade	Luisa Cabeza	Luís Bragança
Luís Simões da Silva	Manuel Pinheiro	Manuela Almeida
Maria do Carmo Duarte Freitas	Mat Santamouris	Miguel Aloysio Sattler
Márcia Bissoli Dalvi	Mônica Santos Salgado	Nelson Porto Ribeiro
Nils Larsson	Obede Borges Faria	Paulo Vargas
Petr Hajek	Raymond Cole	Ricardo Mateus
Rodolfo Rotondaro	Rodrigo Garcia Alvarado	Ronald Rovers
Said Jalali	Sandra Silva	Sergio Fernando Tavares
Sheyla Mara Baptista Serra	Silva Afonso	Soteris Kalogirou
Sylviane Nibel	Teresa Barbosa	Thomas Luetzkendorf
Tom Woolley	Tove Malmqvist	Vanessa Gomes da Silva
Wim Bakens		



Contents / Índice / Índice

Foreword / Prefácio / Prefácio

Andrea Naguissa, Yuba Cristina Engel, Luis Bragança

Volume 1

Chapter 1: Sustainable design solutions (low cost, reuse, eco efficiency, renovation, retrofitting, urban renovation)

Capítulo 1: Soluções de projeto sustentáveis (baixo custo, reutilização, eco eficiência, renovação, regeneração urbana)

Capítulo 1: Soluciones de proyectos sostenibles (bajo costo, reutilización, eco-eficiencia, renovación, regeneración urbana)

How can sustainability assessment systems for urban development support a housing improvement district? 3

Thomas Lützkendorf

Embodied energy in green roofing – case study in southern Brazil 7

Giane Grigoletti, Marcos Pereira

Construction site processes: sustainable management and participation 15

Francesca Muzzillo, Antonella Violano, Monica Cannaviello, Fosca Tortorelli, Lucia Melchior

The connection of open spaces to improve the urban contexts environmental 25

Raffaella Martino, Rossella Franchino, Caterina Frettoloso

Resilience Thinking: the next tread of Sustainable Regeneration Strategies? 33

Duarte Nunes, Ana Tomé, Manuel Pinheiro

A case study of zero energy building: How to achieve the best performance 43

Francisco García, María Díaz

Fuseta's vaulted houses. A Thermal Performance Study 53

Mafalda Pacheco, Ana Tomé, Maria Gomes

Methodology for thermal performance resilience assessment of buildings in a changing climate – a case study from Lisbon 63

Ricardo Barbosa, Rui Santos, Romeu Vicente

The recovery sustainable urban water systems management and Green Roofs - Widespread conversion of impervious surfaces existing greened surfaces in urban areas 73

Gioia Clementella, Emanuele Habib, Carlo Cecere

A composite assessment tool of both deficiencies and potential transformation for Italian Council Housing <i>Lorenzo Diana, Carlo Cecere</i>	83
An integrated approach to the residential mega-structures retrofitting. <i>Lorenzo Diana, Simona Vasinton, Carlo Cecere</i>	89
Parametric analysis of the impact of windows on energy needs of buildings with Energy Passive House Standard <i>Meri Cvetkovska, Strahinja Trpevski, Andrej Andreev, Ana Gavriloska, Marijana Lazarevska</i>	99
Use of recycled aggregates from construction and demolition wastes in the production of structural concrete <i>Rui Silva, Jorge de Brito</i>	107
O Turismo Regional como fator de Resiliência Urbana <i>Deize Ximenes</i>	117
Parque Linear às Margens de Rios: Elemento de Regeneração Urbana e Apropriação do Espaço Público <i>Felipe Oliveira, Deize Ximenes</i>	127
Redesenho da garrafa tipo PET para utilização na construção civil <i>José Dibo, Pedro Mattia</i>	137
Mampuestos producidos con residuos del desmote del algodón <i>Hugo Muñoz, Joao Ferreyra, Carlos Defagot, Rubén Grether, Ariel González, María Carrasco</i>	145
Análise de custo de concretos asfálticos produzidos com agregado reciclado de concreto <i>Adriana Lobo, Janaína Motter, Leonardo Miranda</i>	155
Avaliação de sustentabilidade na urbanização de favelas: soluções de desenho e gestão <i>Laura Bueno, Caroline Pera, Estela Almeida</i>	163
Inovações tecnológicas na taipa contemporânea <i>Rosana Parisi, Raymundo Rodrigues, Glacir Fricke</i>	173
Estudo de Caso de 3 Paredes Verdes em Brasília – DF / Brazil: análise fitogeográfica e morfológica <i>Pedro Sorte, Caio Silva, Marta Romero</i>	183

Particularidades climáticas del Ecuador y su influencia en el confort de las edificaciones. El caso de la localidad de Guayaquil <i>Raúl Gulá, Verónica Criollo, José Castillo, Ana Báez, Ana Rivero, Justo Navarro</i>	189
Análise de variáveis térmicas ambientais nos Módulos Antárticos Emergenciais <i>Wagner Martins, Cristina Alvarez</i>	199
Identificação do Padrão de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, Públicas e de Serviços em Cidade Média da Zona Bioclimática 2, Brasil <i>Rosa Kalil, Rodrigo Fritsch, Eduardo Cunha, Jaqueline Peglow, Adriana Gelpi</i>	209
Investigação da relação do consumo de materiais, energia incorporada e emissões de CO2 com a compacidade de projetos de empreendimentos de habitação de interesse social <i>Renata Postay, Andrea Kern, Mauricio Mancio, Eduardo Schneck</i>	217
Avaliação Térmica de Casa Popular Eficiente no Período de Verão <i>Joaquim Santos, Marcos Vagheti, Roberta Soares, Andressa Schley, Liége Garlet, Rayner Machado</i>	227
A correlação entre variáveis climáticas em diferentes configurações urbanas <i>Fabiana Silva, Cristina Alvarez</i>	237
O impacto da distribuição de vegetação no microclima de ambientes urbanos <i>Brenda Silva, Tatiana Xavier, Fabiana Silva, Cristina Alvarez</i>	247
A identidade visual nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade - estudo de caso: ISMAS <i>Gleica Bortolini, Márcia Bissoli-Dalvi, Cristina Alvarez</i>	257
Um hotel na antártica: o turismo como instrumento para a preservação ambiental <i>Marina Tomé, Cristina Alvarez, Paulo Vargas</i>	267
Design de Interiores para a Sustentabilidade: uma vivência de ensino e extensão universitária na ambientação das salas de aula da EMEI Chapeuzinho Vermelho <i>Adriana Silva, Gustavo Cossio</i>	277
Emprego dos Resíduos de Processamento de Ágatas em Argamassas na Construção Civil <i>Rodrigo Silva, Jocenir Boita, Daiane Folle, Ana Melo, Ana Kirchheim</i>	285
Metodología para la evaluación de la sostenibilidad de proyectos vis mediante indicadores de línea base para las comunas 6 y 8 de la ciudad de Medellín <i>Alejandra Quintero, Gloria Peláez, Diana Valencia, Ader García, Enrique Vanegas, Johnny Vega</i>	291

Conforto acústico em quartos de internação: Efeitos na saúde de seus usuários <i>Fernanda Andrade</i>	301
Análise Comparativa de Blocos de Concreto Produzidos na Cidade de VIÇOSA/MG <i>Gabriel Viana, Larissa Negrís, Maristela Siolari, Charles Silva</i>	309
Creatividad Sustentable: Simulación Ambiental en el Diseño Inicial de Viviendas <i>Rodrigo Alvarado, Cristián Viveros, Gerth Wandersleben, Esteban Zalamea</i>	319
Chapter 2: Innovation and improvement of sustainable construction materials or systems (low and high tech solutions)	
Capítulo 2: Inovação e melhoria nos materiais e sistemas de construção sustentáveis (soluções low e high tech)	
Capítulo 2: Innovación y mejoría en los materiales y sistemas de construcción sostenibles (soluciones low y high tech)	
Advanced Concrete Technology for Sustainable Building <i>Petr Hajek, Ctislav Fiala, Magdalena Novotna</i>	329
Rubber crumb used in concrete to provide freeze-thaw protection <i>Alan Richardson, Kathryn Coventry, Eli Dias</i>	337
Impact resistance of concrete - Using slit rubber from tyres <i>Kathryn Coventry, Alan Richardson, Jamie Rogers</i>	347
Study of Natural Ventilation for a Modular Façade System in Wind Tunnel Tests <i>Helenice Sacht, Luís Bragança, Manuela Almeida, Rosana Caram</i>	355
Evaluation of the Influence of Early Age Shrinkage on the Control of Mortar Cracking <i>Ribeiro</i> <i>Matthias Eckert, Miguel Oliveira, A. Bettencourt Ribeiro</i>	363
Customized sandwich panels for the rehabilitation of the built patrimony <i>Pedro Costa, Joaquim Barros</i>	373
Iluminação de escritórios: considerações sobre o uso do LED <i>Mariangela Moura, Ana Motta</i>	383
Calor de hidratação de pastas com resíduo de gesso em três ciclos de reciclagem <i>Andréa Ribeiro, Luis Mesquita, Yêda Póvoas</i>	391
Utilização do “bambusa vulgaris” como entramado na taipa visando construções sustentáveis <i>Sandro César, Rita Cunha, Deir Silva</i>	401

Arquivos climáticos com dados horários de irradiância para estudos de degradação de fachada	411
<i>Vanda Zanoni, José Sánchez, Elton Bauer, Cláudia Amorim</i>	
Análise da energia embutida na readequação de coberturas: estudo de caso nas escolas públicas do estado do paraná	421
<i>Sérgio Tavares, Isaura Uhmman, Adriane Savi</i>	
Avalia�o de parâmetros geotécnicos de um solo reforçado com resíduos da constru�o civil e fibras para uso em pavimenta�o	429
<i>Th�sia Macedo, Kalinny Lafayette, Alexandre Gusmão, Jonas Silva</i>	
A revolu�o da nanotecnologia na constru�o de painéis solares fotovoltaicos de alto desempenho	437
<i>Ant�nio Ferreira, Fernando Mainier, Carlos Soares, Orlando Longo</i>	
Sustentabilidade em lajes alveolares protendidas	445
<i>Romão Direitinho, Sheyla Serra, Marcelo Ferreira</i>	
Avalia�o do Conceito de Desenvolvimento Sustentável em Agregados Artificiais	455
<i>Claudia Coura, Teresa Barbosa</i>	
Concreto com o uso conjunto de dois resíduos: ACBC e o RCC	465
<i>Juliana Moretti, Almir Sales, Fernando Almeida, Pedro Gromboni, Mariana Rezende</i>	
Design e produ�o de protótipos de componentes pré-fabricados elaborados com materiais de base florestal	475
<i>João Santos, Tomás Barata, Marco Pereira</i>	
Desenvolvimento de Produto: Pesquisa para Proposi�o de Produto com Características Sustentáveis	485
<i>Marcos Borges, Amanda Pereira, Eduardo Castro</i>	
Painéis de vedaq�o em bambu: projeto, processo construtivo e patologias.	495
<i>Marco Pereira, Tomás Barata</i>	
Atributos de compósitos termoplásticos com detritos plásticos e vegetais	503
<i>Bernardo Dias, João Calmon, Cristina Alvarez</i>	
Análise do Ciclo de Vida da envoltória da Estaq�o Antártica Comandante Ferraz	513
<i>Thalles Reis, Cristina Alvarez</i>	
Materiais compósitos com incorpora�o de cânhamo industrial	523
<i>Elisabete Araújo, Rute Eires</i>	

Contribuição para avaliação da influência da granulometria de agregados reciclados em estruturas de contenção do tipo solo reforçado a partir do ensaio do arrancamento de pequeno porte	531
<i>José Marques, Heloisa Campos, Lígia Real, Talita Soares, Débora Tomaselli, Leonardo Miranda</i>	
Caracterização de Fachadas Duplas Ventiladas como Envolvente de Edifícios	541
<i>Erika Guimarães, Elaine Vazquez, Luís Bragança</i>	
A evolução da janela e sua interferência em ambiente de edificações multifamiliares	551
<i>Edna Nico-Rodrigues, Cristina Alvarez, Maria Piderit, Artur Rodrigues</i>	
Materiais de isolamento térmico de edifícios. Para além da energia operacional	561
<i>Carlos Augusto, Luís Bragança, Manuela Almeida</i>	
Fabricação artesanal de briquetes utilizando resíduos de jornal e serragem de madeira	571
<i>Marcela Ferreira, Adeildo Silva</i>	
Utilização de resíduos de pneus em argamassa para revestimento	581
<i>Daiana Arnold, Adriana Silva, Alexandre Silva, Adair Kaiser, Janaina Rosa</i>	
Comparação de Propriedades de Argamassas Dosadas com Areia Natural e Resíduos do Beneficiamento de Rochas Ornamentais	589
<i>Farah Silva, Felisbela Oliveira, Arnaldo Carneiro</i>	
Chapter 3: Integrated design of renewable energy systems in buildings	
Capítulo 3: Projeto integrado de sistemas de energias renováveis em edifícios	
Capítulo 3: Diseño integrado de sistemas de energías renovables en edificios	
Old buildings, new cities: Analysis of Brussels' Leopold quarter building typologies as a driver to identify optimal retrofitting strategies	601
<i>Aránzazu González, Consolación Román, Philippe Bouillard, Sophie Trachte, Arnaud Evrard</i>	
Comportamento do software Ecotect comparado ao software EnergyPlus	611
<i>Juliana José, Marcos Borges, Eduardo Castro</i>	
Assessing the energy saving potential of semi-transparent photovoltaic elements for building integration	621
<i>Lorenzo Olivieri, Estefanía Martín, Francisco Vázquez, Nuria Chivelet, Francesca Olivieri, Javier Neila</i>	
Equipment and systems in energy-efficient homes for the Center-South of Chile	631
<i>Flavio D'Amico, Ernesto Valiente, Rodrigo Alvarado, Maureen Kelly, Olavo Escorcía</i>	

Potencial Solar Activo en Techumbres de Viviendas Inmobiliarias. <i>Esteban Zalamea, Rodrigo García, Lorena Troncoso</i>	639
Energy savings technologies for a non-residential NZEB in Medi-terranean climate <i>Annamaria Buonomano, Umberto Montanaro, Adolfo Palombo, Maria Vicidomini</i>	649
Chapter 4: Building Integrated Solar Thermal Systems	
Capítulo 4: Sistemas Solares Térmicos Integrados em Edifícios	
Capítulo 4: Sistema solares térmicos integrados en los Edificios	
Building Integrated Solar Thermal Systems <i>Soteris Kalogirou</i>	661
Evaluation of the environmental profile of a building-integrated solar thermal collector, based on multiple life-cycle impact assessment methodologies <i>Chrysovalantou Lamnatou, Gilles Notton, Daniel Chemisana, Christian Cristofari</i>	669
Consideration of Certain Health Issues Related to Solar Hot Water Systems <i>Nikola Z. Furundzic, Dijana P. Furundzic, Aleksandra Krstic-Furundzic</i>	679
The energy requirements by the ventilation system in housing. A review of the Polish legislation and standards <i>Hanna Jędrzejuk, Artur Rusowicz, Dorota Chwieduk, Andrzej Grzebielec, Maciej Jaworski</i>	687
Investigation of Sun Protection Issues of Building Envelopes via Active Energy Production Systems <i>Constantinos Vassiliades, Andreas Savvides, Aimilios Michael</i>	697
Economic aspect of solar thermal collectors' integration into facade of multifamily residential building <i>Tatjana Kosic, Aleksandra Krstić-Furundzic, Marija Grujic</i>	707
Towards the effective solar energy use in buildings in lithuania <i>Rokas Tamašauskas, Rosita Norvaišienė</i>	717

Volume 2**Chapter 5: Earth architecture and construction****Capítulo 5: Arquitetura e Construção em Terra****Capítulo 5: Arquitectura y Construcción en la Tierra**

Enseñanza-aprendizaje de la edificación con tierra en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México <i>Luis Guerrero, Francisco Soria</i>	729
Comportamiento Térmico de un Módulo Experimental Construido con Tierra Vertida Compactada en la Ciudad de México <i>Luis Guerrero, Francisco Soria, José Roberto García, Francisco Fernández</i>	739
Proposta de método de ensaio para determinação do módulo de deformação de adobes <i>Obede Faria, Célia Neves, Eduardo Pinto</i>	747
O conforto da habitação de terra <i>Leonardo Maia</i>	757
Yo puedo construir un aula de tierra <i>Ariel González, Maria Lazzarini</i>	767
Preceitos de sustentabilidade utilizados em parque ecológico em Minas Gerais, Brasil <i>Regina Mattaraia, Wilza Lopes, Karenina Matos</i>	775
Earthen construction opportunities after the new Brazilian building performance standard <i>Ana Villaça</i>	785
Tradition and Continuity-Towards an Authentic Earth Architecture in Jericho <i>Mohammad Rujoub, Luís Bragança, Nelson Ribeiro, Rute Eires</i>	793
Procedimentos expeditos para medição in loco de patologias de paredes de taipa <i>Ana Veraldo, Andrea Yuba, Ana Milani</i>	803
Tsuchikabe e o Protagonismo do Trabalhador <i>Bianca Joaquim, Akemi Hijioka, Akemi Ino</i>	813

Chapter 6: Rural housing, technologies and building cultures

Capítulo 6: Construção rural, cultura e tecnologias de edifícios

Capítulo 6: Construcción rural, tecnologías e cultura de la construcción

Apresentação de um Modelo de Apoio à Gestão de Projetos no Contexto da Construção Sustentável <i>Daniel Reis, Andreia Martins, José Sousa, Márcio Fabrício</i>	825
Mutirão x organicidade: a construção coletiva dos habitats dos assentamentos do MST <i>Cecília Medeiros, Amadja Borges</i>	835
O processo de conquista da moradia a partir de duas comunidades rurais brasileiras <i>Táisa Brosler, Sonia Bergamasco</i>	843
Tipologias de habitats de assentamentos do MST em São Paulo e no Rio Grande do Norte <i>Amadja Borges</i>	853
Possibilidades de apropriação do habitat em assentamentos rurais no Brasil <i>Amadja Borges, Cecília Medeiros, Márcia Oliveira, Sarah Andrade</i>	863
A cultura construtiva da Serra do Caparaó no Espírito Santo, Brasil: técnica tradicional e eco eficiência. <i>Nelson Ribeiro, Aline Silveira</i>	873
Lições aprendidas com as construções em ambientes remotos: aplicação à realidade urbana <i>Carolina Rocon, Ricardo Maioli, Cristina Alvarez</i>	883
Sobre a provisão e a produção de habitações em assentamentos rurais: o caso do projeto Inovarural (Itapeva/SP) <i>Rodolfo Sertori, Akemi Ino</i>	893
Moradias Sobredimensionadas dos anos 70-90 na periferia de Braga: Processo de transformação <i>Michael Loureiro, Ricardo Mateus</i>	903
Tradição em Continuidade: monitorização das estratégias bioclimáticas das Quintas no Nordeste Transmontano <i>Joana Gonçalves, Ricardo Mateus, Teresa Ferreira</i>	913
The influence of the Palestinian sociocultural values in shaping the vernacular architecture of Nablus city <i>Fajr Tawayha, Luís Bragança, Ricardo Mateus</i>	923

Chapter 7: Acoustics applied to buildings and sustainable environments

Capítulo 7: Acústica aplicada a edifícios e ambientes sustentáveis

Capítulo7: Acústica aplicada a edificios y entornos sostenibles

Avaliação de Propriedades Acústicas da “Casa Popular Eficiente” <i>Jamile Rossi, Anderson Ongaro, Marco Pinheiro, Marcos Vaghetti, Dinara Paixão</i>	933
Critérios e metodologias para limitação de vibrações, em edifícios, provenientes de vias férreas <i>Jorge Patrício, Fernando Azevedo</i>	943
Mapeamento acústico das denúncias de poluição sonora em Natal-RN <i>Luciana Alves, Débora Pinto, Virgínia Araújo, Bianca Araújo</i>	951
Impacto sonoro decorrente de alterações na legislação urbana - o PEU das vargens, rio de janeiro <i>Lygia Niemeyer</i>	959
Metodologia para avaliação acústica de espaços livres (Parque do Aterro do Flamengo, RJ) <i>Lygia Niemeyer, Marina Cortês, Felipe Aguiar, Maria Chaves</i>	969
Caracterização acústica de espécies verdes através da determinação da absorção sonora <i>Claudia Gaida, Larissa Tamiosso, Dinara Paixão</i>	979
Desempenho acústico: uma avaliação em campo e laboratório de vedações verticais e horizontais <i>Otávio Júnior, José Silva, Marco Pinheiro</i>	987
La incorporación de la variable acústica en la gestión ambiental <i>Alice González, Marcos Lisboa, Pablo Kovar, Nicolás Tizze</i>	997
Planejamento para Elaboração de um Mapa acústico no Município de Frederico Westphalen <i>Alessandro Alves, Claudia Gaida, Cristhian Brum, Angélica Baggiotto, Joani Covalesski</i>	1007
Análise dos Estudos de Impacto de Vizinhança na área de emissões sonoras no município de Frederico Westphalen <i>Alessandro Alves, Claudia Gaida, Cristhian Brum, Giovana Pavan</i>	1017
Ruído proveniente da construção civil: estudo de caso em obras em desenvolvimento na cidade de Frederico Westphalen-RS <i>Alessandro Alves, Claudia Gaida, Cristhian Brum, Leonardo Romitti</i>	1027

Chapter 8: Resources (water and energy) and residues management

Capítulo 8: Recursos (água e energia) e tratamento de resíduos

Capítulo 8: Recursos (agua y energía) y gestión de los residuos

Urban forestry residues management in small towns of São Paulo, Brazil <i>Adriana Nolasco, Mariana Cerca</i>	1039
Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios da Bacia Hidrográfica do PCJ, São Paulo, Brasil <i>Adriana Nolasco, Aline Meneses</i>	1047
Recarga de águas subterrâneas com trincheira de infiltração <i>Alfredo Júnior, Luciene Silva, Melissa Graciosa, Eduardo Mendiondo</i>	1055
Captação de águas pluviais em habitações de interesse social na região metropolitana do Recife <i>Amanda Figueiredo, Simone Silva</i>	1065
Sustentabilidade dos pontos de recebimento de resíduos sólidos na cidade do Recife <i>Alexandre de Lima, Camila Rodrigues, Daniela Albuquerque, Kalinny Lafayette</i>	1075
Plastificantes: efectos en morteros de albañilería con árido fino reciclado <i>Gloria Moyano, María Morales, Ignacio Palacios, Ignacio Espinosa, Montserrat Toro</i>	1085
Um método multiobjetivo para posicionamento otimizado de novos reservatórios hídricos com volume preestabelecido <i>José Sousa, Bruna Lima</i>	1095
Planejamento energético em ambientes extremos: uma experiência Antártica <i>Tiago Christo, Jussara Fardin, Domingos Simonetti, Cristina Alvarez</i>	1105
Áreas potenciais para produção de alimento no espaço urbano público: estudo de caso no município de São Carlos, SP/Brasil <i>Gustavo Scarpinella, Ricardo Silva, Sabrina Viana, Daniel Caiche</i>	1115
A web-based tool for the Construction and Demolition Waste (CDW) Management on sites <i>Diogo Paz, Kalinny Lafayette, Yêda Tavares</i>	1125
Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações Unifamiliares: Funcionamento Hidráulico de um Sistema de Drenagem Sifónica <i>Ana Silva, Manuela Lima, António Curado</i>	1133

Selecting strategies for the water saving in social housing by means of an analytic hierarchy method <i>Léa Silva, Ricardo Gonçalves, Luana Moreira</i>	1143
Avaliação das condições ótimas de viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão <i>Thiago Franci, Ricardo Gonçalves</i>	1153
Wood Waste Generation of Wooden-Houses Manufacturers in the Brazilian State of Santa Catarina <i>Victor Araujo, José Garcia, Maristela Gava, Juliana Cortez-Barbosa Antonio Savi, Elen Morales, Juliano Vasconcelos</i>	1161
Indicadores de “Hidricidade” como ferramenta de avaliação da eficiência urbana <i>Giovana Ulian, Manuela Lima, Ivan Cartes</i>	1169
Estimativa do Consumo e Considerações Sobre Uso Racional de Água em Edificação em Campus Universitário <i>Karinnie Almeida, Jessica Silva, Maristela Silva, Vanessa Silva</i>	1179
Diretrizes para Elaboração do Projeto Logístico de Gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) em Canteiros de Obras <i>Adriano Bosetti, José Neto</i>	1187
Gestão da água em edificações através do aproveitamento de condensação do sistema de ar-condicionado: um exemplo em Vitória, Brasil <i>Celso Bastos, Sérgio Túlio, Ricardo Franci</i>	1197
Um Estudo do Planejamento do Fluxo de Materiais utilizando o Simulador STELLA <i>Phelipe Ruiz, Patricia Fontanini, Lia Pimentel, Ana Jacintho</i>	1203
Processo de Gestão de Planejamento Sustentável na Construção Civil a partir da aplicação do Last Planner e Gestão de Resíduo da Construção <i>Paula Claro, Patricia Fontanini, Lia Pimentel, Ana Jacintho</i>	1213
A medição individual de água como incentivo à sustentabilidade em áreas urbanas <i>Micaella Moura, Simone Rosa, Filipa Malafaya</i>	1223
 Chapter 9: Sustainable building technology and management	
Capítulo 9: Gestão e tecnologias de construções sustentáveis	
Capítulo 9: Gestión y tecnología de construcción sostenible	
Sistemas de Certificação Ambiental de Edificações habitacionais e possibilidades de aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida <i>Poliana Cardoso, Javier Pablos</i>	1233

Assessment of existing building to intelligent and sustainable building – a case study in a university laboratory in São Paulo, Brazil <i>Carolina Miceli, Patricia Fontanini, Rosa Lintz, Lia Pimentel, Ana Jacintho</i>	1243
Microgeração Renovável no Contexto de Edificações Verdes no Brasil <i>Mauro Berni, Jane Tassinari, Paulo Manduca</i>	1251
Estudo comparativo entre as normas ISO 21931:2010, NBR 15575 e os requisitos das Certificações AQUA e LEED <i>Maria Costa, Manuela Almeida, Rita Cunha, Sandro Cesar</i>	1261
Analysis of Portuguese Residential Buildings’ Needs and Proposed Solutions <i>Erika Guimarães, Luis Bragança, Manuela Almeida, Ricardo Mateus</i>	1271
Emissões De CO2 na Construção Civil Brasileira (Estudo de caso no setor residencial) <i>Sérgio Tavares, Eloise de Oliveira, Carla Monich, Adriane Savi</i>	1281
Aplicação de critérios sustentáveis em uma obra pública do nordeste do brasil <i>Geórgia Jereissati, Maria Beinichis, Alexandre Bertini</i>	1289
 Chapter 10: Assessment tools (life cycle analysis, rating tools and monitoring) for sustainable materials, buildings, neighborhoods and building sector	
Capítulo 10: Ferramentas de avaliação (análise de ciclo de vida, certificação da sustentabilidade e monitorização) para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis	
Capítulo 10: Herramientas de evaluación (análisis del ciclo de vida, certificación de sostenibilidad y monitoreo) para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles	
Practice and knowledge of Flemish architects on sustainable material use <i>Elke Meex, Griet Verbeeck</i>	1299
Development of a Sustainability Assessment Methodology for Service Buildings in Turkey <i>Ceren Abacioğlu, José Barbosa, Müjde Altın, Luís Bragança</i>	1309
Monitoramento da Poluição Atmosférica Oriunda do Tráfego Veicular no Município de Passo Fundo <i>Denise Daris, Eduardo Meng, Luciana Brandli, Francisco Rosa, Julius Schwanz</i>	1319
Energia incorporada de sistemas de vedação de habitações na fase de desconstrução: estudo de caso para o DF, Brasil <i>Gilson Pedroso, Rosa Sposto</i>	1327

Avaliação da sustentabilidade ambiental de edificações públicas sob o foco do sistema de certificação LEED <i>Roberto Silva, Eloy Casagrande Jr., Adriana Santos</i>	1337
Study of the of the concept of community buildings and its importance for Land Use Efficiency <i>José Barbosa, Catarina Araújo, Luís Bragança, Ricardo Mateus</i>	1347
Análise e diagnóstico da ecoeficiência do Museu Zoobotânico Augusto Ruschi <i>Marcos Frandoloso, Luciana Brandli, Ana Scheffer, Bruna Stürmer, Deividly Morello, Evelise Both, Franciele Basso</i>	1355
Using performance indicators to evaluate concrete structures sustainability <i>Flávia Oliveira, Marcella Saade, Vanessa Gomes, Maristela Silva</i>	1365
Energia e emissões incorporadas nos estágios de produto e construção de edificações: aplicação a casos brasileiros <i>Maristela Silva, Marcella Saade, Larissa Miranda, Karine Klippel, Clara Dias, Flávia Oliveira, Vanessa Silva</i>	1375
Avaliação da acessibilidade em edifícios públicos em Brasília <i>Chenia Figueiredo, Andrezza Mendes</i>	1385
Análise do Ciclo de Vida dos Materiais (ACV) em busca de maior Sustentabilidade na Construção Civil Brasileira <i>Bruna Matos, Teresa Barbosa, Maria Hippert</i>	1393
Impacto da distância e tipo de transporte de materiais nas emissões de CO2 na construção de um empreendimento habitacional de interesse social <i>Marcos Godinho, Eduardo Schneck, Andrea Kern, Mauricio Mancio, Marco González, Josiane Pires</i>	1401
Análise do consumo de água e energia em prédio comercial com certificação ambiental LEED <i>Cibele Antonioli, Andrea Kern, Paulo Wander, Julia Herrmann, Carla Oliveira</i>	1411
Estratégia para a incorporação de impactes ambientais, sociais e económicos específicos num método de Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Saúde (HBSA) <i>Fátima Castro, Ricardo Mateus, Luís Bragança</i>	1421
Desempenho Económico de Edifícios: Desenvolvimento de Metodologia Avaliação Segundo a prEN 16627:2013 <i>Domingos Ribas, Miguel Morais, Paulo Cachim</i>	1431

Analysis and selection of indicators for a sustainability assessment method for school buildings based on SBTool - PT <i>Tatiana Saraiva, Manuela Almeida, Luís Bragança</i>	1441
Análise do Ciclo de Vida (ACV) do sistema de vedação vertical <i>Quarter log</i> <i>Thalles Reis, Cristina Alvarez, Emanuella Altoé</i>	1449
Ejemplo de una aplicación del Análisis de Ciclo de Vida a dos Materiales de Construcción en Uruguay <i>Marcela Silva, Carola Bianco, Alicia Mimbacas, Virginia Casañas</i>	1459
Complementos importantes para evaluar la sostenibilidad de la arquitectura hoy <i>Raúl Gulá</i>	1469
Sustainability assessment of biotic building solutions in Netherlands <i>Tyler Cain, Ronal Rovers, Luís Bragança</i>	1479
Chapter 11: BIM and sustainable construction	
Capítulo 11: BIM e a construção sustentável	
Capítulo 11: BIM y la construcción sostenible	
Análise ambiental da envoltória do edifício: Diálogo com o Sistema BIM <i>Aline Marques, Leopoldo Bastos, Frédéric Bonneaud</i>	1491
Desenvolvimento de projetos sustentáveis usando a plataforma BIM: estudo de caso na Cidade do Rio de Janeiro <i>Mônica Salgado, Marco Cunha, Técia Duarte</i>	1501
Modelagem, sustentabilidade e desempenho: BIM e a qualidade da construção <i>Fernanda Coelho, Mônica Salgado, Marcos Silvano</i>	1511
Integrating Life Cycle Assessment and Building Information Modelling: An Overview <i>Cristiane Bueno, Márcio Fabricio</i>	1521
Esforço demandado para emprego de Building Information Modeling na Certificação LEED® NC, etapa de projeto <i>Giseli Colleto, Vanessa Silva, Regina Ruschel</i>	1531
Building Information Modelling [BIM] for energy efficiency in housing refurbishments <i>Julie Comlay, Patricia Tzortzopoulos</i>	1541
Using Photographic Data and Auto CAD to Build a Library of Typical Facades Defects <i>Taal Elmasuri</i>	1551

Volume 3

Chapter 12: Policies and strategies for a sustainable built environment

Capítulo 12: Estratégias e políticas para a sustentabilidade do ambiente construído

Capítulo 12: Estrategias y políticas para la sostenibilidad del ambiente construido

Análise da disponibilidade de investimento em projetos de reabilitação portugueses <i>Catarina Araújo, Luís Bragança, Manuela Almeida, José Amarílio Barbosa</i>	1563
Espacios de oportunidad para la vivienda de media densidad <i>Ion Gutiérrez</i>	1571
Comércio e serviços como estratégia de sustentabilidade socioeconômica <i>Thaís Vicentim, Milena Kanashiro</i>	1581
Sustentabilidade urbana: instrumentos de planeamento e gestão ambiental <i>Silvia Lima, Wilza Lopes, Edson Silva</i>	1591
Análise da inserção urbana e impacto ambiental em conjunto habitacional, Campinas – SP <i>Gabrielle Okretic, Laura Bueno</i>	1601
Habitação social em municípios polo: sustentabilidade e inserção urbana <i>Rosa Kalil, Adriana Gelpi, Wagner Oliveira, Tanise Spielmann, Bianca Henicka, Nelita Prietto, Thauana Vanz, Ramadan Kalil</i>	1611
Ferramentas metodológicas para análise da ocupação urbana em áreas de risco <i>Leandro Assis, Vivian Albani, Abrahão Elesbon, Ludmila Carli, Rômulo Croce</i>	1621
Patrimonio construído y sustentabilidade <i>Graciela Pedemonte</i>	1629
Mapeamento das áreas com risco de impactos pluviais a partir de ferramentas de geoprocessamento na zona leste da cidade de Teresina-PI/Brasil em 1985 e 2010. <i>Nícia Leite, Felipe Monteiro</i>	1639
ECOPOL um modelo europeu de parceria pública para o desenho de políticas e instrumentos de promoção de eco-inovação – A experiência Portuguesa na construção sustentável <i>Luís Ferreira, Clara Lopes, Victor Ferreira</i>	1647
Desarrollo de una metodología de evaluación integral de sustentabilidad a nivel urbano <i>Jocelyn Nieto, Luis Silva, Vitor Murtinho, Constança Rigueiro, Helena Gervásio, António Bettencourt</i>	1657

Caracterização do ruído de tráfego automotor em espaços públicos na cidade de Vitória/ES <i>Greicikelly Paneto, Paulo Zannin, Cristina Alvarez</i>	1667
The resilience as new paradigm of sustainability <i>Irina Tumini, Sergio Rada</i>	1675
Multi-criteria evaluation for supporting renovation actions in educational buildings <i>Giulia Olivieri, Andrea Boeri, Jacopo Gaspari, Danila Longo</i>	1685
Procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade para construções na Antártica <i>Dielly Montarroyos, Márcia Bissoli-Dalvi, Cristina Alvarez, Luís Bragança</i>	1695
Cost optimal strategies for the renovation of residential neighborhoods towards energy and emissions neutrality – Rainha Dona Leonor case study <i>Marco Ferreira, Manuela Almeida, Ana Rodrigues</i>	1705
Espaços livres privados e legislação urbanística: interferências na qualidade urbana <i>Renata Simões, Flavia Torezani</i>	1715
Qualidade do Ar Interno (QAI) em edificações na Antártica: identificação de fontes e estratégias de controle <i>Érica Pagel, Cristina Alvarez, Neyval Júnior</i>	1725
Iluminação natural e legislação urbana: a experiência de Domingos Martins – ES (Brasil) <i>Stella Hoppe, Cristina Alvarez, Andréa Laranja</i>	1735
Promoting Sustainability as a Strategy to Mitigate the Effects of Economic Downturn on the Construction Industry <i>Ahmed Ashour, Luís Bragança, Manuela Almeida</i>	1745
 Chapter 13: Governance for a sustainable built environment	
Capítulo 13: Governança para a sustentabilidade do ambiente construído	
Capítulo 13: Gobernanza para la sostenibilidad del ambiente construido	
Governança e requalificação de espaços comuns construindo a sustentabilidade social: Avaliação e proposta para Programa Minha Casa Minha Vida na Cidade de Juiz de Fora – Minas Gerais – Brasil <i>Letícia Zambrano, Janaina Lawall, Nádia Camacho, Isabela Lopes, Daniella Ongaro, Yara Neves, Vitor Caldas, José Abdalla, Caterine Reginensi</i>	1755

A construção coletiva de espaços livres públicos no Assentamento rural Rosário <i>Sarah Andrade, Cecília Medeiros, Amadja Borges, Kleiton Nascimento</i>	1765
O papel dos movimentos sociais no fortalecimento da efetivação do Estatuto da Cidade como articuladores de ações de reconquista dos centros: um olhar sobre a experiência de João Pessoa, Paraíba. <i>Marina Fontenele, Elisabetta Romano</i>	1775
Information and communication technologies and the public spaces: reflections on exploring a new relationship first results from cost action cyberparks TU 1306 <i>Carlos Costa, Ina Erjavec</i>	1785
Um Estudo Exploratório Acerca da Segurança Contra Incêndio Numa Instituição Pública de Ensino Superior do Estado do Rio de Janeiro <i>Luciana Santos, Joel de Araújo, Orlando Celso Longo</i>	1795
Democratizando estratégias de gestão urbana: o exemplo das Zonas de Proteção Ambiental em Natal/Brasil <i>Ruth Ataíde, Miss Silva, Ana Lima, Rosa de Fátima</i>	1805
 Chapter 14: Emporwement and participation processes for sustainability	
Capítulo 14: Processos de participação e de empoderamento para a sustentabilidade	
Capítulo 14: Procesos de participación y de empoderamiento para la sostenibilidad	
Concepção de projeto habitacional flexível a partir da pré-ocupação <i>Anicoli Romanini, Marcele Martins, Andrea Mussi, Daiane Folle, Sheila Garcia</i>	1817
Ejemplificación de la problemática actual de las ciudades latinoamericanas, a través del análisis de santiago de querétaro <i>Jocelyn Nieto, Luis Silva, Vitor Murtinho, Constança Rigueiro, Adelino Gonçalves</i>	1825
Integrative Methodologies in Technical Assistance Projects for Urban Communities <i>Heliana Rocha, Maria Moura</i>	1835
Instrumento para monitorar empoderamento no Programa Nacional de Habitação Rural <i>André Pereira, Andrea Yuba</i>	1845
Projeto participativo de habitação de interesse social mais sustentável na Vila Telebrasilândia em Brasília: um exemplo de processo de projeto para o Programa Minha Casa Minha Vida no Brasil <i>Luisa Venancio, Liza Andrade</i>	1855

Chapter 15: Social housing and buildings affordable to all

Capítulo 15: Habitação social e edificações de baixo custo

Capítulo 15: abitación social y edificación de bajo costo

Análise do conforto ambiental em edifícios escolares no município de Vila Velha-ES, BR <i>Luciana Jesus, Larissa Ramos, Eliane Antunes</i>	1867
Análise da adequação de empreendimentos habitacionais aos critérios da certificação ambiental brasileira Selo Casa Azul <i>Daniela Fastofski, Marco González, Andrea Kern</i>	1877
Norma de Desempenho 15.575/2013: Análise de casos das exigências de conforto térmico em projetos de habitação de interesse social <i>Josiane Pires, Andrea Kern, Marco González, Eduardo Schneck</i>	1887
Evaluating sustainable practices and capital cost analysis in brazilian low income houses <i>Vanessa Freitas, Dayana Costa, Angelo Bello</i>	1897
Sombreamento e Transparência no Desempenho Térmico de Aberturas em Edificações Residenciais: Recomendações do Zoneamento Bioclimático Brasileiro <i>Andréia Oliveira, Solange Leder, Solange Goulart</i>	1907
Impacto do Programa Nacional de Habitação Rural na cultura do fogão a lenha <i>Suellen Santos, Maristela Siolari, Neuza Silva, Lilian Reis</i>	1917
Avaliação de Habitações de Interesse Social: com foco para os aspectos do conceito de sustentabilidade <i>Daniella Gomes, Adriana Campos</i>	1927
Valoración de conjuntos de vivienda social en Cuenca (Ecuador) através de indicadores de densificación sustentable <i>Maria Hermida, Natasha Cabrera</i>	1937

Chapter 16: Spatial patterns of urban ecosystems

Capítulo 16: Padrões espaciais e ecossistemas urbanos

Capítulo 16: Patrones espaciales y los ecosistemas urbanos

Humanização e resiliência: a capacidade adaptativa para o habitar urbano <i>Raquel Barros</i>	1949
--	------

Padrões espaciais dos ecossistemas urbanos: uma conexão para promover a resiliência em ecologia e desenho urbano <i>Liza Andrade</i>	1961
O desafio da universalização do saneamento: padrões espaciais das águas urbanas para cidadãos dos assentamentos irregulares. <i>Laura Bueno</i>	1971
Pegada ecológica e produção de alimentos dos municípios e sua relação com padrões espaciais <i>Miguel Sattler</i>	1981
Padrões espaciais da paisagem para a agricultura urbana <i>José Medeiros</i>	1991
Niterói, RJ, Brasil: Reflexões sobre o Aumento das Construções na Última Década <i>Joel Araújo, Luciana Santos, Orlando Longo</i>	1999
Por uma cidade mais sustentável: discussão acerca de um sistema cicloviário a partir das áreas de fundo de vale em Presidente Prudente, SP <i>Arlete Francisco</i>	2007
A compreensão da caminhabilidade por meio dos padrões espaciais <i>Ana Barros</i>	2017
A Favela: Padrões Emergentes Em Assentamentos Informais <i>Vânia Loureiro</i>	2027
Padrões urbanos em cidades lusófonas: a perspectiva sintática <i>Valério Medeiros</i>	2037
Assessment of the Effects of the Expansion of the City of Estarreja on the Rational Land Use <i>Francisco Serôdio, Jorge Fernandes, Luís Bragança, Ricardo Mateus</i>	2045
Dimensões urbanas e valor ambiental em bairro habitacional: Estudo de caso em bairro de Vitória ES, Brasil <i>Karla Conde, Silvia Pina</i>	2055

Chapter 17: Open spaces system for a sustainable built environment

Capítulo 17: Sistema de espaços livres para a sustentabilidade do ambiente construído

Capítulo 17: Sistema de espacios libres para la sostenibilidad del entorno construído

Avaliação dos espaços livres de uso público da cidade de Colatina, Espírito Santo, Brasil <i>Vivian Albani, Leandro Assis, Bruna Perim, Bruno Martins, Nayara Malta</i>	2067
A importância metropolitana do sistema de espaços livres da região de Vitória – ES – Brasil <i>Eneida Mendonça</i>	2075
Infraestrutura verde - estratégia para regeneração de espaços livres e qualidade do ambiente construído <i>Daniella Bonatto</i>	2085
Espaços livres e urbanização brasileira: da conservação ambiental à esfera pública <i>Eugenio Queiroga</i>	2095
Estratégias para a transformação da paisagem das ilhas em urbanização <i>Barbara Prado</i>	2103
Os sistemas de espaços livres e o meio ambiente urbano – sobre um projeto de pesquisa nacional <i>Silvio Macedo</i>	2113
Espaços públicos urbanos: o centro urbano <i>Alina Santiago, Gabriel Pedrotti</i>	2123
Princípios e recomendações de projeto para a qualidade espacial de praças, sob a ótica da Sustentabilidade <i>Vivian Ecker, Nelson Vaz</i>	2133
Atributos espaciais para a qualificação de praças públicas urbanas <i>Vivian Ecker, Nelson Vaz</i>	2143
Espaços livres privados: residuais ou projetados? <i>Renata Simões, Sirana Fassina, Cristina Alvarez</i>	2153
Chapter 18: Sustainable construction sites	
Capítulo 18: Locais de construção sustentáveis	
Capítulo 18: Las obras de construcción sostenibles	
Análise do conforto dos usuários em canteiros de obras <i>Ludimilla Zeule, Sheyla Serra</i>	2163

Analysis of the evolution of research on construction and demolition waste using the SciMAT tool <i>María Morales, María Aires, Mónica Alonso, María Rojas, Eulalia Gago</i>	2173
Auditorias ambientais em estaleiros/canteiros de construção <i>José Teixeira, Sheyla Serra</i>	2181
Protocol for evaluating the compliance with requirements of Temporary Edge Protection Systems (TEPS) <i>Guilhermina Peñaloza, Tarcisio Saurin, Carlos Formoso</i>	2191
Análise de Desempenho Acústico de Escritórios em Canteiros de Obra <i>Fábio Mian, Léa Souza, Sheyla Serra</i>	2201
Orientações para a elaboração do projeto de inventário para alvenaria nos canteiros de obras. <i>Maria Santos, Sheyla Serra, Alexandre Bertini</i>	2211
Using a checklist for assessing the sustainability on water use in construction sites <i>Ludimilla Zeule, Sheyla Serra</i>	2221
Aferição de custos no canteiro de obra: um comparativo entre as tipologias das instalações provisórias <i>Natalia Matos, Sérgio Duarte, Maria Silva</i>	2231
Chapter 19: Urban mobility and accessibility	
Capítulo 19: Mobilidade urbana e acessibilidade	
Capítulo 19: Movilidad urbana y accesibilidad	
Análise espacial da acessibilidade e mobilidade urbana em teresina, Piauí - Brasil <i>Nícia Leite, Geraldo Costa</i>	2243
Acessibilidade em edifícios públicos em Fortaleza - Brasil <i>Chenia Figueiredo, Camila Landim</i>	2253
Requalificação do antigo hotel Tropicana para adaptação em um EHS <i>Marina Fontenele, Elisabetta Romano</i>	2261
Conectividade: princípio ecológico estruturador da resiliência no desenho ambiental <i>Giovanna Vital, Fernando Garrefa</i>	2271
Análise e Diagnóstico da Acessibilidade e Mobilidade Urbana no Centro de Poços de Caldas-MG, Brasil. <i>Ana Pereira, Rosana Parisi</i>	2281

Chapter 20: Technical knowledge transfer for sustainable materials, buildings, neighborhoods and building sector

Capítulo 20: Transferência de conhecimento técnico para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis

Capítulo 20: Transferencia de conocimientos técnicos para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles

Resultados da aplicação de métodos e instrumentos de apoio à pesquisa e ao projeto de iluminação natural - um estudo de caso acadêmico-profissional <i>Ingrid Fonseca, Marília Fontenelle, Andrea Matriciano, Maria Porto</i>	2293
Comparação estatística entre arquivos climáticos desenvolvidos com métodos diferentes <i>Ítalo Guimarães, Joyce Carlo</i>	2303
Casa popular eficiente: Uma proposta de moradia de baixo custo e sustentável <i>Marcos Vagheti, Joaquim Santos, Elvis Carissimi</i>	2313
Estimación de instalaciones solares domesticas según tipologías de edificación <i>Lorena Troncoso, Rodrigo García, Paulina Wegertseeder</i>	2323
Desempenho de revestimentos de argamassa com areia reciclada lavada e homogeneizada <i>Leonardo Miranda, Sílvia Selmo, Fabiani Sebrão</i>	2331
Envelhecimento natural de revestimentos “frios” e convencionais após 2 anos de exposição em ambiente marinho <i>Isabela Silva, Kai Loh</i>	2343

Chapter 21: Education for sustainability

Capítulo 21: Educação para a sustentabilidade

Capítulo 21: Educación para la sostenible

Learning by playing, growing creatively <i>Antonella Violano, Mariarosaria Strollo, Francesca Verde</i>	2351
Estudo da resistência de peças de paver fabricadas com diferentes combinações de misturas de agregados reciclados e naturais <i>Adriane Savi, Fabiani Franzen, Herminia Breginski, Leonardo Miranda</i>	2361
Estudo bibliométrico da produção científica do encontro latino-americano de edificações e comunidades sustentáveis <i>Maria Freitas, Paula Grünberg, Jéssica Tavares, Sérgio Tavares</i>	2371

Visualização e análise da informação científica divulgada no Youtube® <i>Maria Freitas, Miguel Martinez, Viviane Kuntz, Celso Ishida, Felipe Comunello, Felipe Nunes</i>	2381
Cidades melhores: cidades acessíveis para as pessoas <i>Anicoli Romanini, Marcele Martins, Marina Bernardes, Daiane Folle</i>	2391
Utilização de Experimento para a Compreensão do Fenômeno Ventilação por Efeito Chaminé <i>Marcelo Galafassi, Rafael Cartana, João Pacheco, Carolina Carvalho</i>	2309
O Ensino de Edificações e Comunidades Sustentáveis no NORIE, UFRGS <i>Miguel Sattler</i>	2409
Os Escritórios Modelo e a Arquitetura Sustentável no Brasil: o caso da Fau/UnB <i>Camila Silva, Liza Andrade, Helena Bokos, Taís Oliveira, Luiz Silva, Débora Lopes</i>	2419
A Importância de um Planeamento na Desconstrução de Edifícios <i>Andreia Martins, Daniel Reis, Márcio Fabrício, José Sousa</i>	2429
Green Schools – conceito e integração de novas tecnologias sustentáveis em projetos de edifícios escolares <i>Fernanda Azevedo, Jorge Ribeiro</i>	2439
The importance of the category of consciousness and education for sustainability in methodologies for eco-efficiency in school buildings <i>Tatiana Saraiva, Manuela Almeida, Luís Bragança</i>	2449
nZEB Training Needs in the Southern EU Countries – SouthZEB project <i>Sandra Silva, Manuela Almeida, Luís Bragança, Miguel Carvalho</i>	2457
Uso de "Ecotécnicas" No Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano: Uma Abordagem Crítica <i>Ricardo Silva, Eduardo Silva</i>	2479
Desenho urbano e capital social em assentamentos espontâneos. Caso de estudo, Bairro Moravia, Medellín , 2004-2014 <i>Katila Vilar, Ivan Cartes</i>	2489
Cooperação, produtividade e sustentabilidade no Programa Nacional de Habitação Rural - MCMV <i>Cecília Lenzi, João Lopes</i>	2499
Condicionantes de projeto para as instalações provisórias em canteiros de obras na cidade de São Paulo <i>Adriana Rodrigo, Danielle Gazarini, Francisco Cardoso</i>	2507

CHAPTER 12 | CAPÍTULO 12 | CAPÍTULO 12

Policies and strategies for a sustainable built environment

Estratégias e políticas para a sustentabilidade do ambiente
construído

Estrategias y políticas para la sostenibilidad del ambiente
construido



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Análise da disponibilidade de investimento em projetos de reabilitação portugueses

Catarina Araújo

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
cba@civil.uminho.pt

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
malmeida@civil.uminho.pt

José Amarílio Barbosa

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
jabarbosa@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The importance of implementing sustainable practices in buildings is duly proved and understood by the majority of the population. However, its implementation is not yet a reality. Some studies have been performed with the goal of understand this lack of use of sustainable solutions, among building sector stakeholders. The conclusion is that one of the main factors contributing to this is related with economic constraints. Several studies have proven that many sustainable practices correspond to minor costs than traditional practices in a life cycle perspective. However, the building sector stakeholders are not aware of this and do not implement sustainable practices commonly. In this paper a cost-benefit methodology willing to cross this barrier and promote the sustainable practices implementation is presented.

Keywords: Building Stakeholders, sustainability, economic viability.

RESUMO: Apesar da importância da implementação de práticas sustentáveis estar devidamente comprovada e ser compreendida por grande parte da população, a ampla aplicação e implementação dos conceitos de construção sustentável ainda não é uma realidade. Diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de compreender o porquê desta fraca aplicação tendo concluído que um dos principais fatores para tal é o facto de as práticas sustentáveis serem consideradas mais caras. Vários estudos provaram que muitas das medidas de sustentabilidade possuem custos inferiores às tradicionais numa perspetiva do ciclo de vida. Contudo, os profissionais do sector ainda não estão consciencializados deste facto e por isso não implementam medidas de construção sustentável. Neste artigo é apresentada uma metodologia de análise de custo-benefício de medidas de reabilitação sustentável, que pretende ultrapassar esta barreira e promover a implementação de práticas sustentáveis.

Palavras-chave: Intervenientes no sector da construção, sustentabilidade, viabilidade económica.

1 INTRODUÇÃO

O sector da construção é considerado como um dos que mais contribui para os problemas ambientais da atualidade. É responsável por 30 a 40% do consumo energético, 44% do consumo de materiais (Erlandsson&Borg 2003), sendo identificado como um dos principais contribuidores para as emissões de gases de efeito estufa (Li 2006). Por outro lado, o sector da construção

possui também um impacte significativo a nível social e económico (Mateus&Bragança 2011). Alterações neste sector podem provocar flutuações significativas em indicadores macroeconómicos, tais como o PIB (Produto Interno Bruto), devido às suas elevadas taxas de investimento e à sua contribuição para o emprego e crescimento dos países (Ortiz et al. 2009).

Por estes motivos, o sector da construção foi identificado como um dos principais alvos para a implementação de práticas sustentáveis surgindo desta forma uma nova forma de projetar, construir e utilizar edifícios denominada por construção sustentável. Este novo conceito caracteriza-se assim pela adoção de princípios de sustentabilidade nas diversas fases de desenvolvimento dos edifícios através de um adequado equilíbrio entre os impactes ambientais, sociais e económicos. Isto é, um edifício sustentável deve minimizar os seus impactes ambientais, proporcionar o máximo conforto possível e não acarretar custos elevados em comparação com os restantes edifícios existentes no mercado.

Contudo, a sustentabilidade é ainda, em grande parte, vista pelo sector industrial e pelos utilizadores dos edifícios como orientada para o ambiente. Por este motivo é usual que a mesma seja indicada como uma forma de obter benefícios ambientais a longo prazo e elevados custos económicos a curto prazo (Ding 2008).

Apesar de existirem alguns estudos (Araújo et al. 2009, Alwaer&Clements-Croome 2010, Tatari&Kucukvar 2011, Araújo et al. 2013) que comprovam que, numa perspetiva de ciclo de vida, a construção sustentável pode acarretar custos mais baixos do que a construção convencional, esta ideia continua a ser uma das principais barreiras à sua implementação.

Contudo, apesar de todos estes estudos, os profissionais do sector da construção continuam a acreditar que a construção sustentável corresponde a custos iniciais substancialmente superiores e que os benefícios a longo prazo estão apenas relacionados com poupanças energéticas (Issa et al. 2010).

Esta diferença de visões entre os académicos e os profissionais poderá estar relacionada com o facto de os profissionais não serem muitas vezes envolvidos na investigação desenvolvida neste âmbito. A maioria das análises de custo relativas à construção sustentável são efetuadas através de modelos matemáticos elaborados mas sem a direta intervenção de profissionais da construção. Esta falta de comunicação dificulta a transferência de conhecimento entre ambas as partes.

Um estudo realizado por Ahn e Pearce (2007) concluiu que os profissionais da indústria da construção ainda consideram que os edifícios sustentáveis são substancialmente mais caros do que os edifícios convencionais (Ahn&Pearce 2007). Outro estudo mais recente, realizado por Issa et al. (2010) teve como objetivo analisar a opinião dos profissionais acerca das teorias e dos resultados defendidos pelos investigadores no que respeita aos custos e benefícios dos edifícios sustentáveis bem como a relevância desses resultados (Issa et al. 2010). Desta forma foi possível identificar que o facto de os profissionais considerarem que os edifícios sustentáveis representam custos adicionais substancialmente superiores aos edifícios convencionais é o maior entrave a que estes adotem práticas construtivas sustentáveis.

Consequentemente, de forma a potenciar aplicabilidade de práticas sustentáveis é necessário analisa-las tendo em consideração os seus benefícios em termos de sustentabilidade e os seus custos. No entanto, este tipo de análise deve envolver os profissionais do sector da construção, de forma a facilitar a transmissão de conhecimento entre o meio académico e o sector industrial, e de forma a garantir que as práticas sustentáveis vão de encontro aos interesses destes profissionais.

2 METODOLOGIA

Tal como anteriormente apresentado, de forma a potenciar a implementação de práticas sustentáveis é necessário por um lado efetuar uma análise de custo-benefício de forma a identificar o nível de sustentabilidade e o custo de cada prática, e por outro, é necessário que esta análise inclua de alguma forma os profissionais do sector da construção, para que os resultados desta análise vão de encontro aos seus interesses e sejam facilmente compreendidos e aceites.

Neste sentido, um estudo está a ser levado a cabo consistindo na análise de um conjunto de medidas relativas aos principais aspetos da sustentabilidade de forma a conhecer a relação entre o seu desempenho e o seu custo, analisando o seu potencial de aplicação por parte dos intervenientes no setor da construção, particularmente no que se refere a operações de reabilitação de edifícios residenciais.

Tendo em conta a abrangência do tema da construção sustentável, serão inicialmente apresentados, neste artigo, os indicadores que serão englobados nesse estudo. Estes indicadores foram selecionados por se considerar serem os principais aspetos caracterizadores do conceito da construção sustentável.

De seguida, será apresentado o método de análise custo-benefício que permite comparar diferentes práticas sustentáveis do ponto de vista da sua viabilidade económica bem como identificar aqueles que preenchem melhor os requisitos dos profissionais do sector dos edifícios bem como dos seus utilizadores.

3 INDICADORES SELECIONADOS

Tendo em consideração o objetivo de analisar práticas de reabilitação sustentáveis, foi necessário estudar os principais impactes resultantes do processo de reabilitação de edifícios. O conceito de construção sustentável é extremamente abrangente pelo que existem dezenas de aspetos que podem ser englobados nessa análise.

Ao longo do tempo, têm sido desenvolvidos diversos estudos e projetos cujo objetivo tem sido precisamente o de selecionar os indicadores que caracterizam os impactes mais importantes dos edifícios. Estes estudos foram desenvolvidos através de uma análise das ferramentas de avaliação da sustentabilidade existentes e do trabalho desenvolvido pelos principais organismos de normalização.

No âmbito deste trabalho quatro destas iniciativas foram analisadas: SB Challenge (SBChallenge11 2011), SB Alliance (Freyd 2012), OPEN HOUSE (OPEN HOUSE 2010) e SuPerBuildings (SuPerBuildings 2012). Após comparar os indicadores chave definidos por cada um desses projetos foi possível observar que o número total de indicadores diferentes utilizados pelas diferentes iniciativas é de 43.

Posteriormente cada um destes 43 indicadores foi analisado de forma a compreender a frequência com que era analisado por diferentes metodologias bem como a importância do impacto a que corresponde no âmbito de uma operação de reabilitação.

Pretendeu-se que o conjunto de indicadores selecionado fosse suficientemente abrangente para incluir os principais impactes associados à reabilitação e ao mesmo tempo suficientemente concisa de forma a não tornar o trabalho impraticável. Adicionalmente houve a intenção de que os indicadores selecionados tivessem em consideração os principais impactes relativos à construção em Portugal.

Desta forma, por se considerar que o seu impacto é de elevada importância para a avaliação da sustentabilidade das operações de reabilitação de edifícios, foram selecionados para análise os indicadores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores da sustentabilidade selecionados para análise.

Dimensão	Categorias	Indicadores Selecionados
Ambiente	Energia e Emissões	Consumo de energia primária não renovável Consumo de energia primária renovável Potencial de aquecimento global
	Água	Consumo de água
	Materiais e Resíduos	Energia incorporada nos materiais de construção Potencial de depleção de ozono Potencial de acidificação Potencial de eutrofização Potencial de criação de ozono fotoquímico Materiais reutilizados e reciclados Procura responsável de materiais Produção de resíduos
Sociedade	Conforto e saúde dos utilizadores	Qualidade do ar interior Conforto visual Conforto térmico Conforto acústico
	Qualidade de processo	<i>Integrated design project</i> Comissionamento
Economia	Economia	Custos de ciclo de vida

4 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO

Para efetuar a comparação entre práticas sustentáveis será aplicado um método gráfico, esquematicamente apresentado na Figura 1. Através deste método pretende-se comparar diferentes soluções tendo em consideração a diferença de custos e de desempenho entre as mesmas bem como o seu maior ou menor potencial de aplicação por parte dos profissionais e utilizadores de edifícios. Este potencial de aplicação será determinado tendo em conta a capacidade e vontade de investimento dos referidos intervenientes.

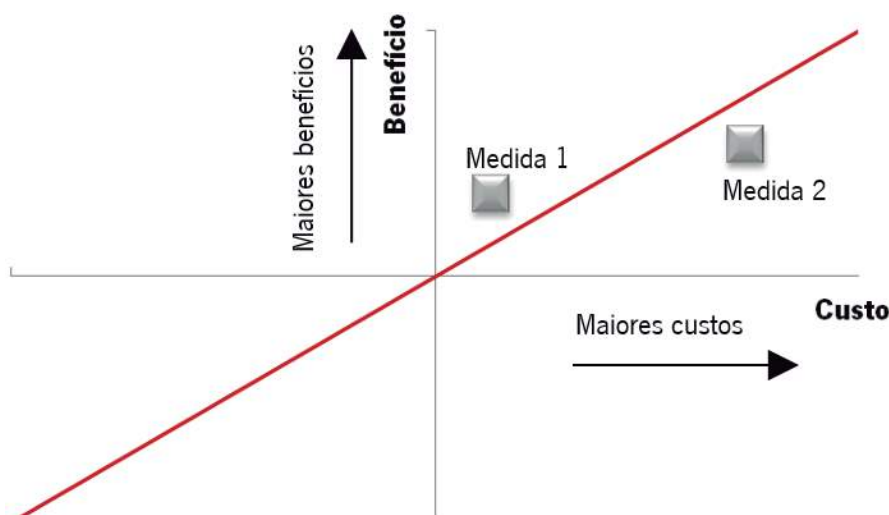


Figura 1. Representação gráfica do método comparativo através do qual as medidas de sustentabilidade serão comparadas.

O eixo vertical deste gráfico representa o nível de sustentabilidade das soluções (benefício) e o eixo horizontal representa os seus custos de ciclo de vida. A reta que atravessa o 1º e 3º quadrante representa a disponibilidade e vontade de investimento dos vários intervenientes em função do benefício que pretendem obter com esse investimento. Este benefício será avaliado ao nível de cada um dos indicadores apresentados anteriormente no capítulo 3.

Após a determinação dessa relação será possível determinar o declive de uma reta, semelhante à reta representada na Figura 1, que permitirá estabelecer uma referência comparativa entre diferentes soluções. Esta reta representa assim o ponto até ao qual os diferentes intervenientes estarão dispostos a investir. As medidas a estudar possuirão maior potencial de aplicação, quanto mais para cima e mais para a esquerda (maiores benefícios, menores custos) estiverem no gráfico.

O tempo de retorno das soluções é um bom indicador da viabilidade económica uma vez que permite conhecer o período de tempo necessário para a recuperar o valor investido. Contudo, por si só não é suficiente para comparar soluções de uma forma adequada. Imaginemos uma solução cujo tempo de retorno seja de 2 meses. Aparentemente o seu potencial de aplicação é enorme. Contudo, se se observar que os seus custos iniciais são muito elevados, apesar de possuir um bom tempo de retorno, estes poderão inviabilizar sua aplicação por parte de muitos intervenientes.

O método apresentado permite ultrapassar esta dificuldade uma vez que permite comparar diferentes soluções tendo em conta o seu desempenho, o seu custos e a capacidade de investimento.

4.1 Comparação entre soluções com retorno de investimento

Tendo em conta o conjunto de indicadores apresentados no capítulo 3, é possível verificar que existem medidas de sustentabilidade às quais um maior investimento inicial poderá estar associada uma diminuição nos custos do ciclo de vida, uma vez que permitem diminuir os custos operacionais do edifício.

É o caso de medidas relacionadas com o consumo de energia e com o consumo de água. Nesta situação, para a comparação entre soluções, além de se considerar a vontade e disponibilidade de investimento perante uma melhoria do nível de sustentabilidade, é necessário considerar-se também a vontade de investimento perante uma diminuição nos custos operacionais.

Aqui, uma análise bidimensional igual à apresentada na Figura 1 não será suficiente. A comparação das soluções serão efetuadas num gráfico tridimensional constituído por 3 eixos representativos do nível de sustentabilidade, dos custos iniciais e dos custos operacionais. Da mesma forma, o termo comparativo entre as soluções não será uma linha mas sim uma superfície tridimensional. Esta superfície será resultante da conjugação de 2 linhas caracterizantes da relação atribuída pelos intervenientes no sector da construção, entre os custos iniciais e os custos operacionais e pela relação entre os custos iniciais e o nível de sustentabilidade.

4.2 Definição da relação custo-benefício

Tal como referido, os estudos relativos às análises de viabilidade económicos de medidas de sustentabilidade devem ser direcionados para os intervenientes na construção e para as pessoas que podem efetivamente implementar estas medidas. Deve-se também ter em consideração que a forma de analisar os custos e benefícios de determinado tipo de construção não é a mesma para os diferentes intervenientes no sector dos edifícios.

Cole (1998) aponta que diferentes intervenientes no sector da construção poderão ter diferentes perceções acerca de quais as práticas sustentáveis que consideram mais importantes e de qual o volume de investimento que estariam dispostos a aplicar nas mesmas (Cole 1998). Ding (2008) considera que o promotor do edifício poderá estar mais preocupado com o desempenho económico do edifício, e como tal poderá estar menos disposto a investir em medidas de sustentabilidade (Ding 2008). Por outro lado, o utilizador do edifício poderá estar mais interessado com a qualidade do ar interior, com o conforto e com as condições de segurança e como tal poderá estar mais disponível para aplicar medidas que melhorem estas

questões. De forma a ter em consideração estas diferenças serão efetuadas análises comparativas ao nível do promotor e ao nível do utilizador do edifício.

No ponto anterior foi descrita a forma como as opiniões destes intervenientes será tida em conta na metodologia de análise de custo-benefício apresentada. O levantamento destas opiniões é importante para que se consigam conhecer soluções de sustentabilidade que os intervenientes da sustentabilidade estejam dispostos a implementar. Ou seja, é necessário conhecer o nível de investimento que os diferentes intervenientes (promotor e utilizador) estão dispostos a efetuar.

A disponibilidade e vontade de investimento dos vários intervenientes no sector da construção em relação a cada um dos indicadores de sustentabilidade, na forma de relação matemática representativa de uma curva no gráfico, serão obtidas através da realização de questionários. Esta metodologia de investigação foi selecionada uma vez que se pretende recolher um conjunto alargado de valores numéricos relativos à intenção de investimento por parte dos intervenientes. Foi verificado através de uma revisão bibliográfica que outros estudos (Ahn&Pearce 2007, Issa et al. 2010) que pretenderam conhecer a opinião destes intervenientes também utilizaram esta metodologia de investigação.

Estes questionários irão ser constituídos por dois tipos de perguntas ao nível dos indicadores apresentados na tabela 1. No caso dos indicadores cujo investimento inicial não represente um retorno económico, será apresentada uma única questão. Através desta questão, pretende-se compreender qual o nível de investimento que os intervenientes estão dispostos a efetuar e qual o benefício em termos de sustentabilidade que consideram sensato obter com este investimento.

No caso dos indicadores relativos ao consumo de energia e de água, para além desta será apresentada outra questão, através da qual se pretende compreender qual o investimento inicial que os intervenientes estão dispostos a efetuar para obter uma determinada diminuição nos custos operacionais. Ou seja, será questionado o tempo de retorno pretendido para cada nível de investimento. Para todos os tipos de indicadores avaliados, será ainda questionado aos intervenientes o investimento máximo que disponibilizariam para melhorar o edifício ao nível desse indicador.

De forma a potenciar a obtenção de respostas aos questionários, estes serão desenvolvidos numa ferramenta informática na *internet* de forma a facilitar a sua divulgação. Esta divulgação será efetuada através da utilização de *maillings lists* nacionais, do contacto com associações profissionais e entidades que possuam contactos de profissionais do setor. Adicionalmente, serão efetuados contatos pessoais com entidades chave (empresas, projetistas, donos de obra e utilizadores) e será efetuada divulgação em conferências e seminários relativos à construção sustentável realizados em Portugal.

5 CONCLUSÕES

A implementação de práticas sustentáveis ao nível das operações de construção e reabilitação é uma necessidade tendo em conta o objetivo de minimizar os impactes ambientais do sector da construção.

Contudo, a implementação real destas práticas está longe de ser a ideal. Vários estudos comprovam que o motivo que leva a esta fraca implementação está relacionado com o facto de os intervenientes no sector da construção considerarem que as práticas sustentáveis são demasiado caras, quando comparadas com as práticas convencionais. Embora vários estudos tenham comprovado que as práticas sustentáveis podem ser economicamente viáveis, os profissionais continuam a não estar suficientemente consciencializados para tal, sendo esta uma das principais barreiras à ampla aplicação da construção sustentável.

Neste artigo é apresentada um método de análise de custo-benefício que permite comparar diferentes soluções de reabilitação e selecionar as que possuem uma melhor relação entre os custos iniciais, custos operacionais e nível de sustentabilidade, tendo ainda em consideração os interesses dos investidores e utilizadores dos edifícios.

A aplicação deste método permitirá compreender a viabilidade de implementação dos princípios da construção sustentável a edifícios residenciais em Portugal bem como identificar práticas sustentáveis mais facilmente aceites (e implementadas) por parte dos intervenientes no sector da construção.

REFERÊNCIAS

Ahn, Y. H. and A. R. Pearce (2007). "Green construction: Contractor experiences, expectations, and perceptions." *Journal of Green Building* 2(3): 106-122.

Alwaer, H. and D. J. Clements-Croome (2010). "Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings." *Building and Environment* 45(4): 799-807.

Araújo, C., et al. (2009). Evaluation of the Impact of some Portuguese Thermal Regulation Parameters on the Buildings Energy Performance in a Cost/Benefit Perspective. SASBE2012 - Smart and Sustainable Built Environments: Emerging economies. São Paulo, Brasil.

Araújo, C., et al. (2013). "Analysis of some Portuguese thermal regulation parameters." *Energy and Buildings* 58(0): 141-150.

Cole, R. J. (1998). "Emerging trends in building environmental assessment methods." *Building Research & Information* 26(1): 3-16.

Ding, G. K. C. (2008). "Sustainable construction - "The role of environmental assessment tools." *Journal of Environmental Management* 86(3): 451-464.

Erlandsson, M. and M. Borg (2003). "Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services-"today practice and development needs." *Building and Environment* 38(7): 919-938.

Freyd, A.-C. (2012). *Annual Report 2012 - Sustainable Building Alliance*, Sustainable Building Alliance.

Issa, M. H., et al. (2010). "Canadian practitioners' perception of research work investigating the cost premiums, long-term costs and health and productivity benefits of green buildings." *Building and Environment* 45(7): 1698-1711.

Li, Z. (2006). "A new life cycle impact assessment approach for buildings." *Building and Environment* 41(10): 1414-1422.

Mateus, R. and L. Bragança (2011). "Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT-H." *Building and Environment* 46(10): 1962-1971.

OPEN HOUSE (2010). "OPEN HOUSE - Seven Framework Programme Home Page." Retrieved 06/06/2013, 2013, from <http://www.openhouse-fp7.eu/>.

Ortiz, O., et al. (2009). "Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain." *Building and Environment* 44(3): 584-594.

SBChallenge11 (2011). "Sustainable Building Challenge 2011." Retrieved 06/06/2013, 2013, from <http://sbchallenge.iisbe.org/>.

SuPerBuildings (2012). "SuPerBuildings - Sustainability and Performance Assessment and Benchmarking of Buildings." Retrieved 08/06/2013, 2013, from <http://cic.vtt.fi/superbuildings/>

Tatari, O. and M. Kucukvar (2011). "Cost premium prediction of certified green buildings: A neural network approach." *Building and Environment* 46(5): 1081-1086.

Espacios de oportunidad para la vivienda de media densidad

Ion Etxabe Gutiérrez

Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, Madrid, España.

ionetxabe@gmail.com

ABSTRACT: The need of intervention in the existing city is urgent and has been part of the academic, professional and institutional debate for a long time. Nevertheless, sometimes in Spain there are no appropriate tools neither enough information of where, how and with which aim make it. In this sense the management of water, energy and organic wastes in the housing field has a lot to improve. In this paper the capacity of improvement of two residential areas in the Metropolitan Area of Bilbao is analysed; one with mid-low and the other with high density. Conclusions point out that the mid-low density areas offer more opportunities of improvement in the studied parameters. As this residential typology prevails in the region, it must become a priority target of intervention.

Keywords: water, energy, organic waste, efficiency, Metropolitan Area of Bilbao.

RESUMEN: La necesidad de intervenir en la ciudad existente es urgente y está desde hace tiempo presente en el debate académico, profesional e institucional. Sin embargo, en España no siempre se cuenta con instrumentos adecuados para ello ni con la suficiente información de dónde, cómo y con qué objetivo hacerlo. La gestión del agua, energía y residuos orgánicos en el ámbito de la vivienda es uno de los campos en los que hay mucho que mejorar. En el presente artículo se analiza la capacidad de mejora de dos áreas residenciales, una de densidad media y otra de alta, localizadas en el Área Metropolitana de Bilbao. Se concluye que la ciudad de media-baja densidad ofrece mayores oportunidades de mejora en los indicadores analizados. Y dado que es la tipología de vivienda predominante en la región, deberá definirse como un objetivo prioritario de actuación.

Palabras clave: agua, energía, residuos orgánicos, eficiencia, Área Metropolitana de Bilbao.

1 VIVIENDA Y TERRITORIO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BILBAO

Los recursos naturales pueden entenderse como un conjunto de elementos que ofrece el planeta en forma de bienes y medios de subsistencia disponibles para resolver una necesidad. En este caso, el mantenimiento de una calidad de vida mínima para el ser humano. De su adecuada gestión dependerá un abastecimiento seguro y mantenido, una utilización responsable y una protección de la vida y entorno natural afectadas. El artículo se centra en tres de estos recursos: agua, energía y residuos orgánicos; y en un ámbito de consumo específico: el doméstico. El sector residencial tiene un indudable peso en el territorio y la ciudad. Desde su organización espacial a su diseño arquitectónico, pasando por el enorme consumo de recursos que demanda tanto en su construcción como en su uso, mantenimiento y desmantelamiento. Supone uno de los principales consumos junto a la industria y el transporte (IDAE, 2012:27; España, MAGRAMA, 2013:56). Dentro de este sector se pueden diferenciar en el Área Metropolitana de Bilbao tres grandes tipologías de vivienda: la unifamiliar (en general con espacios exteriores asociados), la plurifamiliar intensiva (sin espacio exterior asociado), y la plurifamiliar semi-intensiva (con diversos espacios exteriores asociados).

Estas presentan muy diversos niveles de consumo y gestión de recursos, como han demostrado varios estudios e investigaciones que se mostrarán más adelante. Por otro lado está ya más que discutida en España la necesidad urgente de intervenir y mejorar el parque residencial existente, de manera prioritaria frente a los nuevos crecimientos (España, Ministerio de Vivienda, 2010).

Por lo tanto, se hace necesario conocer dónde y por qué existen áreas residenciales con gestiones menos eficaces de estos recursos para abordar soluciones que las corrijan.

El suelo de uso residencial en el Área Metropolitana de Bilbao presenta una realidad heterogénea y las tres tipologías citadas tienen importante peso. Los datos del censo de población y viviendas de 2001 del Instituto Nacional de Estadística (INE) -en el de 2011 no existe esta información-, muestran que en los municipios que conforman dicha área había 39,485 edificios destinados principalmente a viviendas. De ese total, 26,893 albergaban varias viviendas familiares y 12,291 solo una vivienda familiar. Por otro lado, tomando los datos ofrecidos por el Urban Atlas de la Agencia Medioambiental Europea (2006) sobre el ámbito de estudio, se observa que de las 3044 hectáreas de tejido urbano identificado, 1507 presentan tejidos urbanos con menos del 50% del suelo sellado, correspondientes a medias y bajas densidades de ocupación. De estas, 863 hectáreas tienen menos del 10% de suelo sellado, casi la misma superficie que el tejido urbano continuo con más del 80% sellado. Las categorías del INE y del Urban Atlas no coinciden exactamente con las tipologías residenciales antes señaladas. Pero dan una idea aproximada de su proporción en el ámbito. Los datos ofrecidos indican que hay importantes extensiones de suelo ocupadas por tipologías residenciales tanto de alta como de baja y media densidad, lo cual justifica y motiva la exposición que sigue.

2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA: VIVIENDA Y RECURSOS NATURALES

2.1 Agua

Este recurso natural presenta una problemática multidimensional muy compleja de la que aquí se muestra tan solo parte, centrándose en el consumo doméstico del mismo. La Organización Mundial de la Salud estima un acceso óptimo al agua a partir de 100 l/hab/día (OMS, 2003). Pero el modelo de vida urbano de las ciudades ‘desarrolladas’ conlleva un consumo de agua en el espacio doméstico sustancialmente mayor. Esto choca con ciertas cuestiones que establecen diferentes documentos y normativas desde un ámbito europeo (Carta Europea del Agua, Directiva 2000/60/CE), estatal (Real Decreto 1/2001 de la Ley de Aguas) o autonómico (Ley 1/2006 de Aguas). En ellos se especifica que el agua es un bien común y finito, que se tiene el deber de usarla con cuidado y eficiencia, y que además de satisfacer la demanda actual se ha de conservar el suministro, proteger los recursos hídricos a largo plazo, y mantener un uso del suelo respetuoso con las masas de agua y ecosistemas acuáticos.

En la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV en adelante) en el año 2010, la demanda de los hogares estaba en un 52.1% del total del agua distribuida para su consumo; por encima del 30.9% de los sectores económicos y del 17% del consumo municipal y otros (España, MAGRAMA, 2013:328). Hay que decir que en esta comunidad autónoma se da uno de los consumos más bajos por habitante y día del Estado -122 litros- y que el consumo medio per cápita se ha reducido entre los años 2000 y 2010 en torno a un 20%. Así mismo la CAPV en general y el ámbito de estudio en particular no presentan en principio problemas de suministro de agua potable doméstica -se estima que la cantidad que se distribuye anualmente es la mitad del agua recogida en los embalses (Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia, 2014)-. Pero estos datos no deben llevar a una posición relajada respecto al consumo de agua. La eficiencia y el ahorro de agua doméstica supone una actitud más racional de la presión humana sobre los recursos naturales, un menor gasto económico y energético en el tratamiento y la gestión del agua en todos sus ciclos, un menor impacto ambiental y una menor huella hídrica. Por lo tanto, es importante seguir el camino iniciado en la dirección del ahorro de agua.

En ese sentido quedan todavía ámbitos en los que actuar y mejorar la gestión. Existe un estudio en la Región Metropolitana de Barcelona (Domene Gómez et al, 2004) que, a pesar de tomar otro objeto de estudio, puede servir de referencia para evidenciar la influencia del diseño urbanístico y arquitectónico en el consumo de agua -salvando los valores y centrándose en las diferencias entre tipologías-. Posiblemente las diferencias sean menores en la CAPV debido a

una mayor abundancia de precipitaciones y menor necesidad de riego artificial en jardines. Pero permite localizar las tipologías con mayor prioridad de actuación para reducir su consumo. Dicho estudio estima el siguiente consumo medio de agua por habitante y tipología residencial:

- plurifamiliar intensiva (sin usos exteriores): 120.1 ± 47.8 l/hab/día;
- plurifamiliar semi-intensiva (con equipamientos comunitarios): 147.7 ± 61.9 l/hab/día;
- unifamiliar (aislada o adosada): 203.2 ± 116.4 l/hab/día.

2.2 Energía

La vida doméstica actual es altamente dependiente de un abastecimiento continuo de energía sin la cual no podrían desarrollarse la gran mayoría de las actividades diarias. La climatización, muy por encima del resto, el agua caliente sanitaria y los electrodomésticos son los tres principales elementos de consumo de energía doméstica en España, seguidos de la cocina y la iluminación (IDAE, 2012). El consumo total de energía en el sector residencial en la CAPV, a pesar de no ser el sector mayoritario, es sin duda un ámbito de gran importancia. Es después de los dos grandes sectores, industria y transporte, el que más energía demanda seguido del sector servicios (EVE, 2013). El consumo anual total del año 2012 rondaba las 600 ktep y suponía un aumento del 3.3% respecto al año anterior. Las previsiones del escenario tendencial del consumo en este sector son de ligero, pero moderado aumento (EVE, 2012). Sin embargo, la dependencia exterior de esta comunidad autónoma para el abastecimiento de energía es altísima, de un 94.5% en 2012 (EUSTAT, 2014).

El urbanismo como disciplina no tiene gran margen de maniobra para gestionar esta situación en su totalidad, pero sí hay un aspecto concreto que le afecta directamente. Estudios realizados ofrecen datos reveladores en torno a la relación de la tipología residencial y su consumo energético. El consumo medio final de energía en España de una vivienda unifamiliar es superior a dos veces el de una vivienda en bloque, 15,513 frente a 7544 kWh/hogar. Observando la distribución de esa demanda en los diferentes elementos de la vivienda, se observa que es en la climatización de la misma donde se produce esa gran diferencia (IDAE, 2012). Aunque no aparezca reflejada, la tipología plurifamiliar semi-intensiva probablemente presente un valor intermedio a las otras dos debido a una mayor superficie de fachada que la intensiva. Los siguientes datos reflejan la enorme diferencia de consumo y su porcentaje respecto a la demanda total del hogar en la zona Atlántico Norte (IDAE, 2012):

- consumo medio de energía en climatización (bloque): 2520 Kwh/hogar (28.1%);
- consumo medio de energía en climatización (unifamiliar): 15,139 Kwh/hogar (69.9%).

2.3 Residuos orgánicos

En España, la cantidad de residuos orgánicos generados en el entorno doméstico con posibilidad de reutilización es importante, en torno a las 11 millones de toneladas anuales (Del Val, 2009). Un bajo porcentaje de reutilización y reciclaje de estos residuos orgánicos dificulta el retorno de los deshechos al medio, su incorporación a los ciclos naturales de la materia o su aprovechamiento para otros usos. Además, se aumentan las cantidades de residuos que hace falta transportar y tratar o almacenar en vertederos y plantas de tratamiento, con los problemas que todo ello conlleva -entre ellos conflictos ambientales y espaciales por la necesidad de espacio para la gestión y vertido-. La falta de cultura y medios para un adecuado retorno de materias orgánicas provenientes de los residuos domésticos puede ser parte del problema.

En la provincia de Bizkaia, de las 605,601 Tn de residuos urbanos recogidas en 2013, 3544 fueron destinadas a la producción de compost. Pero dentro de esa fracción 54 Tn se eliminaron y 2701 están consideradas como pérdidas (Diputación Foral de Bizkaia, 2014), con lo que, finalmente, quedan 789 Tn destinadas a compost (no supone ni un kilogramo por habitante y año). Según la

2ª revisión del II Plan Integral de Gestión de Residuos Urbanos de Bizkaia 2005-2016, los objetivos de gestión de residuos urbanos para 2016 contemplan el compostaje anual de un 4% de los mismos -alrededor de unas 24,000 Tn-. Las 3544 Tn destinadas a compost en 2013 suponen un 0.58% del total de residuos urbanos, aunque las 789 Tn efectivas finales representan un 0.13%. Parece que se está todavía muy lejos de los objetivos a lograr. Uno de los mayores problemas para mejorar esta cifra puede ser la recogida de los residuos. Según los datos del Observatorio Permanente de Residuos Urbanos de la Diputación Foral de Bizkaia anualmente se recogen unas 401,633 Tn de residuos domésticos -datos de 2013-, de las cuales 326,126 Tn fueron recogidas en masa, sin seleccionar. Lo que hace que se mezclen residuos orgánicos con otro tipo de desechos. De esta manera se produce la 'contaminación' de los primeros, que cuentan con potencial para la vuelta al ciclo natural, y por tanto la imposibilidad o dificultad de su reutilización. Afortunadamente, está en marcha un programa de implantación del 5º contenedor destinado a la materia orgánica en exclusiva.

En Bizkaia se calcula que alrededor del 40% de los residuos domésticos son orgánicos putrescibles (Ekologistak Martxan, 2013), es decir unas 160,653 Tn. Por lo tanto se puede afirmar que, aunque se está avanzando hacia un mayor aprovechamiento de los residuos urbanos orgánicos, todavía queda mucho por avanzar pues la cantidad aprovechada es mínima. En este caso, al contrario que con el agua y la energía, las tres diferentes tipologías citadas en vez del problema aportan la solución: la existencia o no de espacio libre adecuado asociado a la vivienda determinará la posibilidad de instalar sistemas de compostaje doméstico y colectivo.

3 HIPÓTESIS: OPCIONES DE MEJORA DE LA SITUACIÓN

A pesar de ser tres temas que no se integran de manera directa en la práctica habitual del urbanismo, sí contienen una componente urbanística. Se cree que en cierta medida puede aportarse a la disciplina conocimiento e información para corregir desde la misma las situaciones problemáticas descritas. Así, tomando como referencia las tres tipologías residenciales citadas y sus diferentes comportamientos ante estos recursos, se han localizado y estudiado lugares de actuación prioritarios. Esto se ha realizado mediante la identificación de áreas urbanas en las que predomina alguna de las tres tipologías. Se busca así la clasificación de las áreas residenciales con mayor margen de mejora y donde con mayor celeridad se ha de actuar. También, a través de este análisis, se desea reflexionar sobre la relación del tipo de ciudad con la energía, el agua y los residuos orgánicos domésticos. Y ofrecerá también conocimiento y reflexiones para no caer en los mismos errores en posibles nuevos crecimientos. En definitiva, se parte de la hipótesis de que existen ciertos espacios de oportunidad no trabajados en el Área Metropolitana de Bilbao para corregir y avanzar hacia una gestión más adecuada de estos tres recursos en el ámbito residencial.

De esta manera, se pretende aportar información para ayudar a implantar en los edificios identificados con mayor potencial de mejora programas y políticas de ahorro (centrados en los hábitos y sin intervenciones técnicas) y de eficiencia (mediante implantación de sistemas y modificaciones técnicas en componentes y equipos). Cruzada esta información con la referente a la capacidad económica de sus habitantes, podrán valorarse diferentes formas de actuación, estableciendo donde sea necesario ayudas y subvenciones económicas.

4 LOCALIZACIÓN Y ESTUDIO DE LOS ESPACIOS DE OPORTUNIDAD

Los datos manejados, correspondientes al Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE) de 2005, vienen a confirmar el peso de las tres grandes tipologías de vivienda en el Área Metropolitana de Bilbao. Muestran que alrededor del 29% del suelo ocupado con uso residencial se corresponde a la tipología de vivienda unifamiliar, y un 28% a la vivienda plurifamiliar intensiva sin usos ni espacios exteriores anexos, mientras que la gran predominante

es la tipología de vivienda plurifamiliar semi-intensiva con espacios comunes anexos, ocupando un 43% del suelo destinado a uso residencial.

En cuanto a la distribución de estas tipologías, la plurifamiliar intensiva sin usos exteriores (con el menor consumo de energía y agua, pero sin espacios para implantar sistemas de compostaje) se localiza en general en áreas centrales, más densas y que representan los principales centros urbanos. La denominada plurifamiliar semi-intensiva (con un consumo de agua intermedio entre el resto de tipologías, una media de consumo energético probablemente superior al anterior caso, y que permite en muchos casos la implantación de sistemas de compostaje colectivo) resulta una de las tipologías de mayor interés. Esto se debe a que ofrece márgenes de mejora importantes y además presenta una cantidad de población considerable sobre la que tendría efecto cualquier actuación. Por otro lado, esta tipología de ciudad residencial cuenta con elementos que la pueden hacer interesante por otras razones, como la existencia de cobertura vegetal funcionando como sumideros de CO² (Figuroa y Redondo, 2007) o como ámbitos urbanos de una infraestructura verde (CEA, 2012), así como la posibilidad en ciertos casos de densificar parcelas existentes (Druot, Lacaton y Vassal, 2007). Tomando como referencia las áreas localizadas en la tipología anterior, aparece de dos maneras principales. Por un lado, se concentra directamente a continuación de las áreas de vivienda plurifamiliar intensiva formando parte de los núcleos urbanos, y por otro, en áreas más aisladas a una distancia variable de dichos núcleos.

La tipología unifamiliar (con la media más alta de consumo de agua y energía, y facilidad de implantación de sistemas de compostaje doméstico) genera interés, aunque el peso demográfico es menor lo cual llevaría a una mejora total inferior. A este nivel de detalle es difícil de identificar espacialmente, pues los ámbitos manejados por el SIOSE en este caso son muy amplios y la densidad de esta tipología es muy baja con lo cual aparecen marcadas grandes superficies de territorio con predominio de vivienda unifamiliar sin saber su localización exacta. No obstante, pueden aportarse algunas lecturas de las mediciones efectuadas. Estas áreas se sitúan, en general, en los bordes exteriores de los núcleos urbanos así como en áreas aisladas, generalmente núcleos rurales o urbanizaciones aisladas. No obstante, existen ciertas excepciones formadas por áreas, muy diversas entre sí, con predominio de vivienda unifamiliar inmersas en una trama urbana más densa.

A continuación, se presenta un caso práctico comparado, tomando como ejemplo una de las muchas áreas identificadas como posible espacio de oportunidad y otra no identificada como tal, para profundizar en sus características y capacidad de mejora. Concretamente, se trata de dos áreas en el municipio de Getxo (Tabla 1 y Figura 1).

Tabla 1. Características de las dos áreas analizadas en el municipio de Getxo, Bizkaia. Fuente: elaboración propia a partir del Catastro y cartografía 1:1000 de la Diputación Foral de Bizkaia.

Tipología residencial	Semi-intensiva y unifamiliar	Intensiva
Área	Arrigunaga-Usategi	Las Arenas centro
Superficie aprox. (Ha)	14	15
Viviendas	1165	3556
Viviendas / hectárea	83.21	237.07
Edificios residenciales	157	293
Viviendas / edificio	7.4	12.13



Figura 1. Áreas analizadas. Predominio de tipología semi-intensiva y unifamiliar (izquierda) e intensiva (derecha).

Agua

En este primer caso, se analiza la posibilidad de implantar sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales para uso doméstico con el objetivo de reducir el consumo de agua de la red de abastecimiento general (Tabla 2).

Tabla 2. Demanda de agua abastecible con agua pluvial por edificio residencial en dos áreas de Getxo, Bizkaia. Fuente: elaboración propia a partir del Catastro de la Diputación Foral de Bizkaia, Aquespaña (2011), orto fotografías del Gobierno Vasco, tamaño medio familiar en Getxo (INE), pluviometría media en Getxo (EUSTAT) y España, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013).

Tipología residencial	Semi-intensiva y unifamiliar			Intensiva		
	Edificios (viviendas)			Edificios (viviendas)		
% demanda total	Total	Con jardín	Con piscina	Total	Con jardín	Con piscina
0-5	8 (155)	3 (62)	0 (0)	123 (2144)	5 (49)	0 (0)
5-10	83 (839)	64 (653)	8 (68)	143 (1316)	3 (24)	0 (0)
10-15	21 (113)	17 (94)	0 (0)	21 (81)	2 (6)	0 (0)
15-20	2 (8)	2 (8)	0 (0)	4 (12)	0 (0)	0 (0)
20-30	8 (14)	6 (12)	0 (0)	1 (2)	0 (0)	0 (0)
30-40	16 (17)	15 (15)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
40-50	13 (13)	11 (11)	0 (0)	1 (1)	0 (0)	0 (0)
50-100	6 (6)	3 (3)	1 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
% demanda no potable	Total	Con jardín	Con piscina	Total	Con jardín	Con piscina
0-10	1 (22)	1 (22)	0 (0)	23 (537)	0 (0)	0 (0)
10-20	35 (489)	22 (297)	0 (0)	177 (2400)	7 (65)	0 (0)
20-30	54 (479)	43 (392)	8 (68)	66 (523)	1 (8)	0 (0)
30-40	16 (93)	11 (67)	0 (0)	14 (57)	2 (6)	0 (0)
40-50	8 (32)	8 (32)	0 (0)	10 (33)	0 (0)	0 (0)
50-100	14 (21)	11 (17)	0 (0)	2 (5)	0 (0)	0 (0)
100-300	29 (29)	24 (24)	1 (1)	1 (1)	0 (0)	0 (0)
Media edificio (% total)	16.91			6.23		
Media edificio (% no potable)	50.79			18.68		

A pesar de tener menor densidad de viviendas, el número de edificios y viviendas con capacidad de abastecer con agua de lluvia más del 10% de su demanda total es mayor en el área semi-intensiva y unifamiliar. En el caso de la demanda de agua no potable, ocurre lo mismo a partir de un 20% de autoabastecimiento de la misma. A la hora de analizar la rentabilidad económica de la implantación de un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales, las variables a considerar son la demanda, la posibilidad espacial de instalar el sistema, su inversión y mantenimiento, la tarifa del agua de red y la capacidad de suministro a través de la cubierta. Entre los edificios que permiten físicamente la instalación, todas las variables son más o menos fijas excepto la demanda y la cantidad de agua recogida en cubierta. Por lo que puede deducirse

que serán estas zonas con mayores porcentajes las que albergarán mayor número de edificios en los que sea más rentable la instalación de sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales y, por lo tanto, a las que orientar el esfuerzo para tal fin. Por otro lado, la mayoría de estos edificios semi-intensivos o unifamiliares cuentan con jardín, lo que añade un componente extra de demanda de agua no potable a abastecer que sería interesante suplir con agua de lluvia.

Energía

Para la energía, dado que como se ha visto el principal consumo doméstico en esta zona se debe a la climatización, la evaluación realizada consiste en la superficie de fachada media correspondiente a cada vivienda. El cálculo se ha realizado a partir de la altura, perímetro y número de viviendas del edificio, descontando la planta baja en el caso de albergar uso comercial. Por otro lado se ha recogido el año de construcción o rehabilitación de los edificios para saber la normativa vigente en el momento del diseño y construcción de sus envolventes y sistemas de ahorro de energía (Tabla 3).

Tabla 3. Superficie media de fachada por vivienda en edificios residenciales de dos áreas de Getxo, Bizkaia.

Tipología residencial	Semi-intensiva y unifamiliar Edificios (viviendas)				Intensiva Edificios (viviendas)			
Año de construcción/rehabilitación								
Antes de 1981 (previo NBE CT-79)	121 (848)				245 (2973)			
Entre 1981-2008 (NBE CT-79)	33 (279)				44 (525)			
Después de 2008 (CTE DB-HE1)	3 (38)				4 (58)			
Metros cuadrados de fachada	Total	<1981	81-08	>2008	Total	<1981	81-08	>2008
0-30	0 (0)	0	0	0	42 (605)	24	14	4
30-45	2 (34)	0	0	2	97 (1481)	84	13	0
45-60	3 (31)	1	2	0	75 (735)	64	11	0
60-80	21 (239)	12	8	1	50 (495)	46	4	0
80-120	55 (538)	41	14	0	28 (223)	26	2	0
120-160	34 (239)	29	5	0	1 (17)	1	0	0
160-220	19 (58)	18	1	0	0 (0)	0	0	0
220-320	15 (18)	15	0	0	0 (0)	0	0	0
320-470	8 (8)	5	3	0	0 (0)	0	0	0
Media por vivienda (m ²)	144				50			
Media por edificio (año)	1962				1958			

Fuente: elaboración propia a partir del Catastro y cartografía 1:1000 de la Diputación Foral de Bizkaia.

El clima local (templado húmedo sin estación seca: media anual de 14C con oscilaciones máximas intermensuales de 11-12C, humedad relativa media entre el 75-80%, con frecuente nubosidad, vientos generales del oeste y muy lluvioso) exige edificios bien aislados para evitar al máximo las pérdidas de calor y reducir la humedad interior. Si se observa el año de construcción o rehabilitación, en ambas áreas cerca del 80% de sus edificios son anteriores a 1981 -con una media cercana a 1960-. Año que entra en vigor en España la Norma Básica de la Edificación NBE CT-79 sobre Condiciones Térmicas en los edificios, con el objetivo de avanzar hacia un ahorro energético y que supuso la primera gran normativa en ese sentido. Entre un 15% y un 20% se construyeron bajo vigencia de dicha norma y tan solo algo menos del 2% han sido edificados estando vigente el Código Técnico de la Edificación y su Documento Básico HE1, que actualizó las exigencias de ahorro de energía en los edificios y derogó la NBE CT-79. Por lo tanto, se puede afirmar que la gran mayoría de estos edificios residenciales carecen de un diseño de envolvente adecuado para responder al clima local (sin aislamiento térmico, con presencia de puentes térmicos...).

Sin embargo, la diferencia de oportunidad para corregir la situación actual es muy clara en este apartado, pues las viviendas semi-intensivas y unifamiliares presentan con diferencia una

superficie de fachada por vivienda mayor que las de tipología intensiva. La media de las primeras es de 144 metros cuadrados frente a los 50 de las segundas. A partir de 60-80 metros cuadrados por vivienda es muy superior el número de viviendas del primer grupo. La importancia de la superficie de fachada como variable es considerable, como se ha comprobado realizando un ejercicio de ejemplo con el software CE3X 1.0 -desarrollado mediante concurso público para el IDAE- para el cálculo y certificación de la eficiencia energética de edificios existentes mediante método simplificado. Para dos viviendas en bloque de 100 metros cuadrados construidas en 1960 y con las mismas características constructivas y mismas instalaciones de climatización, una de ellas con 144 m² de fachada y la otra con 50 m², la calificación energética obtenida es de 55.2 kgCO₂/m² (letra F) para la primera frente a 30.6 kgCO₂/m² la segunda (letra E). Mientras que la intensiva obtiene una demanda de calefacción de 90.7 kWh/m² en la semi-intensiva resulta el doble, 182.3 kWh/m². A partir de estos datos se pueden confirmar las áreas con mayores necesidades en cuanto a la mejora de su demanda de climatización. Será en estas áreas con vivienda plurifamiliar semi-intensiva y unifamiliar donde exista mayor envolvente exterior que mejorar para lograr una climatización más eficiente.

Residuos orgánicos

En el caso de los residuos orgánicos se han localizado áreas residenciales que presentan espacios libres asociados a las viviendas y se ha analizado la posibilidad de implantar sistemas de tratamiento de los mismos en el punto de generación. Es decir, junto a las viviendas, mediante sistemas de compostaje colectivo -doméstico en el caso de las unifamiliares- (Tabla 4). Esto permitiría reducir la carga de residuos a transportar y tratar en las plantas públicas, así como generar un compost controlado para uso interno o incluso venta externa.

Tabla 4. Material putrescible anual producido por edificio en edificios residenciales de dos áreas de Getxo, Bizkaia. Fuentes: elaboración propia a partir del Catastro y estadísticas de residuos de la Diputación Foral de Bizkaia, orto fotografías del Gobierno Vasco, tamaño medio familiar en Getxo (INE) y Ekologistak Martxan (2013).

Tipología residencial	Semi-intensiva y unifamiliar Edificios (viviendas)		Intensiva Edificios (viviendas)	
	Total	Con espacio libre	Total	Con espacio libre
0-2000	65 (141)	64 (137)	41 (156)	2 (6)
2000-4000	54 (445)	50 (412)	107 (935)	16 (148)
4000-6000	27 (340)	24 (299)	81 (1050)	12 (153)
6000-8000	6 (113)	5 (95)	34 (642)	3 (55)
8000-10000	5 (126)	4 (103)	26 (623)	3 (71)
10000-12000	0 (0)	0 (0)	2 (61)	0 (0)
12000-14000	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
14000-16000	0 (0)	0 (0)	1 (43)	0 (0)
16000-18000	0 (0)	0 (0)	1 (46)	0 (0)
Media por edificio (kg/año)	2727		4460	

Para ello, se ha analizado la cantidad media de residuos orgánicos putrescibles con posibilidad de ser dirigidos a crear compost generados por edificio, y la existencia o no de espacios exteriores privados comunitarios dentro de la parcela residencial. Sin duda, la generación bruta principal de residuos se produce en el área urbana con vivienda intensiva, por razones obvias: su mayor densidad de viviendas. Efectivamente los edificios de ese área generan de media en torno a 4460 kg anuales de residuos orgánicos frente a los 2727 kg generados en el área con predominio de las tipologías de vivienda semi-intensiva y unifamiliar. Pero la mirada no se ha de dirigir a la tipología de mayor generación de residuos, sino a la que cuenta con mejor capacidad de tratarlos y gestionarlos. En este sentido, la protagonista vuelve a ser el área con vivienda semi-intensiva y unifamiliar. Esta cuenta con el triple de edificios con un espacio exterior adjunto en el que implantar sistemas de compostaje colectivo o doméstico, lo que se traduce en casi tres veces el número de viviendas afectadas. Es más, en el 80% de dichos edificios ese espacio

exterior comunitario ya sea en parte o en su totalidad es jardín. Por lo que el compost producido podría destinarse en parte al consumo interno de la propiedad.

Se estima que a partir de 10 kg de materia orgánica fresca se pueden obtener en algo más de un año 2 kg de compost viejo listo para alimentar a los cultivos mezclándolo con la tierra o enterrándolo (Abarra Taldea, 2014). Según los datos de la Diputación Foral de Bizkaia, en el año 2013 se generaron una media de 0.95 kg de residuos domésticos por habitante y día. Y si tal y como el estudio de Ekologistak Martxan afirma (2013) un 40% de los residuos domésticos de Bizkaia son putrescibles y por lo tanto susceptibles de destinar al compostaje, se generarían en Bizkaia unos 0.38 kg de materia orgánica por habitante y día para tal fin. Los objetivos impuestos por la Diputación Foral de Bizkaia para 2016 se alcanzarían si mediante estos sistemas colectivos alrededor de 173,000 habitantes en Bizkaia destinasen al compostaje el 100% de sus residuos orgánicos putrescibles -un 15% de su población actual, 65,283 viviendas, 8822 edificios de vivienda semi-intensiva como los del caso presentado-.

5 CONCLUSIONES

Mucho se ha hablado de las ventajas que la ciudad densa y compacta ofrece en numerosos ámbitos -calidad de vida, movilidad, dotaciones e infraestructuras, suelo y recursos,...-. Sin embargo, con la ya tan comentada necesidad de volver la mirada a la ciudad existente para analizar sus carencias y actuar en ella se hace necesario también centrarse en aquellas áreas urbanas que precisamente carecen de las ventajas de la ciudad densa para evaluar de qué manera se puede transformar y mejorar. Con ese objetivo en mente y tras lo desarrollado en el artículo, se quiere defender la idea de que las áreas urbanas con densidades medias como las del caso práctico presentado ofrecen ciertos espacios de oportunidad para una gestión más eficiente y racional del espacio residencial construido que la ciudad densa no ofrece. Por lo tanto, han de ser objeto de políticas, programas y planes para aprovecharlos. Considerando que lo expuesto en estos casos puede extrapolarse a muchos otros similares que se han localizado en el Área Metropolitana de Bilbao -recordamos que esta tipología supone el 43% de su suelo residencial según datos del SIOSE 2005-, la posibilidad de mejora es sustancial. Se cuenta así con una base de información territorial y urbana interesante para afrontar y pensar la manera en que enfrentarse a estos espacios de oportunidad. Principalmente la diversidad de renta per cápita existente entre estos espacios de oportunidad influirá en la manera de intervenir. Los programas de información y fomento para la intervención, comunes a todas las áreas, deberán ir acompañados de ayudas y subvenciones económicas en aquellas áreas de menor renta.

Desde la disciplina urbanística, el margen de maniobra en estos temas es limitado por varias razones y por lo tanto hay trabajo por hacer. El sistema del planeamiento urbanístico estatal y autonómico ha sido ya analizado en profundidad y con rigor (España, Ministerio de Vivienda, 2010) y se ha visto que, entre otras carencias, está principalmente orientado a los nuevos crecimientos y no diseñado para intervenir en la ciudad existente. Por otro lado, su principal enfoque es el de organizar la propiedad y usos del suelo, quedando muchos otros aspectos pertenecientes a la planificación urbana fuera de sus objetivos o en un segundo plano. Posiblemente, mientras no haya cambios estructurales en el planeamiento urbanístico municipal, a la hora de actuar en las situaciones descritas en el artículo y aprovechar estas oportunidades serán más eficaces otros instrumentos de planificación como ordenanzas municipales o programas públicos -compatibles con el planeamiento- de ayuda y fomento a intervenciones en la edificación.

REFERENCIAS

Abarra Taldea. 2014. Manual práctico de técnicas de compostaje. Consultado en mayo de 2014, disponible en <http://www.abarrataldea.org/manualpdf.pdf>.

Aquaespaña (Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas). 2011. Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios. Consultado en mayo de 2014, disponible en <http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/Guia%20Tecnica%20Aguas%20Lluvia%20AqEsp-2011.pdf>.

Centro de Estudios Ambientales (CEA). 2012. El Anillo Verde Interior. Hacia una Infraestructura Verde Urbana en Vitoria-Gasteiz. Documento de trabajo. Vitoria-Gasteiz: CEA.

Consortio de Aguas Bilbao Bizkaia. 2014. Consultado en agosto de 2014, disponible en: <http://www.consortiodeaguas.com/web/CicloAgua/ciclodelagua.aspx?id=captacion>.

Del Val, Alfonso. 2009. El problema de los residuos en la sociedad del bienestar. Boletín CF+S 50: 29-38.

Diputación Foral de Bizkaia. 2014. Datos de residuos Año 2013. Consultado en mayo de 2014, disponible en: http://www.bizkaia.net/home2/archivos/DPTO9/Temas/obs_2013_web_cast.pdf?idioma=CA&bnetmobile=0.

Domene Gómez, Elena, et al. 2004. Tipologías de vivienda y consumo de agua en la Región Metropolitana de Barcelona. IV Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Tortosa.

Druot, Frédéric; Lacaton, Anne y Vassal, Jean-Philippe. 2007. PLUS. La vivienda colectiva. Territorio de excepción. Barcelona: Gustavo Gili (Proyectos en el Petit Maroc y barrio de La Chesnaie, Saint-Nazaire).

Ekologistak Martxan. 2013. Nota de prensa, consultado en mayo de 2014, disponible en: <http://www.ekologistakmartxan.org/files/2013/02/NOTA-DE-PRENSA-MOCION-COMPOSTAJEcaste.pdf>.

Ente Vasco de la Energía (EVE). 2012. Estrategia energética de Euskadi 2020. Bilbao: EVE.

Ente Vasco de la Energía (EVE). 2013. Euskadi energía 2012 Datos energéticos. Bilbao: EVE.

España, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). 2013. Perfil ambiental de España 2012 Informe basado en indicadores. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

España, Ministerio de Vivienda. 2010. Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español. Madrid: Ministerio de Vivienda.

Figuerola Clemente, Enrique y Redondo Gómez, Susana. 2007. Los sumideros naturales de CO₂: una estrategia sostenible entre el cambio climático y el Protocolo de Kyoto desde las perspectivas urbana y territorial. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Instituto Vasco de Estadística (EUSTAT). 2014. Indicadores Ecoeuskadi 2020, Objetivo estratégico 5 Dependencia energética. Consultado en agosto de 2014, disponible en: http://www.eustat.es/indicadores/ambito_99/temaseleccionado_56/indicadoresEstruc.html#axzz3C1BmYVOE.

Instituto para la Diversificación y ahorro de Energía (IDAE). 2012. Estudio sobre Consumo Energético del Sector Residencial en España; Resumen de información básica. Consultado en abril de 2014, disponible en: <http://www.idae.es/index.php/id.171/mod.noticias/mem.detalle>.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 2003. Domestic water quantity, service, level and health. Consultado en abril de 2014, disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/en/.

Universidad Politécnica de Valencia. 2014. Sistema de aprovechamiento de aguas pluviales (SAP). Jornada Ahorro de agua en la edificación. Foro para la edificación sostenible Comunitat Valenciana. Consultado en agosto de 2014, disponible en: http://www.five.es/cursos-jornadas/Agua250609/B_Gonzalo_lopez/2.pdf.

Comércio e serviços como estratégia de sustentabilidade socioeconômica

Thaís Nunes Vicentim

Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Londrina, Paraná, Brasil.

thaisa.nv@gmail.com

Milena Kanashiro

Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Londrina, Paraná, Brasil.

milena@uel.br

ABSTRACT: A recurring matter that arises from discussions about sustainable cities is the critic to monofunctional spaces, comprising the need for mixed use in housing, trade, and services. Although this discussion has been put forward, the reality is that current housing financing programs in Brazil continue to implement only residential real estate projects in the outskirts, where living is limited to the sheltering condition, without the effective support to the right to the city - infrastructure, transportation, trade, and social facilities. The fact of the matter is to analyze the spontaneous up rise of the tertiary sector in the Brazilian Low Income Housing Program. Based on a case study at the Vista Bela housing project, in the city of Londrina, which is the largest project funded by the federal program, comprising 2712 housing units. The goal is to show the social economic importance of trade and services at those areas, as an urban sustainable guideline leading to a reassessment of the National Housing Policy.

Keywords: Urban sustainability, Minha Casa Minha Vida Program, Tertiary Sector.

RESUMO: Uma questão recorrente nas discussões sobre cidades sustentáveis é a crítica aos espaços monofuncionais, inserindo a necessidade de uso misto – habitação, comércio e serviço. Embora essa discussão esteja em evidência observa-se que o atual programa de financiamento habitacional do Brasil continua implantando empreendimentos exclusivamente residenciais em áreas periféricas, onde o “morar” é restrito a questão do “abrigo” sem provimento efetivo do direito à cidade - infraestrutura, transporte, comércio e equipamentos sociais. Nesse contexto, o objetivo do trabalho é analisar o surgimento espontâneo do setor terciário em um estudo de caso do programa federal “Minha casa, Minha Vida”, o Residencial Vista Bela, em Londrina-PR – maior empreendimento financiado pelo programa, com 2712 unidades habitacionais. Como resultado pretende-se revelar a importância socioeconômica do comércio e serviço nos Empreendimentos de Habitação de Interesse Social, como diretriz de sustentabilidade urbana, indicando uma reavaliação da Política Nacional de Habitação.

Palavras-chave: Sustentabilidade urbana, Programa Minha Casa Minha Vida, Setor terciário.

1 INTRODUÇÃO

Observa-se a prática de uma produção habitacional no Brasil, visando sanar o déficit de moradias para a população de zero a três salários mínimos, considerando apenas a questão do abrigo sem provimento efetivo do direito à cidade. Tal processo reforça a periferação de forma segregacionista, excluindo esta população das centralidades de comércio e serviços e da infraestrutura e equipamentos urbanos. Segundo Maricato (2005), a escassez relativa e os elevados preços da terra urbana, decorrentes de uma política inadequada no uso do solo, contribuem para o aumento dos problemas habitacionais do país.

O resultado espacial em nossas cidades é a produção de moradias em série formando extensos e numerosos empreendimentos habitacionais nas regiões periféricas. Essa ocupação, além de acentuar a distância entre população e estruturas de comércio e serviços promove o uso estritamente residencial, com a proibição da prática de comércio e serviço nas unidades.

Esse processo de urbanização atua incentivando a informalidade, pois gera uma demanda de comércio e serviços que, devido às condições impostas pelo programa, acontece de maneira informal, fato que contribui para a ausência de sustentabilidade econômica e social desses empreendimentos. De acordo com Saúgo (2010, p. 12) “a noção de sustentabilidade passou a lidar com três aspectos interatuantes: ambiente físico, organizações sociais e processos econômicos”.

Farr (2013) apresenta o urbanismo sustentável como a busca pela interação de três movimentos para promover a criação de ambientes urbanos verdadeiramente sustentáveis. Segundo o autor as bases do urbanismo sustentável estão nestes três movimentos reformistas do final do século XX: os movimentos do crescimento urbano inteligente, o Novo Urbanismo e as construções sustentáveis. Os três possuem histórias, defensores, abordagens e focos diferentes, mas compartilham do interesse por reformas econômicas, sociais e ambientais abrangentes. Farr (2013) afirma a importância e valor de cada movimento, porém ressalta a existência de uma tendência de autoafirmação, impedindo a resolução dos problemas ambientais de maneira holística. O autor acrescenta ainda que a unidade básica do planejamento urbano é o bairro, que se define como “compacto, orientado para o pedestre e de uso misto” (p. 120). A reafirmação dessa definição torna-se necessária, visto que atualmente observam-se muitos empreendimentos monofuncionais, desconectados da malha urbana, característico das urbanizações dispersas, que são chamados de bairro, mas não cumprem as devidas funções. Segundo o autor, “bairros existem para satisfazer tanto as necessidades diárias quanto as necessidades que surgem ao longo da vida. Para satisfazer a essas necessidades de curto e longo prazo e para possibilitar opções de vida saudáveis, os bairros precisam incluir uma grande variedade de usos do solo, tipos de edificação e tipos de moradia” (FARR, 2013, p. 32).

Portanto, por meio do estudo de caso realizado no Residencial Vista Bela – um dos maiores empreendimentos do Brasil financiado pelo programa federal Minha Casa, Minha Vida até o momento – constatou-se que o setor terciário emergente no bairro responde tanto à questão da carência de áreas de abastecimento para a população, como a necessidade de renda e subsistência das famílias.

2 POLÍTICA NACIONAL DE HABITAÇÃO (PNH) E O PMCMV

A Política Nacional de Habitação (PNH) é viabilizada e implementada pelos seguintes instrumentos: Sistema Nacional de Habitação (SNH), Desenvolvimento Institucional, Sistema de Informação, Avaliação e Monitoramento da Habitação, e o Plano Nacional de Habitação. Dentre estes o Sistema Nacional de Habitação (SNH) é o principal, e comporta dois subsistemas: o de Habitação de Interesse Social e o de Habitação de Mercado, como visto na Figura 1 (Brasil, 2004 & Brasil, 2011).

Destaca-se como uma das atribuições do SNH, o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS), instituído pela Lei nº 11.124, de 16 de Junho de 2005. Este sistema volta-se exclusivamente para promover ações relacionadas à moradia digna para camada de baixa renda, e tem como objetivo equacionar o déficit habitacional por meio de programas e ações que invistam na melhoria das condições de habitabilidade, incorporando planejamento e provisão habitacional, urbanização, regularização e integração de assentamentos precários, e a assistência técnica (Brasil, 2011).



Figura 1. Organograma da Política Nacional de Habitação. Fonte: BRASIL (2011).

As diretrizes que norteiam o SNHIS, estabelecidas na Lei nº 11.124, são: dar prioridade aos planos, programas e projetos habitacionais para população de menor renda; utilização prioritária de incentivo ao aproveitamento de áreas dotadas de infraestrutura não utilizadas ou subutilizadas, inseridas na malha urbana; utilização prioritária de terrenos de propriedade do Poder Público para implantação de projetos de HIS; sustentabilidade econômica, financeira e social dos programas e projetos implementados; incentivo a implementação dos diversos institutos jurídicos que regulamentam o acesso a moradia; incentivo a pesquisa, incorporação de desenvolvimento tecnológico e de formas alternativas de produção habitacional; adoção de mecanismos de acompanhamento e avaliação e de indicadores de impacto social das políticas, planos e programas; e por fim, estabelecer mecanismos de quotas para idosos, deficientes e famílias chefiadas por mulheres (Brasil, 2005).

Os programas integrantes do SNHIS são financiados com recursos do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT); Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS); Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS); e outros fundos ou programas que vierem a ser incorporados ao SNHIS. O FNHIS possui natureza contábil, objetivando centralizar e gerenciar recursos orçamentários para os programas estruturados no âmbito do SNHIS, destinados a implementar políticas habitacionais direcionadas à população de baixa renda (Brasil, 2005).

O SNHIS centraliza todos os programas, planos e projetos destinados a habitação de interesse social e sendo assim, o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), lançado em 2009 pelo governo federal, faz parte deste sistema.

2.1 Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV)

O PMCMV, instituído a partir da publicação da Lei nº 11.977 (BRASIL, 2009), embora tenha sofrido diversas alterações através de Medidas Provisórias, Instruções Normativas, Portarias, Decretos e Leis Complementares, desde o princípio tem por finalidade promover mecanismos de incentivo à produção e aquisição de novas unidades habitacionais (Brasil, 2009, p. 1). Na primeira versão da Lei nº 11.977 (BRASIL, 2009), a União estava autorizada a transferir recursos ao Fundo de Arrendamento Residencial (FAR) e ao Fundo de Desenvolvimento Social (FDS); conceder subvenção econômica para implementação do PMCMV aos Municípios com população de até cinquenta mil habitantes; participar do Fundo Garantidor de Habitação Popular (FGHab); e conceder subvenção econômica ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

No caso das famílias com renda de zero a três salários mínimos, a disponibilidade de recursos ocorre por meio da participação da União no FAR, mediante integralização de cotas e da transferência de recursos ao FDS. O subsídio é concedido através de prestações mensais do financiamento durante cento e vinte meses. De acordo com o Decreto nº 103 (Brasil, 1991), o FDS, destina-se ao financiamento de projetos de relevante interesse social nas áreas de habitação popular, saneamento básico, infraestrutura urbana e equipamentos comunitários.

A Lei 11.977 (Brasil, 2009) permite nos empreendimentos multifamiliares, custeados com recursos do FAR, a produção de unidades destinadas à atividade comercial somente quando vinculada ao edifício, e o resultado de sua exploração deve ser destinado integralmente ao custeio do condomínio, sendo proibida a venda dessas unidades comerciais (Incluído pela Medida Provisória nº 514, de 2011). Portanto não há outra forma de inserção do comércio nos empreendimentos em foco, se não esta mencionada.

Embora o SNHIS tenha como uma de suas diretrizes a sustentabilidade econômica, financeira e social dos programas e de projetos implementados, observa-se que a própria legislação do PMCMV impõe barreiras quando, por exemplo, restringe a inserção do comércio no bairro. Embora entenda-se que a sustentabilidade urbana não se resume somente à questão do uso do solo misto (habitação/comércio/serviço), esta pesquisa contribui para evidenciar esse processo de transformação recorrente em vários empreendimentos do PMCMV como possibilidade de demonstrar um “morar” mais sustentável.

3 ESTUDO DE CASO: RESIDENCIAL VISTA BELA – LONDRINA PR

3.1 Apresentação do Residencial Vista Bela

Para análise do problema realizou-se um estudo de caso no Residencial Vista Bela, projeto integrante do PMCMV. Localizado na zona Norte de Londrina, no Paraná – uma cidade de porte médio, com população de 537.566 hab. (IBGE, 2010) – o empreendimento encontra-se a aproximadamente a 8,5 km de distância do centro histórico, e a 3,5 km da Avenida Saul Elkind, uma via caracterizada como subcentro da zona norte da cidade, com expressiva gama de comércio e serviços (SILVA, MORAES e MEDEIROS, 2013) (Figura 02).



Figura 2. Localização do Residencial Vista Bela em Londrina - PR. Fonte: Google Earth, alterado pela autora, 2012.

O Residencial Vista Bela iniciou suas obras em 2009 e teve em 27 de Junho de 2011 o primeiro lote de unidades habitacionais entregues. Nesta primeira fase foram inseridas 178 famílias, e a partir daí, sucederam mais doze entregas, sendo a última em 01 de Junho de 2012, totalizando 2712 unidades habitacionais – 1206 casas do tipo geminadas, 66 casas especiais (para idosos e PCD) e 1440 apartamentos em edifícios multifamiliares – resultando numa população de aproximadamente 11.000 habitantes.

De acordo com o Plano Local de Habitação de Londrina, há duas formas de acesso à participação no PMCMV: “uma intermediada pela COHAB-Ld, que atende ao cadastro de demandantes da Companhia e outra, onde as pessoas individualmente ou pequenas construtoras apresentam a proposta diretamente à Caixa Econômica Federal” (LONDRINA, 2011, p. 89). No Residencial Vista Bela, de acordo com Aragão (2014), a CoHab-Ld ficou responsável pelo cadastramento, seleção e entrega das casas para as famílias e a execução ficou a cargo de três construtoras consorciadas.

A implantação do Vista Bela, desconexa da malha urbana, evidencia a falta de diretrizes básicas de sustentabilidade urbana, devido a sua extensão, seu uso único, ausência de equipamentos e distante da infraestrutura da cidade. Além de gerar outro problema apontado por Maricato

(2001, p. 69), que defende que “um empreendimento mal localizado gera desperdícios, pois a extensão das redes e equipamentos urbanos para lugares não urbanizados impõe um alto preço ao conjunto da sociedade, que financia seus custos”. Uma análise realizada num raio de três quilômetros do Residencial Vista Bela revela a carência de equipamentos de educação e saúde em seu entorno imediato na época de sua implantação (Figura 3).

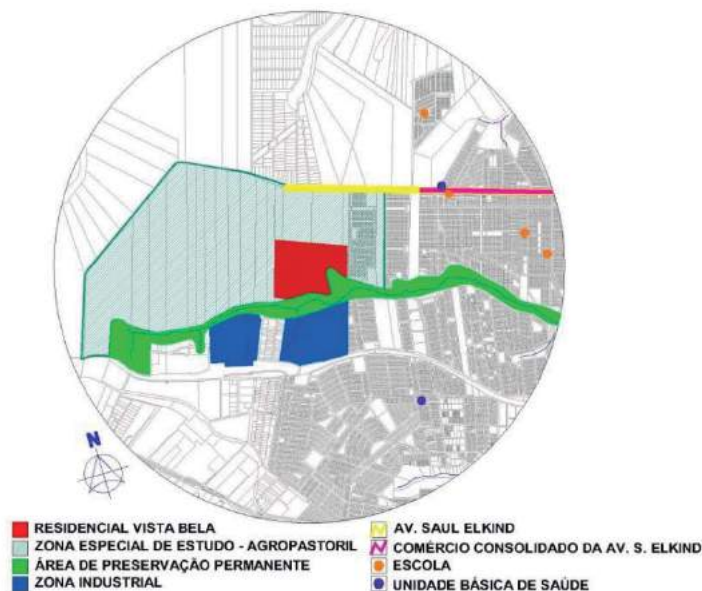


Figura 3. Mapa síntese realizado com base nas informações do projeto de lei do Plano Diretor de 2008.

Esse modelo de implantação é visível em várias cidades brasileiras e, de acordo com Ferreira (2012, p. 8), “desde 2009, o PMCMV tornou-se a locomotiva da produção habitacional do País, em inédito esforço de enfrentar a questão da moradia”. O resultado é a produção massiva de casas idênticas formando uma paisagem monótona, conseqüente da imposição de um traçado regular, com intuito de maximizar o espaço privado, alcançando a maior quantidade de casas possíveis (Figura 4).



Figura 4. Vista panorâmica do Vista Bela. Fonte: site da construtora Protenge Engenharia, em 29/07/2014.

Portanto foram muitos os impactos gerados na vida dos novos moradores, devido à ausência de Unidade Básica de Saúde, de escola, de áreas de abastecimento das necessidades básicas, além do aumento do percurso casa/trabalho. Segundo Lavos (2009), esses novos bairros estão excluídos das centralidades e dos serviços urbanos em função da especulação imobiliária. E para Maricato (2001), o PMCMV tem interesse apenas na quantidade de moradias e não em sua condição urbana.

3.2 Setor terciário no Residencial Vista Bela

Rotem-Mindali (2012) faz a correlação entre áreas residenciais e setores varejistas e afirma que onde existe a demanda será realizada a oferta. Afirma ainda que o tamanho do mercado é

definido pela renda da população e insere a acessibilidade como uma condição necessária para desenvolvimento da atividade de varejo.

Por meio do mapeamento do comércio realizado no empreendimento, em três momentos - Outubro de 2012 (um ano e quatro meses após entrega do primeiro lote de casas); Dezembro de 2013 (dois anos e meio após a entrega do primeiro lote) e em Julho de 2014 (momento atual) - percebe-se um crescimento gradativo desses estabelecimentos: na primeira visita (2012) levantou-se 26 unidades comerciais; no segundo momento (2013), esse número cresceu para 73 estabelecimentos e, no levantamento realizado recentemente (2014) constatou-se 82 unidades, além dos comércios instalados nas proximidades para atender a população do Vista Bela, desde 2013.



Figura 5. Levantamento de uso e ocupação do solo (Outubro/2012). Figura 6 . Levantamento de uso e ocupação do solo (Dezembro/2013).

Observa-se o avanço no número de estabelecimentos entre o primeiro e o segundo levantamento, no intervalo de um ano triplicou-se o número de unidades habitacionais com algum tipo de comércio ou serviço. As Figuras 5, 6 e 7 identificam o perímetro do empreendimento, as unidades do setor terciário e o comércio no bairro adjacente, com o objetivo de atender a demanda gerada do Vista Bela. Segundo Rotem-Mindali (2012) a oferta caminha sempre em direção à demanda, principalmente em relação ao comércio varejista em áreas residenciais.



Figura 7. Levantamento de uso e ocupação do solo (Julho/2014)

Os 82 estabelecimentos foram agrupados de acordo com o ramo de produtos comercializados. Observa-se o destaque da categoria do setor alimentício – seja para preparo e consumo doméstico ou para lazer. Este tipo de comércio é considerado de fácil ingresso, em virtude do baixo capital inicial e existência de consumidores (Figura 8).

Os estabelecimentos do setor terciário no Vista Bela comercializam produtos para atender as necessidades básicas, de uso cotidiano dos moradores e, devido à proximidade com as residências, é facilmente acessível. O grande número de comércios relacionados a alimentação fortalece as características de um comércio local. O setor terciário no bairro pode ser correlacionado também à categoria de comércio não planejado, ou seja, um varejo de origem

espontânea, onde o comércio se instala em edifícios construídos ou não para esta finalidade (Vargas; Mendes, 1999). Segundo Rotem-Mindali (2012) esses centros podem evoluir ao longo do tempo, adequando-se à demanda dos consumidores de forma flexível.

VAREJO NO VISTA BELA			
	TIPO DE COMÉRCIO/ SERVIÇO	%	Nº
COMÉRCIO	BANCA (DOCES/SALGADINHOS/PETISCOS)	12,20	10
	VENDA DE VALE SORTE	10,98	9
	ALIMENTAÇÃO (MERCADO/MERCEARIA/SACOLÃO/AÇOQUE)	9,76	8
	VENDA DE BEBIDA NA CASA	4,88	4
	BRECHÓ E CONFECÇÕES	3,66	3
	BAZAR (IMPORTADOS/PRESENTES)	2,44	2
	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	1,22	1
SERVIÇO	BAR	15,85	13
	ALIMENTAÇÃO LAZER (LANC./REST./SORV./PIZZA.)	13,41	11
	ESTÉTICA E BELEZA (CABELEIREIRO/MANICURE/DEPILAÇÃO)	10,98	9
	IGREJA	4,88	4
	VIDRAÇARIA E SERRALHERIA	3,66	3
	PAPELEIRO	1,22	1
	MOTO TAXI	1,22	1
	PET SHOP	1,22	1
	ASSISTENCIA TECNICA (ELETRÔNICOS)	1,22	1
	SERVIÇOS DE ADVOCACIA	1,22	1
	TOTAL	100,00	82

Figura 8. Quadro de categorias de comércio e serviços levantadas no Vista Bela.

3.3 Análise dos comerciantes no bairro

Para compreender o surgimento do setor terciário no bairro, foi elaborada uma ferramenta de coleta de dados – questionário – aplicada a 31 empreendedores que realizam algum tipo de atividade terciária no residencial Vista Bela. O questionário aborda questões como: identificação do comércio, tipologia, funcionamento, administração, produtos comercializados e perguntas relacionadas à inserção do comerciante no mercado informal.

Entre os participantes da pesquisa, 74,2% residem na mesma unidade habitacional e 25,8% têm o Vista Bela como seu local de trabalho. Entre estes tem-se os vendedores ambulantes (internos e externos), comerciantes que arrendaram parte do lote de moradores e aqueles que compraram um estabelecimento comercial já consolidado em uma residência (Figura 09).

Os comércios podem ser considerados como independentes por apresentarem algumas das seguintes características elencadas por Vargas (2000): ausência de visão empresarial, baixa qualificação, idade avançada, conservadorismo, resistência à mudança, pouca preocupação com o espaço físico e desconsideração para com o mercado.

A maioria dos comerciantes entrevistados mudou-se para o bairro em 2011 (61,3%) e 12,9% destes comerciantes não são moradores. No gráfico verifica-se que no primeiro ano, 19,4% dos participantes da pesquisa já haviam instalado seus comércios. No entanto, o maior número de abertura de comércios ocorreu em 2012 (35,5%). No ano seguinte 22,6% dos entrevistados iniciaram suas atividades comerciais e, 22,6% do total, iniciaram no primeiro semestre de 2014. Esses dados revelam o acréscimo de unidades comerciais no bairro, evidenciando o surgimento de atividades para suprir necessidades diárias.

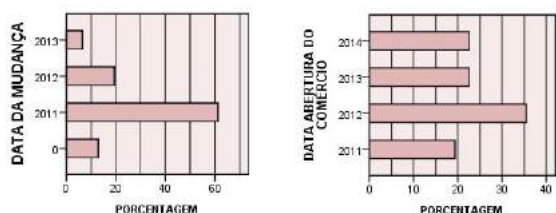


Figura 9. Data de mudança dos comerciantes e data da abertura dos comércios.

Quanto à origem dos moradores que atuam no comércio, os dados foram sobrepostos em um gráfico de dispersão, demonstrando que: 50% dos comerciantes moravam em casa alugada e já atuavam no ramo comercial e, a outra metade iniciou essas atividades após adquirir a casa

própria no Vista Bela. No caso dos comerciantes oriundos de assentamentos irregulares, a maioria já praticava a atividade comercial e transportou esta para bairro atual. Infere-se que alguns moradores viram no Vista Bela um novo mercado consumidor para os seus produtos e outros inseriram novos produtos de acordo com o perfil e necessidades da população (Figura 10). Ambos os casos revelam a importância econômica desta atividade para geração de renda da família.

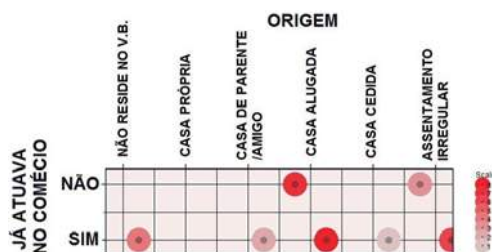


Figura 10. Diagrama de dispersão: atuação anterior no comércio e origem dos respondentes.

A maioria dos proprietários de estabelecimentos entrevistados enquadra-se nas características do setor informal elencadas por Cacciamali (2000). No primeiro item, apenas um dos comércios não é de propriedade familiar. No quesito origem e aporte próprio dos recursos, 83,9% dos respondentes iniciou o comércio com seu próprio capital, as origens dos recursos são diversas: rescisão do emprego anterior, economias, capital de giro de outros negócios, ganho de ação judicial, lucro de outros comércios, herança, compra de estoque parcelada e venda de carro. Entre os 16,1% as fontes foram: empréstimos e financiamento em banco e empréstimos de familiares e amigos (Tabela 1).

Tabela 1 - Características do setor informal, encontradas no Vista Bela.

	Propriedade familiar	Recursos próprios	Pequena escala de produção	Facilidade de ingresso	Uso intensivo do trabalho e tecnologia adaptada	Habilidades a parte do sist. Escolar	Competitividade e não regulamentação
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Não	3,2	16,1	12,9	22,6	9,7	3,2	41,9
Sim	96,8	83,9	87,1	77,4	90,3	96,8	58,1

Nota: Esta tabela foi elaborada pela autora com base no trabalho de CACCIMALI (2000).

O porte dos estabelecimentos e volume de vendas indica estabelecimentos de pequena escala. 77,4% dos comerciantes encontraram boa recepção no Vista Bela, porém 22,6% relataram dificuldade em ingressar no mercado. Não foi verificado uso de nenhum tipo de tecnologia nos comércios. Apenas o mercado, maior estabelecimento do bairro, utiliza um sistema informatizado de caixa e um dos bazares possui máquina de recarga de créditos no celular. As habilidades profissionais dos comerciantes, na maioria foram adquiridas à parte do sistema escolar de ensino; e por fim, quanto à participação em mercados competitivos, 58,1% dos proprietários acreditam que há alta concorrência entre os comércios do bairro.

Quando questionados sobre os lucros do negócio, 84% afirmam que os rendimentos adquiridos cumprem apenas a função de suprir as necessidades básicas da casa, caracterizando um comércio de subsistência. Os outros 16% acreditam que os lucros contribuíram na melhora do nível de vida e proporcionaram a aquisição de bens, como automóvel. Estes últimos alegam que o lucro obtido no comércio ou serviço pode dar suporte a uma condição melhor de qualidade de vida.

A análise dos dados aponta para a necessidade de revisão das diretrizes e parâmetros dos programas habitacionais vigentes para inserção de princípios básicos da sustentabilidade econômica e social.

4 CONCLUSÃO

Por meio dos dados apresentados, percebe-se a importância do comércio nestes empreendimentos de habitação de interesse social. Conclui-se que o setor terciário ocupa não apenas o papel de abastecimento desta população com acesso às necessidades diárias a pé, mas também, de relevância socioeconômica se consideramos como fator de geração de renda.

O movimento do urbanismo sustentável aponta para problemas estruturais de nossas cidades e Farr (2013) defende que o bom planejamento urbano diz respeito à cidade como um todo e aponta para a falta de comércio e empregos próximos à moradia como uma das questões de sustentabilidade urbana.

Portanto, por meio da análise da legislação do PMCMV e da situação constatada no estudo de caso evidencia-se o fato da necessidade de correlacionar a política habitacional com as sociais e as econômicas. Nesse sentido, o comércio e o serviço devem ser considerados devido aos seguintes fatores: geração de receita e renda; geração de oportunidades de trabalho; abastecimento da população nas diversas escalas de consumo; reforço da centralidade; reforço da atratividade urbana; e por fim, interferência na qualidade de vida urbana em sentido amplo que inclui desde as possibilidades de consumo até a qualidade do ambiente urbano (ambiente construído, e oportunidades), na escala local e regional (Vargas, 2000).

Verifica-se que os princípios de sustentabilidade urbana expostos contribuem para reavaliação dos projetos habitacionais, agregando qualidade aos espaços para garantir efetivamente o direito à moradia adequada em termos holísticos para buscarmos a sustentabilidade econômica, social e ambiental de nossas cidades.

REFERÊNCIAS

Aragão, D. L. L. J. 2014. *Subsídios para aplicação do custeio- meta na etapa de concepção de unidades habitacionais de interesse social no âmbito do PMCMV*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Londrina: Universidade Estadual de Londrina.

Brasil. 1991. *Decreto nº 103*, de 22 de Abril de 1991. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D103.htm>. Acesso em 10/05/2014.

Brasil. 2004. Ministérios das Cidades. *Política Nacional de Habitação*. Cadernos MCidades Habitação 4: Brasília.

Brasil. 2005. *Lei nº 11.124*, de 16 de Junho de 2005. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11124.htm>. Acesso em 10/05/2014.

Brasil. 2009. *Lei nº 11.977*, de 7 de Julho de 2009a. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm>. Acesso em 10/05/2014.

Brasil. 2011. *Plano Local de Habitação de Interesse Social: manual de orientação à elaboração do PLHIS simplificado para municípios com população até 50 mil habitantes*. Disponível em <<http://www.capacidades.gov.br/evento/73/Curso+de+Ensino+a+Distancia+EAD+-+PLHIS+Simplificado>>. Acesso em 10/05/2014.

Cacciamali, M. C. 2000. Globalização e processo de informalidade. *Economia e Sociedade*, Campinas, v.14, p. 153-174, jun. 2000.

Farr, D. 2013. *Urbanismo Sustentável: desenho urbano com a natureza*. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman.

Ferreira, J. S. W. (Coord.). 2012. *Produzir casas ou construir cidades?* Desafios para um novo Brasil urbano. Parâmetros de qualidade para a implementação de projetos habitacionais e urbanos. São Paulo: LABHAB; FUPAM.

IBGE. 2010. *Censo Demográfico 2010*. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 04 out. 2013.

Lavos, A. P. A. D. 2009. *Sociabilidade em conjuntos habitacionais produzidos pelo Estado: o caso da COHAB Cidade Tiradentes*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - São Carlos: Escola de Engenharia de São Paulo.

Londrina. 2011. *Plano Local de Habitação de Interesse Social*. Londrina. Disponível em: <<http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/cohab/cmhl/PLHIS/PLHIS-PLANO-LOCAL-DE-HABITACAO-DE-INTERESSE-SOCIAL.pdf>>. Acesso em: 30 abr 2014.

Maricato, E. 2001. *Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana*. Petrópolis: Vozes.

Maricato, Ermínia. A nova política nacional de habitação. *Jornal O Valor*, São Paulo, 24 de novembro de 2005.

Rotem-Mindali, O. 2012. Retail fragmentation vs. urban livability: Applying ecological methods in urban geography research. *Applied Geography*, Elsevier, v.35, p. 292–299, Nov. 2012. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/apgeog>. Acesso em: 15/03/2013.

Saúgo, Andréia. 2010. *Sustentabilidade Social: requisitos para verificação em projetos de arquitetura de empreendimentos habitacionais*. Florianópolis, 28 de junho de 2010. 125p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo). UFSC: Santa Catarina.

Silva, B.S.M. ; Moraes, D.R.; Medeiros, T.S. (Orgs.). 2013. *“Essa rua tem histórias”*: memórias e sociabilidades da Saul Elkind. Londrina: Inventário e Proteção do Acervo Cultural de Londrina.

Vargas, H. C. ; Mendes, C. F. 1999. *O Comércio não planejado e arquitetura comercial de transição*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN RETAILING AND SERVICES SCIENCE,6., 1999, Porto Rico: EIRASS. Disponível em <<http://www.usp.br/fau/deprojeto/labcom/bibliografia.html>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

Vargas, H. C. 2000. O comércio e os serviços varejistas: principais agentes e sua inserção urbana. *GEOUSP Espaço e Tempo*, n. 8, p 77-87,dez./2000.

Sustentabilidade urbana: instrumentos de planejamento e gestão ambiental

Silvia Maria Santana Andrade Lima

Universidade Federal do Piauí, Centro de Tecnologia, Departamento de Construção Civil e Arquitetura, Teresina, Piauí, Brasil

slima@ufpi.edu.br

Wilza Gomes Reis Lopes

Universidade Federal do Piauí, Centro de Tecnologia, Departamento de Construção Civil e Arquitetura, Teresina, Piauí, Brasil

izalopes@uol.com.br

Edson Vicente da Silva

Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Fortaleza, Ceará, Brasil.

cacau@ufc.br

ABSTRACT: The processes of urban expansion and transformation, through which they pass most medium and large cities, often with undue encroachment on slopes, margins of rivers and natural areas, end up generating serious social and environmental problems. Environmental concerns, increasingly fall in the urbanization process, bringing new proposals for planning and land management, advancing the prospect of a systemic perspective, using new techniques for monitoring and evaluation. In this study a literature review was conducted addressing urban sprawl, sustainable development and tools for planning and municipal management, with the focus on the city of Teresina, Piauí State, Brazil. It was initially observed that missing information, control, monitoring and cross-checking to provide linkage between planning and planned actions.

Keywords: Urban Sprawl, Sustainability, Planning and Environmental Management.

RESUMO: Os processos de expansão e transformação urbana, pelos quais passam a maioria das médias e grandes cidades brasileiras, muitas vezes com a ocupação indevida de áreas de encostas, de margens de rios e de áreas naturais, terminam por gerar graves problemas socioambientais. As preocupações ambientais, cada vez mais, se inserem no processo de urbanização, trazendo novas propostas para o planejamento e ordenamento do território, que avançam na perspectiva de um olhar sistêmico, com utilização de novas técnicas de monitoramento e avaliação. Neste trabalho foi realizada revisão bibliográfica abordando expansão urbana, desenvolvimento sustentável e instrumentos para o planejamento e gestão municipal, tendo como enfoque a cidade de Teresina, estado do Piauí, Brasil. Foi observado, inicialmente, que faltam informações, controle, monitoramento e cruzamento de dados, para proporcionar articulação entre planejamento e ações previstas.

Palavras-chave: Expansão Urbana, Sustentabilidade, Planejamento e Gestão Ambiental.

1 INTRODUÇÃO

A crise ambiental atual é apontada por muitos estudiosos como reflexo da busca desenfreada do homem pelo crescimento econômico e a ocupação ampla e intensa de todos os espaços. O homem apropria-se e transforma a natureza para garantir as condições necessárias para sua sobrevivência. No entanto, esta busca pelo desenvolvimento, tem exaurido os recursos e diminuído o poder da natureza de recompor-se. E esta crise fica mais evidente nas cidades, onde o

meio físico, como suporte das atividades humanas é mais requisitado, refletindo-se na ocupação e organização do território (Rodriguez & Silva, 2013).

A expansão urbana, ou como definem Nascimento & Matias (2011), a expansão horizontal das cidades é uma realidade mundial. Cada vez mais, as cidades se tornam o centro das realizações humanas e um polo atrativo de oportunidades. No entanto, o visível crescimento urbano e populacional, também, traz problemas ambientais e de gestão. Há demanda crescente por habitação, infraestrutura, saneamento, serviços de saúde e educação, etc.

À medida que cresce, a cidade ocupa áreas de encostas, margens de rios e áreas naturais. A expansão do perímetro urbano para construção de conjuntos habitacionais ou mesmo regularizações de ocupações espontâneas são realidades nas “urbes” brasileiras. Tudo isto, segundo Braga (2001, p. 95) “tem causado a degradação progressiva de áreas de mananciais, com a implantação de loteamentos irregulares e a instalação de usos e índices de ocupação incompatíveis com a capacidade de suporte do meio”.

As preocupações ambientais, cada vez mais se inserem no processo de urbanização, trazendo novas propostas para o planejamento e ordenamento do território, que avançam numa perspectiva de um olhar sistêmico, com utilização de novas técnicas de monitoramento e avaliação. Para Rodriguez & Silva (2013, p. 337) gestão ambiental é “um processo de aplicação, gestão e exploração de recursos e serviços dos espaços e áreas do território a partir de uma perspectiva ambientalmente racional e equilibrada”. Dentre os instrumentos de gestão ambiental em nível municipal, o Plano Diretor, é considerado o principal instrumento de controle e ordenamento de conflitos no processo do uso e ocupação do solo.

Teresina, capital do estado do Piauí, apresenta os mesmos problemas das cidades brasileiras marcadas por uma expansão urbana crescente e desordenada, perversa e desigual. Tem-se grandes conjuntos habitacionais, como é o caso do conjunto Jacinta Andrade, com previsão de 4.300 unidades, recentemente construído pelo Programa Minha Casa Minha Vida, situado na região norte da cidade, ou ainda, ocupações irregulares, como vilas e favelas, sem infraestrutura adequada ou serviços básicos.

Apesar de considerada uma cidade planejada na sua origem, efetivamente seu primeiro plano urbano é de 1969, Plano Diretor Local Integrado (PDLI), depois veio o de 1977, I Plano Estrutural de Teresina (I PET), ambos com poucas aplicações, devido principalmente à falta de legislação que os amparasse. Depois, têm-se o II Plano Estrutural de Teresina (II PET), de 1988, com legislação em vigor até 2002 e o atual Plano de Desenvolvimento Sustentável - Teresina Agenda 2015, de 2002 e legislações complementares em 2006 e 2011.

No entanto, o que se constata inicialmente, é que estes planos buscam crescimento econômico sem observar critérios ambientais na gestão urbana. Faltam informações, controle, monitoramento e cruzamento de dados, um planejamento que articule todas as ações.

Neste artigo são discutidos aspectos relacionados à expansão urbana e a incorporação de novas áreas ao espaço da cidade, abordando a atuação dos planos diretores e os novos desafios apresentados ao planejamento urbano e seu papel de gerir espaços socialmente mais justos e sustentáveis, tendo como enfoque a cidade de Teresina, Piauí.

2 EXPANSÃO URBANA E A QUESTÃO SOCIOAMBIENTAL

Desde o ressurgimento das cidades, no final da Idade Média, os aglomerados urbanos enfrentam desafios de gestão e conflitos de interesses. As cidades, como citam Leite & Awad (2012, p.1) “são o maior artefato já criado pelo homem. Sempre foram objetos de desejos, desafios, oportunidades e sonhos”.

O processo de urbanização é um fenômeno mundial. Em 1950, somente um quarto da população do planeta vivia em cidades. Já se caminha para um percentual próximo dos 80% segundo a ONU.

Como esclarece estudiosos da cidade e da produção do espaço como Correa (1989), Santos (1997) e Lopes (1998), as cidades são polo de atração já que os benefícios de acesso a bens e serviços são mais vantajosos que os problemas de congestão, poluição, exclusão, informalidade e violência. Além disto, a terra com sua condição particular de mercadoria, associada aos seus diferentes usos, torna o território fragmentado e desigual.

A expansão urbana é apontada por Nascimento & Matias (2011, p.67) como “uma das expressões mais concretas do processo de produção do espaço” no mundo de hoje. A concentração espacial de pessoas no espaço urbano devido ao trabalho e ao consumo, promove o desenvolvimento e acelera a reprodução do capital, o que aumenta ainda mais o crescimento populacional e a necessidade cada vez maior de espaço.

Os agentes sociais que participam da produção e consumo do espaço urbano surgem da dinâmica de acumulação de capital, das relações de produção e conflitos de classes. Neste sentido, Rolnik (2008, p. 23) coloca que a acelerada urbanização brasileira “ocorreu sob a égide de um modelo de desenvolvimento urbano que privou as faixas de menor renda de condições básicas de urbanidade, de inserção efetiva à cidade”. Para Farina (2006, p.3), o Brasil, de economia periférica na lógica capitalista, adotou políticas que resultaram “na implantação de um modelo de desenvolvimento de base urbano-industrial, com a exploração incontrolada dos recursos”, que levaram “à deterioração dos ambientes naturais e à ocupação desordenada das áreas urbanas”.

As cidades de hoje são a expressão destas diferenças e como explica Araújo (2006, p. 146), “[...] são marcadas pelo fenômeno urbano, que produz espaços de privilégio e exclusão, de especulação e de inovação, com transformações ambientais que provocam incerteza quanto ao futuro das cidades”.

A atual crise urbana, que se mostra nas contradições espaciais observadas na cidade é descrita por Acselrad (2004, p. 35), como a “dualização funcional da cidade entre áreas ricas e relativamente mais protegidas e áreas pobres submetidas a todo tipo de risco urbano”.

Até bem pouco tempo atrás, o modelo de urbanização que se buscou foi o de uma ocupação de espaços, visando o crescimento econômico, o que gerou uma cidade desigual com sérios problemas socioambientais. E acompanhando este processo de expansão econômica, um modelo de planejamento fragmentado, com foco na localização dos usos do solo e na implantação de infraestrutura (Farina, 2006).

Para alguns estudiosos, o modelo de cidade mais compacta com maior controle da expansão urbana seria uma solução aceitável. Gonçalves (2011), por exemplo, acha que há vantagens no adensamento urbano, pois implica no uso mais eficiente dos recursos, pela proximidade entre as atividades socioeconômicas de um ambiente urbano. Leite & Awad (2012, p. 9), também, concordam e ressaltam que “as consequências deste espraiamento urbano são dramáticas em termos de total insustentabilidade ambiental, social, econômica e urbana [...]”.

No entanto, Acselrad (2009, p. 39) alerta que os discursos sobre “sustentabilidade urbana” são variados e incompletos. Ele afirma que não se pode restringir o conceito de cidades sustentáveis “[...] às concepções de um urbanismo ecologizado que se satisfaça em promover cidades compactas, capazes de economizar espaço e energia”. Acselrad (2009, p. 40) afirma que deve ser buscado “um modelo de desenvolvimento urbano baseado nos princípios de democratização dos territórios, no combate à segregação sócio-espacial, na defesa dos direitos de acesso aos serviços urbanos e na superação da desigualdade social [...]”.

Portanto, os autores estudados, veem a expansão urbana, seu controle e planejamento, na busca de uma cidade sustentável, como algo amplo que incorpora não só os aspectos econômicos, mas principalmente, os sociais e os ambientais, em um contexto democrático e participativo na superação das desigualdades.

3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: NOVOS DESAFIOS PARA O PLANEJAMENTO E GESTÃO MUNICIPAL

O desenvolvimento econômico que marcou a era industrial sem preocupações ambientais caminhou junto com a expansão urbana desordenada, que não compatibilizou natureza e sociedade. No entanto, Farina (2006, p.3) destaca que “a desordem da sociedade, identificada pelos profundos desequilíbrios sociais e ambientais choca-se com os anseios de um desenvolvimento mais amplo, sustentável”.

A sustentabilidade urbana é um tema bastante discutido, sendo uma aproximação mais localizada das preocupações, em escala mundial, com o desenvolvimento sustentável. Geralmente associado a crescimento econômico, o termo desenvolvimento ganha novas dimensões, a partir do final dos anos 1960, quando se somam preocupações ambientais e sociais. Nas discussões dos problemas ambientais são referências a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em 1972; o relatório “Nosso Futuro Comum” da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), que apresentou um conceito para desenvolvimento sustentável, em 1987; e a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e a Agenda 21 Global, na Rio-92, em 1992 (Malheiros et al. 2013).

Como explica Florissi (2004, p. 30), o aparecimento do termo desenvolvimento sustentável coincide com o “despertar humano do limite da duração dos recursos naturais não renováveis”. A partir de então, busca-se o aprofundamento e compreensão do conceito, suas dimensões e implicações.

O desenvolvimento sustentável requer políticas ambientais, novas formas de planejamento urbano, uso de tecnologias limpas, um ordenamento do território compatível com os ambientes naturais, mais participação e transparência na utilização dos espaços. Para Farina, (2006, p.7) “projetar e construir assentamentos humanos em harmonia com a natureza exige consciência da abrangência do tema e perspectiva no tempo. Exige também um tratamento sistêmico”. Segundo Rodriguez & Silva (2013, p. 57) “a visão sistêmica representa um salto conceitual para superar visões fatorias, mecanicistas e simplificadoras, visões subjetivistas, unidisciplinares, deterministas e excessivamente globalizadoras”.

O dinamismo da expansão urbana e seus aspectos socioambientais trazem mudanças ao planejamento e gestão das cidades. Rodriguez & Silva (2013, p.155) apontam as diferenças entre o Planejamento Tradicional e o Planejamento Estratégico, que engloba o Ambiental. Mostram que, enquanto o Planejamento Tradicional visa estabelecer uma ordem, é determinista, busca solução única e admite a participação passiva da população, enquanto que, o Planejamento Estratégico e sua categoria Ambiental é voltado para uma organização multidisciplinar. Desta forma, o Planejamento Estratégico é sistêmico, buscando soluções abertas com gestão social e democrática. E concluem, ainda, que só é possível uma “articulação sistêmica, consistente e abrangente” entre Planejamento e Gestão Ambiental quando se tem uma visão estratégica e não a tradicional.

No Planejamento Ambiental, Rodriguez & Silva (2013) alertam que é necessário considerar todos os sistemas ambientais, espaço natural, espaço geográfico, paisagem cultural e território, num todo, que se articula com o contexto, as relações de interesse, a cultura e demanda da população local. Os níveis hierárquicos do Planejamento Ambiental, de acordo com a teia de interligações que afetam, são categorizados pelos autores como: Ordenação e Ordenamento do

Território, Avaliação de Projetos, Avaliação Estratégica, Gestão Empresarial, Avaliação de Produtos e Auditorias Ambientais. Em relação à Ordenação e Ordenamento do Território, os principais instrumentos de Gestão Ambiental, no âmbito municipal são Legislação Ambiental, Lei Orgânica, Plano Diretor, Lei de Uso e Ocupação do Solo, Código de Obras, Código de Postura, Código Tributário, Código Sanitário.

O Brasil tem avançado no tratamento legal da questão urbana nos últimos anos, exemplo disto é a Constituição de 1988 e seus artigos 182 e 183, compondo o capítulo da Política Urbana, tendo como diretrizes o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e estabelecendo o Plano Diretor como seu principal instrumento (BRASIL, 1988), a Agenda 21 Nacional de 2000 e o Estatuto da Cidade de 2001.

O Plano Diretor se torna, então, um instrumento básico da política municipal de desenvolvimento e expansão urbana e segundo Braga (2001, p. 97), instrumento definidor “do controle do uso, ocupação, parcelamento e expansão do solo urbano”, processo mais conhecido como zoneamento urbano. Para Braga (2001), é importante buscar um zoneamento que não divida a cidade e em que as densidades urbanas sejam feitas, exclusivamente, baseadas na capacidade de suporte da infraestrutura e do meio ambiente.

No entanto, os desafios enfrentados pelo Estado, em especial o poder público municipal, na busca da sustentabilidade urbana, são muitos. Faltam recursos e principalmente, informações. Cada vez mais fica evidente que no processo de construção do desenvolvimento sustentável, a disponibilização e acesso à informação como base para formulações e implementações de políticas locais são importantes para otimizar estruturas e recursos na gestão ambiental urbana (Malheiros et al., 2013).

Outras dificuldades inerentes ao planejamento municipal são a assimilação de novas tecnologias, o desconhecimento da evolução dos processos sociais e a dificuldade de integrar informações e equipes multidisciplinares. Segundo Farina (2006, p. 9), as técnicas convencionais de planejamento “não têm conseguido acompanhar a velocidade com que o desenvolvimento urbano ocorre”. Para o autor, uma solução eficaz seria o emprego de técnicas de geoprocessamento que seriam “mais adequadas para detectar, em tempo quase real, a expansão urbana e as alterações ambientais decorrentes, contribuindo para maior eficiência da ação dos órgãos de planejamento.”

4 O CASO DE TERESINA: EXPANSÃO E PLANOS URBANOS

Teresina é uma cidade de porte médio, mas tem grande influência regional devido a sua localização estratégica, situada num dos maiores entroncamentos rodoviários do Nordeste do Brasil. No eixo leste-oeste, liga os estados do Ceará, Maranhão e Pará, e no eixo sul, liga-se à capital federal, Brasília, e ao estado do Tocantins. Está localizada na margem esquerda do rio Parnaíba, na confluência com o rio Poti, ficando a 366 km do litoral. Com uma população de 814.230 habitantes, tendo 767.557 habitantes residentes na zona urbana e 46.673 habitantes na área rural. Seu IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) é considerado alto, com taxa de 0,751 (IBGE, 2010). No entanto, os contrastes são visíveis, principalmente sua periferia, onde estão vilas e favelas como a Vila Irmã Dulce, Parque Jurema, conjuntos habitacionais populares como o Jacinta Andrade, na zona Norte, e condomínios fechados de alto padrão como Alphaville e Aldebaran, na zona Leste.

Criada em 1952 para ser a nova capital do estado do Piauí, Teresina teve como modelo de ocupação, uma malha xadrez de 43 km², tendo como marco zero a igreja de Nossa Senhora do Amparo e sua praça frontal. Este foi seu primeiro plano urbano definido pelo sistema viário, zoneamento baseado na localização das instituições públicas e crescimento limitado pelos 3 km de quarteirões desenhados no sentido norte-sul e pelo rio Poti, no sentido leste (Teresina, 1993).

Nas primeiras décadas após sua fundação o crescimento urbano de Teresina se deu de forma lenta. Até 1900, a malha ortogonal inicialmente abrigava toda a população (Teresina, 1994).

A partir da década de 1950, a cidade registra crescimentos maiores. Entre 1940 e 1950 a taxa de crescimento da população urbana foi de 4% e na década seguinte foi de 6,7%. O crescimento populacional se deve, entre outros fatores, ao aumento do fluxo migratório vindo do interior do Estado (Teresina, 1979).

Os fluxos migratórios cresceram principalmente na década de 1970, época de maior expansão do espaço urbano. Consolidou-se o sistema viário de penetração na cidade com aberturas de grandes avenidas e se iniciou a ocupação da zona leste, além do rio Poti (Façanha, 1998). O crescimento urbano de Teresina se deu, não somente em função do incremento natural da população residente, mas, sobretudo, em decorrência do intenso fluxo migratório de cidades de pequeno porte e de áreas rurais em direção ao município. Em consequência, a cidade de Teresina passou a deter, isoladamente, quase 40% do contingente urbano do Piauí, confirmando a tendência de polarização urbana e o peso esmagador da capital em relação aos demais municípios do Estado (Mendes, 1996).

A construção de conjuntos habitacionais de baixa renda financiada pelo BNH, COHAB, também facilitou este crescimento. Nas décadas de 1970 e 1980, surgiram novos bairros a partir de conjuntos habitacionais populares, como Primavera (1966) e Mocambinho (1979) na zona Norte, Monte Castelo (1966), Parque Piauí (1968), Bela Vista (1976), Saci (1979) e Promorar (1982) na zona Sul, Itararé (1977), Tancredo Neves (1985) e Renascença (1986), na zona Sudeste. Até a extinção do BNH, em 1986, foram construídas em Teresina mais de 38.000 unidades habitacionais, abrigoando mais de 150.000 pessoas (Teresina, 2012).

Ainda hoje, os grandes conjuntos habitacionais fazem parte da construção da cidade, primeiro mais concentrados nas zonas Sul e Sudeste, e mais recentemente na zona Norte. Grandes projetos de estrutura viária e equipamentos foram realizados.

Com a expansão urbana da cidade surge, então, a necessidade de se elaborarem estudos e planos de ordenação. O primeiro plano de desenvolvimento urbano, o PDLI (Plano Diretor Local Integrado), foi elaborado para Teresina em 1969 por uma empresa baiana de consultoria. No entanto, por falta de uma legislação que o amparasse, este não foi implantado, sendo apenas realizada a proposta do sistema viário radioconcêntrico e o anel rodoviário. Em 1977 foi elaborado, então, o I PET (I Plano Estrutural de Teresina) pelo IPAM (Instituto de Planejamento e Administração Municipal) em convênio com a UNB (Universidade de Brasília). Este plano foi instrumentalizado pela Lei nº 1.591, de 31 de agosto de 1978, que procurou fixar padrões de densidade por zona e um perímetro urbano compatível de 100 hab/ha para 1985. A orientação fortemente moderno-funcionalista, com zoneamento de funções baseado em eixos de polarização, reforçou o sistema radioconcêntrico da cidade.

Em 1983, foram iniciados estudos para a elaboração de um novo plano, o PDDU (Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano) que não se concretizou. Em abril de 1987, foi realizado o seminário Planejando Teresina, com o propósito de obter sugestões e soluções para o agravamento dos problemas urbanos e a formulação do II PET.

O II PET (II Plano Estrutural de Teresina), lei nº 1.932 de 16 de agosto de 1988, tinha como diretrizes no setor político-administrativo a descentralização pública municipal através da implantação de administrações regionais e uma maior participação da comunidade. Nas diretrizes de uso e ocupação era incentivada a descentralização do Centro (bairro inicial de ocupação) e a ocupação da zona leste (Socopo/Pedra Mole e Todos os Santos/São Sebastião), com restrição de crescimento para a região Sul (área de topografia acidentada e proteção do manancial de abastecimento d'água) e Norte (concentração de lagoas e áreas alagadiças). Também, propunha como meta um novo perímetro urbano com projeções de área para ocupação até o ano 2000 e objetivos de densidade urbana de 70 hab/ha. Ainda, foram propostas, como metas, a indicação de

zonas residenciais de interesse social em áreas próximas ao local de emprego e à rede de infraestrutura, a implantação de conjuntos habitacionais, localizando-os em vazios urbanos, mecanismos tributários e incentivos fiscais para estimular o uso de terrenos desocupados, regularização de ocupações em área de conflito, a criação do Fundo Municipal de Terras, a determinação de não ocupação de áreas de mananciais e ao longo dos rios, etc. O II PET veio acompanhado de leis urbanísticas no sentido de viabilizar a sua implantação (Teresina, 1988).

A construção da ponte sobre o rio Poti, na região Norte de Teresina, estabeleceu um novo vetor de crescimento naquela direção, fazendo com que em 1992 novas leis fossem sancionadas, objetivando disciplinar os processos de urbanização ao norte do rio Poti, inclusive a delimitação do perímetro urbano e dos bairros naquela área. O perímetro urbano, em 1993, tinha no sentido norte-sul, 23,5 km e, no sentido leste-oeste, 16 km, distribuídos de modo fragmentado. A densidade bruta de Teresina, em 1993, era de 40 hab/ha, valor muito baixo, devido ao grande número de lotes vazios e glebas estocadas para especulação imobiliária (Mendes, 1996). Tanto no sentido norte-sul como no sentido leste-oeste existem áreas densamente ocupadas e grandes vazios demográficos como se observa na figura 01, com a evolução urbana de Teresina até 2000.

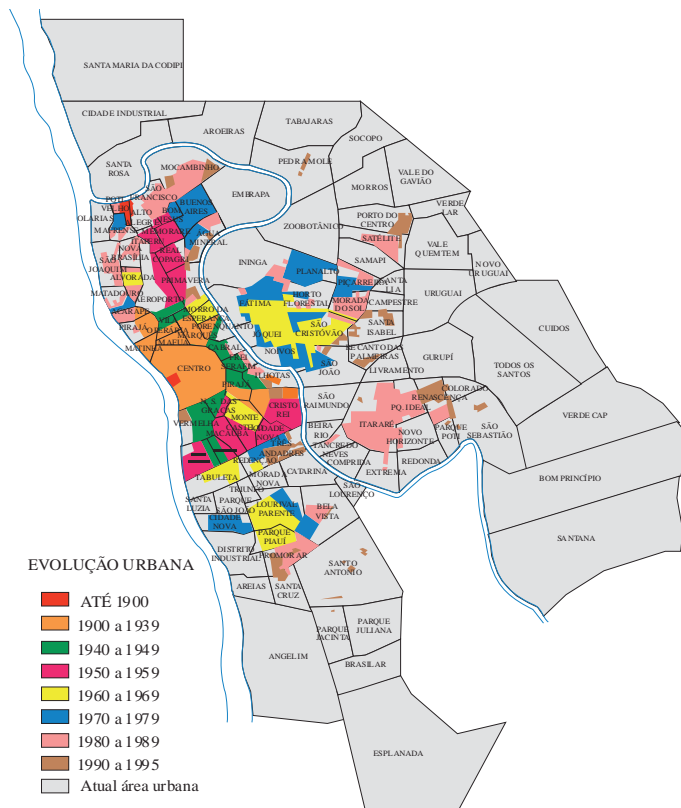


Figura 1. Evolução Urbana de Teresina até 2000

Em linhas gerais, as diretrizes do II PET se alinhavam com a Constituição de 1988, em que participação da população e preocupações sociais estavam presentes. No entanto, na prática, o que se observou foi um crescimento urbano disperso, em que as zonas Norte e Sul se configuraram como áreas de conjuntos habitacionais e população de baixa renda, e zona Leste, com crescimento de médio e alto padrão, sendo a área mais valorizada da cidade (Rodrigues et al. 2013). Também a ocupação de margens de rios e lagoas na zona Norte tornou-se um problema social e ambiental.

Até 2000, Teresina ainda era regida pela legislação de 1988 e as leis que a alteraram. Esta estava ultrapassada face às mudanças e transformações ocorridas na cidade, marcadas pela expansão urbana, aumento de vilas e favelas e a verticalização Este processo deixa, segundo Lima (2011,

p. 8) “antever a insuficiência dos instrumentos urbanísticos para responder às exigências da dinâmica espacial e social”

Então, após a aprovação do Estatuto das Cidades, em 2001, inicia-se em Teresina, o Congresso da Cidade, evento que busca abrir uma discussão para a elaboração da Teresina Agenda 2015 – Plano de Desenvolvimento Sustentável concluído em 2002. Dentre os pontos fracos apontados estavam a grande extensão do perímetro urbano da cidade, os vazios urbanos, a ocupação desordenada do solo urbano com loteamentos irregulares e o desaparecimento do setor público na área de controle urbanístico (Teresina, 2002).

Dentre os problemas ambientais enfrentados pelo município de Teresina destacou-se a drenagem urbana precária já que o esgoto sanitário atende menos de 20% da população; o aterro sanitário, que por não seguir as normas legais é chamado “controlado”; o desmatamento; as queimadas; a mobilidade e o transporte urbano. A administração municipal tem consciência destes problemas, mas os Planos de Drenagem Urbana, Saneamento e Mobilidade se arrastam em sua aprovação, captação de recursos, licitação e ação. Além, é claro, do já citado desaparecimento do órgão público no controle e monitoramento de sua execução.

Em 2006, a lei nº 3151/2002 foi alterada pela lei nº 3558/2006, aprovando o plano diretor e nomeando-o Plano de Desenvolvimento Sustentável - Teresina Agenda 2015. A instrumentalização do plano, por meio de leis de zoneamento, uso e ocupação do solo, vem acontecendo lentamente. As leis de delimitação do perímetro urbano, parcelamento do solo e ocupação do solo foram publicadas em outubro de 2006.

Como apontam estudos de Rodrigues et al. (2013), elementos como a instalação de empreendimentos importantes, a abertura de eixos viários e a implantação de conjuntos habitacionais se destacam como os principais vetores da expansão de Teresina. Reflexos do modelo de planejamento baseado no desenvolvimento econômico que visa principalmente, “localizar usos de solo e projetar infraestrutura”. Para Rodrigues et al. (2013), também, não avançam os dois últimos planos, pois “trazem apenas diretrizes gerais como a descentralização da cidade e a ocupação dos vazios urbanos”

Teresina, uma cidade de quase um milhão de habitantes, banhada por dois rios, Poti e Parnaíba, tem apenas 15,2% de sua população com esgoto tratado. Isto se reflete no tapete verde de aguapés que sufoca o rio Poti devido à poluição, e no assoreamento, visível no aumento de bancos de areia presentes no rio Parnaíba. A questão ambiental ainda está muito restrita à reserva de áreas para preservação.

Segundo o censo de 2010, 16% da população teresinense vive em vilas, favelas e invasões. Este quadro se apresenta, apesar das políticas de construção habitacional marcantes em toda a história do crescimento da cidade. Em Teresina, do início da década de 1990 até o término de 2001, foram entregues 14.086 unidades habitacionais. Assim, apontando para mais de 30% da população residente em Teresina morando em unidade de conjunto habitacional, segundo dados levantados em 2001, do documento Teresina Agenda 2015 (TERESINA, 2008). De 2001 a 2012 acrescentou-se a este quadro mais 19.051 unidades habitacionais (TERESINA, 2012).

Ou seja, ao prover a construção de grandes conjuntos habitacionais na periferia da cidade, justificada pelos altos custos de uma implantação mais próxima, devido ao valor da terra e a fatores ligados a disponibilidades de grandes lotes, além de incentivar o crescimento horizontal, promovendo os vazios urbanos, os desmatamentos, os contrastes espaciais e sociais, o poder público ampliou a dicotomia centro - periferia.

Enfim, o acelerado processo de transformação pelo qual passam as cidades, hoje, exige um planejamento também mais dinâmico, em que todos os dados e planos setoriais se integrem para se obter uma visão global e, dessa forma, o monitoramento e acompanhamento sejam ações continuadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os autores estudados, afirmam que o Planejamento e Gestão Ambiental devem considerar o equilíbrio entre o homem e seu ambiente, como sistemas que interagem de forma complexa, numa teia de interligação que afetam todo o conjunto. Num primeiro momento, os planos buscavam atender necessidades imediatas da oferta urbana (solo, infraestrutura, equipamentos), dando ênfase à infraestrutura e uso do solo, sem considerar os aspectos socioambientais. Atualmente, busca-se atender à demanda urbana, principalmente visando o bem estar dos cidadãos e critérios de desenvolvimento sustentável, levando em consideração as inter-relações entre a sociedade e a natureza. Não basta apenas atender a demanda por infraestrutura, nem tão somente delimitar as áreas de preservação, devendo a gestão urbana promover a combinação de ações urbanísticas, sociais, econômicas, ambientais, buscando a participação e justiça na distribuição equânime dos benefícios urbanos.

Os planos devem ser pensados de modo contínuo, identificando ações e formulando indicadores de monitoramento e acompanhamento de execução e resultados, envolvendo, dessa forma, toda a comunidade neste processo. Entende-se que é complexo e difícil, e requer renovação das estruturas públicas e participação de todos os atores, pois o conhecimento, informações, dados, novas tecnologias, parcerias são necessárias para aprimorar o processo de planejamento e gestão urbana.

Em Teresina, a falta de continuidade das ações e planos, a ineficiência da máquina administrativa em monitorar e acompanhar o processo, a inexpressiva participação da população (universidades, pesquisadores, administradores, empresários, ONGs) e, principalmente, a desatualização de informações e técnicas são fortes entraves no Planejamento e Gestão Municipal na busca de uma cidade mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- Acselrad, Henri (Org.). *A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas*. 2. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2009.
- Acselrad, Henri. Desregulamentação, contradições espaciais e sustentabilidade urbana. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*. Curitiba, n.107, p.25-38, jul/dez, 2004.
- Araújo, M. L. M.. Sustentabilidade das cidades: aspectos conceituais. *RA'EGA*, Curitiba, n. 12, p. 145-152, 2006.
- Braga, R. Política urbana e gestão ambiental: considerações sobre plano diretor e o zoneamento urbano. In: Carvalho, P. F. de; Braga, R. (Org.) *Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias*. Rio Claro: LPM-UNESP, 2001, p. 95-109.
- BRASIL. Constituição. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, 1988.
- BRASIL. *Lei nº 10.257*, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 2001.
- Corrêa, R. L. *O espaço urbano*. São Paulo: Editora Ática, 1989.
- Façanha, A. C. *A evolução Urbana de Teresina: agentes, processos e formas espaciais*. 1998, 325 p. Recife. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco. 1998.
- Farina, F. C. Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana. *CADERNOS EBAPE.br*, v.4, nº4, Dez. 2006.
- Florissi, E. *Desenvolvimento urbano sustentável: um estudo sobre sistemas de indicadores de sustentabilidade urbana*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, UFPE, 2009.
- Gonçalves, J. C. S. Sustentabilidade urbana: desempenho ambiental e desenvolvimento. *Revista AU*. Nº 212. Nov/2011. São Paulo: Editora Pini, 2011, p. 82-85.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Banco de dados cidades*, 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=221100>

Leite, C.; Awad, J. di C. M. *Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano*. Porto Alegre: Bookman, 2012.

Lima, A. J. de. Gestão urbana e os planos diretores participativos: o que apontam os dados. In: CONGRESSO LUSO AFRO BRASILEIRO - CONLAB, 11, 2001, Salvador. *Anais...* Salvador: UFBA, 2011.

Lopes, R. A. *Cidade intencional: o planejamento estratégico de cidades*. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.

Malheiros, T. F.; Coutinho, S. M. V.; Philippi JR, A. Desafios do uso de indicadores na avaliação de sustentabilidade. In: Philippi JR, A.; Malheiros, Tadeu Fabrício (Org.) *Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental*. Coleção Ambiental, 12. Barueri, SP: Manole, 2013.

Mendes, G. *Balaio de ideias*. Teresina, 1996.

Nascimento, E.; Matias, L. F. Expansão urbana e desigualdade socioespacial: uma análise da cidade de Ponta Grossa (PR). *RA'EGA*, Curitiba, n. 23, p. 65-97, 2011.

Oliveira, I. C. E. de. *Estatuto da Cidade: para compreender*. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 2001.

Rezende, D. A.; Ultramari, C. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 41, n.2. p. 255-71, mar./abr., 2007.

Rodrigues, R.; Cardoso, J. A.; Carneiro, W. P. Planejamento urbano em Teresina: análise das projeções de expansão urbana. *Revista Equador*. UFPI. v.1.nº.1, 2013.

Rodriguez, J. M. M.; Silva, E. V. da. *Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geosistêmica*. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

Rolnik, R. Pactuar o território: desafio para a gestão de nossas cidades. *Revista Princípios*. São Paulo, n. 97, ago./set., 2008.

Santos, M. *Espaço e Método*. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1997.

Teresina. *Teresina: aspectos e características*. Perfil 1993. Revisto e Atualizado. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 1994.

Teresina. *Plano Diretor Local Integrado*. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 1979.

Teresina. *Legislação Urbana de Teresina*. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 1988.

Teresina. *Teresina Agenda 2015: Plano de Desenvolvimento Sustentável*. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2002.

Teresina (Prefeitura Municipal de Teresina), 2008. *Teresina Agenda 2015 A Cidade que Queremos: Diagnósticos e Cenários*. Disponível em: <http://www.teresina.pi.gov.br/portalmpt/orgao/SEMPLAN/doc/20080924-160-599-D.pdf>

Teresina (Prefeitura Municipal de Teresina), 2012. *Plano Local de Habitação de Interesse Social – PLHIS de Teresina – Pl. Produto 2*. PDF.

Análise da inserção urbana e impacto ambiental em conjunto habitacional, Campinas - SP

Gabrielle Astier de Villatte Wheatley Okretic

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Programa de Pós Graduação em Urbanismo, Campinas/SP, Brasil.

gabrielle.astier@gmail.com

Laura Machado de Mello Bueno

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Programa de Pós Graduação em Urbanismo, Campinas/SP, Brasil.

laurabueno@uol.com.br

ABSTRACT: Brazilian urbanization induces part of the population to live precariously in hazardous areas. Environmental injustice worsens in urban areas, with inadequate morphology, functionality and infrastructure of collective use areas. Given a huge housing deficit, the federal government has introduced a social housing policy based mainly on construction projects conducted by the private initiative. This article, based on a thesis of 2013, analyzes a housing project in Campinas, SP, which received families who were under the risk of floods and landslides. It attempts to point to methods for more sustainable projects. The study involved Google Earth images (2002-2013) analyses, flyby studies (2012 – 2013), questionnaires and sunlight simulation studies with the aid of Revit program. Impact of the development in the region may be observed and some flaws in the program revealed relative to poor urban insertion of the project, proximity to environmentally vulnerable areas, as well as implantation without insolation studies.

Keywords: Social housing, risk areas, sustainable solutions, Minha Casa Minha Vida Program.

RESUMO: A urbanização brasileira impõe parte da população a habitar de modo precário em áreas de risco. Não é de hoje que a injustiça ambiental se agudiza no meio urbano, com inadequação da morfologia, funcionalidade e infraestrutura dos espaços uso coletivo. Dado o enorme déficit de moradias, o Governo Federal instituiu uma política de habitação social baseada principalmente na construção de conjuntos pela iniciativa privada, investindo, pela primeira vez, um montante jamais visto para esse fim. Esse artigo, baseado em dissertação de 2013, analisa empreendimento em Campinas, SP, que recebeu famílias que sofriam risco de inundação e desbarracamentos. Busca indicar métodos para projetos mais sustentáveis. A pesquisa envolveu análises de imagens do Google Earth (2002 a 2013), sobrevoos de 2012 e 2013, questionários e simulação de incidência solar com auxílio do programa Revit. Observa-se o impacto do empreendimento na região e são reveladas algumas falhas no Programa, relacionados à má inserção urbana do conjunto, proximidade de áreas ambientalmente sensíveis, bem como implantação sem estudos de insolação.

Palavras-chave: Habitação social, áreas de risco, soluções sustentáveis, Programa Minha Casa Minha Vida.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil foram registrados nada menos que 31.723 desastres naturais entre os anos de 1991 e 2010 (*Atlas Brasileiro de Desastres Naturais*, 2012), sendo que, dentre os 12 tipos de riscos classificados, os três quantitativamente mais expressivos foram às estiagens ou secas, as inundações ou alagamentos e os movimentos de massa (NAME e BUENO, 2013).

Da classificação com 12 tipos de riscos, dois que afetaram mais de 96 milhões de pessoas no período [...] Apesar de secas serem muito comuns nas mesorregiões Nordeste e Sul do país, são os dois últimos tipos de desastre que

geram mais impacto sobre as populações: enquanto 10% dos mortos foram vítimas de estiagens e secas, 43% e 20% dos mortos foram respectivamente vítimas de inundações bruscas e de movimentos de massa (NAME e BUENO, 2013).

Os locais onde mais se agravam os riscos e danos afetados por efeitos negativos das chuvas intensas no Brasil são as cidades e metrópoles, em decorrência do avanço do uso e ocupação do solo predatório. (NAME e BUENO, 2013).

Do conjunto de ocorrências recentes [...] destacam-se: em 2010, chuvas intensas nos estados de Alagoas e Pernambuco resultaram respectivamente em 56 e 20 mortos e 53.123 e 82.609 desabrigados, além da destruição de pontes e prédios públicos. Em 2011, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, escorregamentos desencadeados por chuvas intensas mataram 916 pessoas e afetaram mais de 90.000. No mesmo ano, no estado de Santa Catarina, Região Sul, chuvas causaram 20.970 desabrigados e 178.509 desalojados, além de seis mortos (Cf. <http://s2id.integracao.gov.br>).

Parte dos problemas ambientais urbanos também pode ser explicada pela relação entre industrialização e urbanização. A presença de indústrias alterou as funções das cidades, inicialmente voltadas ao comércio e à distribuição de mercadorias. Para Ribeiro, “a cidade passou a desempenhar também a função de produtora de mercadorias” (RIBEIRO, 2008). Maricato afirma que a moradia é uma mercadoria especial, pois apresenta valor de uso sendo necessidade humana, produzida, entretanto, no contexto capitalista (MARICATO, 1997).

Não trataremos nesse texto o aprofundamento dessa questão em específico, mas sim de um estudo de caso feito em Campinas- SP, relacionando a questões habitacional e ambiental às características paramétricas de arquitetura e urbanismo, para entender um processo de modificação do solo urbano com a implantação de um empreendimento habitacional do Programa Minha Casa Minha Vida.

Assis, Valadares e Souza (1995) propõem inclusão na legislação urbana e edilícia de exigência de acesso solar (no mínimo uma hora de sol no solstício de inverno) em qualquer fachada que não esteja orientada para o quadrante sul, com tolerância de mais ou menos 15º (VOSGUERITCHIAN e SAMORA, 2006). Segundo Duarte (2001) na legislação europeia é obrigatória que janelas possam ser abertas, o que ocorre nos EUA, o que induz à climatização artificial ou extremo desconforto. Assim, diferenças de concepção de legislação induzem falta de cuidados no projeto arquitetônico, com impactos no bem-estar, na saúde e no consumo de energia.

2 CAMPINAS E A QUESTÃO HABITACIONAL – OBJETO DE ESTUDO

A precariedade habitacional em Campinas está relacionada ao desenvolvimento urbano da cidade que foi marcado, nas últimas décadas, por diferentes processos de ocupação urbana em sua macrorregião. Campinas caracteriza-se por duas formas antagônicas de suburbanização com uso habitacional: a dos condomínios horizontais fechados, ocupados por camadas de renda média e alta, e dos loteamentos e bairros populares periféricos.

Este modelo de urbanização disperso, fragmentado e excludente concentra a precariedade habitacional nas regiões sul, sudoeste e noroeste. Os tipos predominantes de assentamentos precários nestes locais são as favelas e os loteamentos irregulares. As situações de risco ocorrem, sobretudo, nas margens de rios ou córregos, sujeitas a inundação. Também é notável a ocupação de encostas íngremes. Diferentes núcleos urbanos precários se instalaram neste território desde a década de 1940, a partir do vetor sudoeste de expansão da mancha urbana, que tem como eixo principal a Rodovia Anhanguera. Acompanhada de loteamentos privados, empreendimentos habitacionais públicos e áreas mantidas vagas, esta expansão foi fortemente influenciada pela implantação de indústrias ao longo da rodovia Anhanghera. Justamente nesse vetor de expansão urbana está localizado o recorte dessa pesquisa, local marcado pela escassez ou mesmo carência de serviços e equipamentos públicos, onde estão sendo construídos conjuntos habitacionais para população de baixa ou sem renda.

Em julho de 2009 foi instituído, pela lei federal nº 11.977/09, o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), que tem por finalidade criar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de novas unidades habitacionais ou a requalificação de imóveis urbanos. O programa do Governo Federal do Brasil trouxe a perspectiva de atendimento em larga escala ao déficit habitacional na faixa de mais baixa renda – 0 a 3 salários mínimos – colocando a iniciativa privada como principal agente de operacionalização da produção habitacional. Tal modelo de produção, promoção e moradia apresenta aspectos positivos e outros que devem ser vistos com maiores detalhes. Se, por um lado, o programa tem como objetivo prover moradia/habitação segura e de qualidade para a população de baixa renda, com subsídios diretos para os adquirentes, conforme a renda. Outro aspecto que não pode ser ignorado é a questão da inserção desses empreendimentos na malha urbana, além de outros aspectos já analisados em literatura recente.

No caso de Campinas, parte dessas habitações é destinada à população reassentada que vive em locais de riscos, como prevê o Plano Municipal de Habitação de Interesse Social (2011). Os locais mais afastados têm recebido os novos conjuntos para reassentamento da população. É o caso dos moradores que vivem à beira do ribeirão Piçarrão, no Jardim Florence II, região sudoeste de Campinas. Parte dessa população está sendo reassentada para dois empreendimentos do PMCMV – Residencial Sirius II e Jardim Bassoli, juntamente com famílias de outras 12 favelas de Campinas, o que implica em diversas mudanças na dinâmica social do bairro.

3 MODIFICAÇÕES DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para analisar a modificação do uso e ocupação do solo ao longo do tempo foram utilizadas imagens do Google Earth, (Figuras 1 e 2) destacando-se o local do Jardim Florence II e do Residencial Sirius, em 2002 e 2013, com drástica transformação da paisagem e quantidade de áreas permeáveis.



Figuras 1 e 2: Imagens da área de estudo em 2002 e 2013. Fonte Google Earth, 2013

A construção do Residencial Sirius resultou em uma área aproximada de 160 mil metros quadrados de área impermeabilizada. Duas áreas verdes em meia lua, logo abaixo do Residencial Sirius são nascentes próximas ao empreendimento. Certamente, isso gera uma modificação na dinâmica hídrica do entorno com redução da área permeável e aumento do escoamento superficial. Apesar do aumento da população, pode-se observar que houve pequenas modificações no sistema viário. Ao mesmo tempo, o bairro Jardim Florence II não parece sofrer muitas modificações, como mostram as imagens. Um dos possíveis motivos é a localização do bairro, entre duas barreiras físicas: de um lado o ribeirão Piçarrão e do outro os trilhos ferroviários do Corredor de Exportação. Outro motivo de pouca modificação visível em foto aérea seria o critério de remoção das casas junto ao ribeiraão – uma faixa de 15 metros.

4 ENTORNO URBANÍSTICO E DESENHO URBANO

As análises do entorno urbanístico foram feitas com base em imagens do Google Earth, fotos de sobrevoos de 2012 e 2013, visitas de campo, questionários e entrevistas com a população.



Figuras 3 e 4: Foto do Residencial Sirius. Fonte: Jonathas Magalhães, 2013. E Laura Bueno, 2013

Nas Figuras 3 e 4 nota-se a ausência de urbanização no entorno dos conjuntos habitacionais exclusivamente residenciais. A ausência e ou a distância de comércio induziu que moradores montassem barracas de comércio em volta do empreendimento. Os trilhos são uma barreira física entre o Residencial Sirius e o bairro Jardim Florence II, local onde, muitas das famílias moravam. A presença dessa barreira física faz com que parte dos moradores se submeta a riscos de vida ao atravessar a ferrovia, pois a única travessia é a Avenida John Boyd Dunlop, a mais de 2 km do conjunto.

O transporte mais utilizado pelos moradores é o ônibus. Segundo relato de morador do local, quando as famílias se mudaram não havia transporte público e tinham que andar bastante até chegar ao ponto de ônibus mais próximo. Após uma movimentação dos moradores, a imprensa foi chamada e 15 dias após o episódio a Prefeitura colocou uma parada próxima, o que segundo ele, facilitou bastante “mas ainda não é o ideal”.

Quando aplicados os questionários, foram reconhecidas algumas insatisfações quanto à distância ou falta de equipamentos públicos mais próximos. A maioria das famílias entrevistadas alegou utilizar os serviços e comércio do Jardim Florence II. Alguns alertaram que os serviços são bons, porém insuficientes, pois os usuários estão aumentando.

A repetição do desenho urbano unifuncional e da planta dos edifícios gera um ar de monotonia e homogeneidade na paisagem (Figuras 3, 5 e 6) devido à ausência de originalidade no projeto e planejamento paisagístico.



Figura 5: Foto do Residencial Sirius. Foto: Barbara Ghirello, 2013.

Por outro lado, como constatado em visita a campo, o entorno das antigas casas ao longo do Córrego Piçarrão possui uma vegetação de beira de rio e frutíferas nos quintais, que auxiliam no controle da temperatura, umidade e na qualidade do ar. Alguns moradores alegam que prefeririam unidades térreas em lote, sentindo falta de quintal, hortas, jardins e animais de estimação.

A pouca quantidade ou mesmo ausência de equipamentos públicos de lazer dentro do conjunto e no entorno é algo que preocupa as famílias (a maioria com crianças pequenas), como relatou um morador, pois muitas vezes as famílias não se conhecem e dificilmente estabelecem uma relação de vizinhança. O fato de o empreendimento abrigar famílias de todas as partes de Campinas, e sem conhecimento prévio ou laços de amizade, diminui a sensação de segurança para deixar os filhos nas áreas de convívio. Segundo relato de moradores, os poucos equipamentos que têm para as crianças são rapidamente depredados, ou seja, os que têm, duram pouco.

Outra carência que se nota nesses empreendimentos é a vegetação, tanto entre os edifícios como nas áreas de lazer e de entorno. A falta ou pouca presença de árvores impede o favorecimento à manutenção do ciclo oxigênio-gás carbônico essencial, à renovação do ar.

A vegetação contribui de forma significativa ao estabelecimento dos microclimas. O próprio processo da fotossíntese auxilia na umidificação do ar através do vapor d'água que libera. Em geral, a vegetação tende a estabilizar os efeitos do clima sobre seus arredores imediatos, reduzindo os extremos imediatos (ROMERO, 1988: p.31).



Figuras 6 e 7: Fotos do condomínio analisado. Fontes: Barbara Ghirello, 2013.

5 A INSOLAÇÃO NO CONDOMÍNIO CAMPO DAS VIOLETAS

O Residencial Sirius engloba 118 prédios com piso térreo mais quatro andares, sem elevadores, distribuídos em 14 condomínios, totalizando um montante de 2.360 unidades habitacionais (apartamentos de 37 m² de área útil) podendo se estimar de 10 a 12 mil moradores levando-se em consideração que cada unidade abriga uma família de, em média, cinco pessoas.

A análise foi realizada no conjunto de prédios analisados, condomínio Campo das Violetas, localizado no Residencial Sirius. Esse empreendimento é composto por 140 unidades, distribuídas em sete torres.

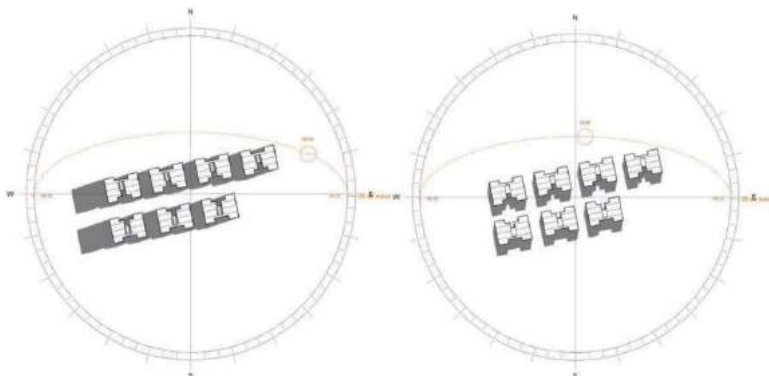
Para a realização dessa análise foi redesenhada a planta dos edifícios utilizando-se o programa Revit (Foi utilizada a planta fornecida no Manual de Proprietário, a planta em AutoCAD fornecida pela construtora). Com o desenho tridimensional, a planta, as fotos aéreas e imagens do Google Earth, foi possível fazer uma sobreposição, com uma aproximação mais fiel da realidade.

O programa utilizado para as simulações de insolação é especializado para estudos bioclimáticos de projetos arquitetônicos. Entre diversos programas para simulação, esse se destaca pela praticidade e agilidade.

Foram selecionadas diferentes épocas do ano, representando as quatro estações, e de dois a três horários durante o dia, mostrando o caminho solar. As datas escolhidas foram os equinócios e solstícios, 20 de Março, 21 de Junho, 22 de Setembro e 21 de Dezembro, e os horários foram às 9h da manhã, 12h e 15 horas. Nesse estudo não está sendo considerada a presença de nuvens, por serem inconstantes e não previsíveis nessa análise. Nas figuras 10 a 20 apresentam-se as cartas solares.



Figuras 8 e 9: Imagens identificando o conjunto analisado. Fonte: Google Earth e Caixa Econômica Federal, 2013.



Figuras 10 e 11: Simulação: 20 de Março 9h e 12h.

Na primeira carta, nota-se a presença do sol às 9h com maior incidência nas faces Norte de todos os edifícios e Leste dos edifícios localizados mais à direita. Esse comportamento se dá ao longo de toda a manhã.

Ao meio dia, com o Sol a pino atingindo seu máximo de altura, o comportamento começa a se alterar. As faces dos edifícios voltadas ao Norte e ao Leste continuam recebendo uma elevada incidência solar enquanto que as faces Sul e Oeste não têm incidência solar direta e luminosidade indireta.

Durante o período da tarde, a incidência solar continua intensa na fachada Norte durante o período da tarde até o pôr-do-sol. As fachadas Oeste dos edifícios do lado esquerdo também recebem insolação direta no período da tarde. O que se percebe nessa época do ano é que os edifícios localizados no meio e que têm sua fachada principal voltada para a direção Sul, não recebem insolação direta em nenhum momento do dia.

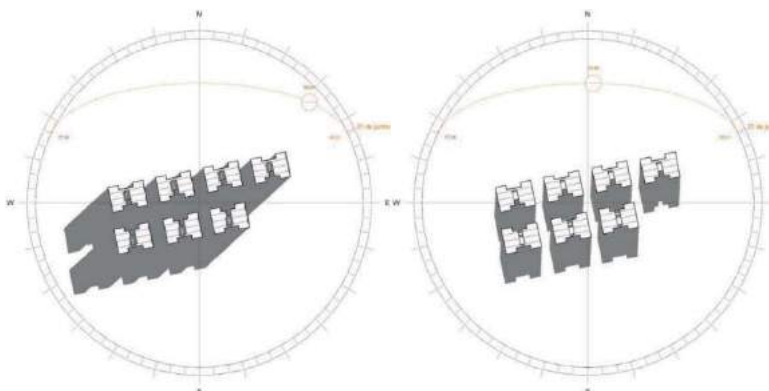


Figura 12 e 13: Simulação: 21 de Junho 9h e 12h.

No dia 21 de Junho, no solstício de inverno, período que marca a chegada do inverno, a falta de incidência solar em algumas faces dos edifícios é preocupante, pois compromete a qualidade climática, o conforto e salubridade do ambiente construído, principalmente nos primeiros

andares. Nota-se que as sombras dos edifícios mais ao Norte cobrem quase que completamente a fachada dos edifícios que estão localizados mais na direção Sul. As imagens em 3D abaixo permitem uma visualização melhor desse fenômeno.

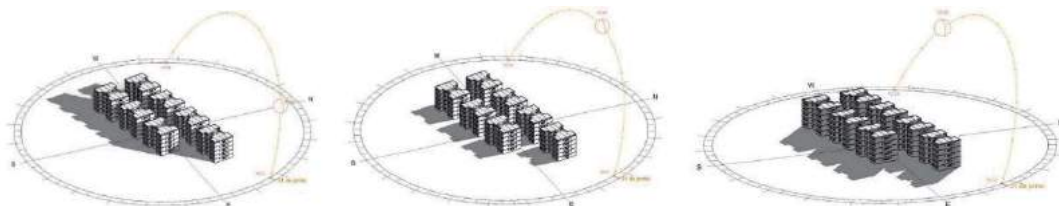


Figura 14 e 15: Imagens simuladas em 3D dos edifícios analisados no dia 21 de Junho as 9h, 12h e as 15h.

A falta de Sol foi citada por morador no questionário, que alegou não ter tido incidência do Sol em seu apartamento, desde que se mudou. Destaque-se que não faz um ano que os moradores estão no condomínio. Assim, são as simulações que indicam essa ocorrência.



Figura 16: Simulação: 21 de Junho 15h.

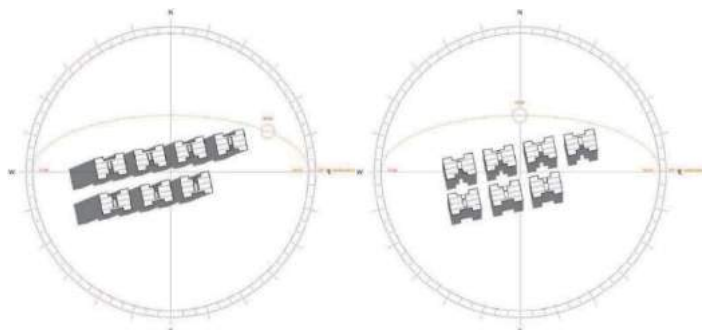


Figura 17 e 18: Simulação: 22 de Setembro 9h e 12h.

Enquanto apartamentos localizados em andares baixos e faces de algumas torres ficam prejudicados pela falta da incidência de Sol, outros têm alta incidência direta boa parte do ano e durante o dia inteiro.

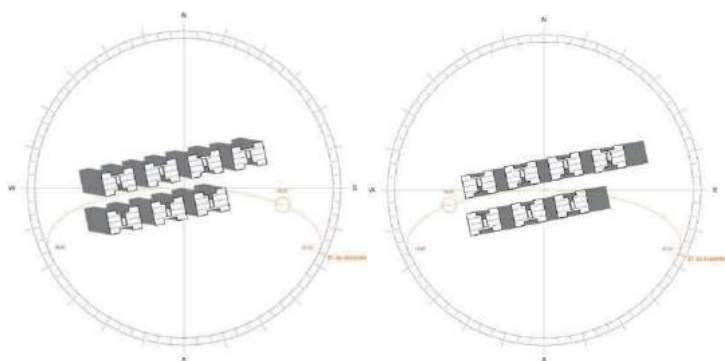


Figura 19 e 20: Simulação: 21 de Dezembro 9h e 15h.

É possível observar as faces recebem a incidência solar direta em boa parte do ano, porém existe um período crítico no meio do ano, durante o período de inverno, quando a inclinação do sol está menor em relação ao eixo do terreno. Os meses mais críticos em relação à falta de Sol em algumas fachadas são os meses de maio a julho, como se pode notar nas simulações dos meses de junho com faces dos edifícios sem incidência solar todo o dia. Os apartamentos localizados na parte central e os térreos e andares mais baixos são os mais prejudicados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos resultados quantitativamente expressivos, tanto no que tange ao número de conjuntos/moradias como no montante investido, o Programa MCMV produz um estoque habitacional de baixa qualidade espacial e sustentabilidade, devido à ausência, para a habitação de interesse social, de rigor na aprovação da localização, da inserção urbana e qualidade de engenharia e arquitetura das residências. As características dos conjuntos, já presentes no período do BNH e superadas somente em projetos experimentais de iniciativa municipal a partir da redemocratização, retornam no contexto neoliberal, no qual as construtoras privadas preponderam sobre o planejamento participativo.

O edifício com planta “H”, com unidades habitacionais no térreo, é amplamente adotada na produção habitacional no Brasil. Embora este modelo otimize o uso da circulação vertical num espaço mínimo que atende a quatro apartamentos, apresenta grandes problemas. Sempre que o edifício estiver implantado no eixo Norte-Sul, uma de suas fachadas não terá insolação. Apesar de no caso estudado os edifícios estarem dispostos mais a Leste-Oeste, viu-se que durante o inverno alguns apartamentos ficam prejudicados com a falta de insolação e iluminação natural. Outro aspecto importante relativo à tipologia H é o comprometimento da ventilação cruzada por não estar implantado sobre pilotis, o que impede as correntes ascendentes de ar.

Quando se trata da questão de conforto ambiental o projeto arquitetônico, deve priorizar a ventilação cruzada nas unidades, boas condições de conforto térmico e desempenho acústico adequado. As aberturas devem ser dimensionadas e posicionadas de modo a permitir boas condições de iluminação e ventilação. Devem-se priorizar sistemas que possibilitem diferentes desempenhos, em função das variações regionais, diversidade climática e usos, garantindo também conforto acústico. Os tamanhos das aberturas devem seguir proporções indicadas na NBR 15220 – que estabelece percentuais mínimos e máximos de acordo com as zonas bioclimáticas –, e serem protegidas da radiação solar direta (FERREIRA, 2012).

A boa arquitetura é aquela que consegue variar as tipologias em função do terreno, do clima, da vista, da acessibilidade, do ruído. Assim, boas soluções são aquelas que não adotam tipologia única, mas promovem a junção de várias alternativas, como unidades térreas e sobrados uni ou multifamiliares, pequenos conjuntos, em harmonia com o local e seus condicionantes (FERREIRA, 2012).

As autoras agradecem à FAPESP, ao CNPq, ao PosUrb e à PUC Campinas o apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

Assis. Eleonora S. VALADARES. Victor M SOUZA. Roberta V. G. 1995. Bases para a determinação dos recuos e volumetria dos edifícios considerando a insolação e a iluminação natural, na revisão da Lei de Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte, MG. *IN Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído Gramado*. Anais. Porto Alegre. ANTAC.

Campinas (município). 2011. Plano municipal de habitação de interesse social de Campinas. Campinas: *Prefeitura Municipal de Campinas*.

Duarte. Denise. 2001. A inclusão de questões relacionadas aos microclimas urbanos nas regulamentações municipais no Brasil. *IN Sinopses São Paulo* no. especial p. 24-34. Out. FAU USP.

Ferreira, J. S. W. 2012. *Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano*. São Paulo: FUPAM.

Maricato, Ermínia T. M. 1997. *Habitação e Cidade*. São Paulo, editora Atual.

Name. Leonardo; Bueno. Laura M. M. 2013. Contradição nas cidades brasileiras: “ambientalização” do discurso do planejamento com permanência dos riscos. IN LOURENÇO. Luciano F.; MATEUS. Manuel A. (org.) *Riscos naturais, antrópicos e mistos*. Coimbra: Editora da Universidade de Coimbra.

Okretic, Gabrielle Astier de Villatte. 2013. *As ações de mitigação do risco vistas de perto: transferência dos atingidos por enchentes no Ribeirão Piçarrão para conjuntos habitacionais em Campinas-SP*. 2013. (188). Dissertação (Mestrado em Urbanismo) Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas.

Ribeiro, Wagner Costa. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. 2008. *Parcerias Estratégicas*, n.27. Brasília.

Romero, Marta Adriana Bustos. 1988. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. São Paulo: Projeto.

Vosgueritchian. Andréa B.; Samora, Patrícia R. 2006. Acesso solar e adensamento em favelas IN. *II Congresso Brasileiro e I Iberoamericano Habitação Social – Ciência e Tecnologia*. Florianópolis.

Habitação social em municípios polo: sustentabilidade e inserção urbana

Rosa Maria Locatelli Kalil

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
kalil@upf.br

Adriana Gelpi

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
agelpi@upf.br

Wagner Mazetto de Oliveira

Universidade de Passo Fundo, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
wagner200902@hotmail.com

Tanise Spielmann

Universidade Passo Fundo, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
tanise.arq@hotmail.com

Bianca Carolina Pedrolo Henicka

Universidade Passo Fundo, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
biancahenicka@gmail.com

Nelita Prietto

Universidade Passo Fundo, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
134338@upf.br

Thauana Mattiello Vanz

Universidade Passo Fundo, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
94024@upf.br

Ramadan Kalil

Universidade Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil
ramadankalil@upf.br

ABSTRACT: This work approaches the issue of social housing as a Brazilian public policy and its municipal performance after the the City Statute. The objective is to analyze social housing in in the cities of Passo Fundo, Marau and Carazinho of the Production Region, in the north of Rio Grande do Sul state, from 2000 to 2013. Based on documental and field surveys, the diagnosis was conducted emphasizing the specificity of the urban inclusion of housing nuclei. As a result, it is observed the precariousness of the urban structure and infrastructure, the distance of centralities and the difficulty to access community equipment. It has been an advance towards social inclusion, urban and housing sustainability, mainly with relation to apartment condominiums; the dwelling condominiums are located in areas without significant urban infrastructure. The results contribute to the planning and management of social housing for new municipal programs in developing countries.

Keywords: housing nuclei, infrastructure for social housing, housing policies.

RESUMO: O trabalho aborda a questão da habitação social como política pública brasileira e seu desempenho municipal frente ao Estatuto da Cidade. O objetivo é analisar as políticas públicas para habitação social nas cidades de Passo Fundo, Marau e Carazinho da Região da Produção, norte do Rio Grande do Sul, Brasil, de 2000 a 2013. Com base em levantamentos documentais e de campo, apresenta-se o diagnóstico de programas de habitação social, enfocando a inserção

urbana dos núcleos habitacionais. Observou-se precariedade da infraestrutura urbana, distância das centralidades e dificuldade de acesso aos equipamentos comunitários. A maioria dos núcleos habitacionais de apartamentos avançou relativamente à inserção social, sustentabilidade urbana e habitacional, os conjuntos com casas localizam-se em áreas sem infraestrutura urbana significativa. Os resultados contribuem para o planejamento e a gestão da habitação de interesse social, gerando subsídios para os processos de implementação de novos programas municipais em países em desenvolvimento.

Palavras chave: núcleos habitacionais, infraestrutura para habitação social, políticas habitacionais.

1 INTRODUÇÃO

A inserção urbana da habitação social tem sido um tema bastante pesquisado tanto em países centrais como emergentes, tornando-se importante critério para análise da sustentabilidade urbana. A localização relativa dos núcleos de habitações sociais nem sempre decorre da análise de sua viabilidade locacional, mas da disponibilidade de áreas urbanas públicas, em empreendimentos governamentais, ou da aquisição facilitada, nos de promoção privada.

Ao tratar da Espanha, Montaner, Muxí & Falagan (2010) discutem as ferramentas para habitar no século XXI, destacando a relação entre o uso do solo e a sustentabilidade na constituição de cidades, das quais o tecido habitacional representa 80%. Os autores enfatizam os valores de proximidade das habitações, pois as qualidades urbanas dependem do aproveitamento da situação urbana, especialmente em relação aos equipamentos básicos e à diversidade funcional de que devem desfrutar as moradias para se enriquecer. Os percursos cotidianos devem poder ser realizados ao máximo em distâncias recorriáveis a pé, sendo imprescindível o transporte público, as compras cotidianas, a educação, a saúde, o lazer e esporte e os equipamentos de bairro.

No Brasil, o período subsequente ao Estatuto da Cidade (2001) e à criação do Ministério das Cidades (2003) introduz renovação na política de desenvolvimento urbano e habitacional, que, além de subsidiar investimentos, delega aos municípios tarefas de decisão, implantação e gestão de programas habitacionais. O Ministério das Cidades tornou-se o órgão coordenador, da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano, d da Política Nacional de Habitação (PNH), estabelecendo-se novo modelo de organização institucional, baseado em um sistema de habitação (Bonduki, Rossetto & Ghilardi 2008). A partir de 2007, com o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) 1, houve investimentos de recursos em moradia e infraestrutura para urbanização de favelas, contribuindo para elevar o padrão de urbanidade em áreas urbanas degradadas. Maricato (2011) comenta aspectos do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) de 2009, gerando postos de trabalho na indústria da construção civil e em parceria com grandes construtoras e incorporadoras. Retoma o foco na moradia em quantidade, não garantindo sua condição urbana, maior parte em locais não urbanizados. Conjuntos habitacionais pensados para resolver déficit habitacional podem trazer problemas, especialmente, no quesito localização urbana.

Estudos da UNEP (2010), em relação a São Paulo, mencionam que, no início do século XXI, a seleção de locais para a construção de conjuntos habitacionais levou em conta as características da vizinhança e a distância aos equipamentos urbanos e à infraestrutura, assim como as especificidades das famílias atendidas, mas o valor da área a ser ocupada ainda é o fator mais preponderante. Conforme destacam Lima & Lay (2004), vários autores afirmam que a habitação social ainda se caracteriza pela falta de relação com o contexto urbano (Carvalho 1985, Guimarães 2005, Bonduki 2004, apud Lima & Lay 2014), acarretando a construção de territórios de excluídos, à imagem das ocupações irregulares, com poucas facilidades urbanas.

Em estudo sobre empreendimentos habitacionais de interesse social em Caxias do Sul/RS,

baseado nas diretrizes dos programas de financiamento habitacional, Fastofski, González & Kern (2014) avaliam a inserção urbana com base em alguns indicadores como: presença e distância da rede de abastecimento de água potável; pavimentação e calçamento; energia elétrica e iluminação pública; drenagem pluvial; esgotamento sanitário; transporte coletivo; mobiliário urbano acessível; comércio e serviços; escola pública; unidade de saúde ou hospital e equipamentos ou espaços de lazer.

No âmbito dos programas financiados pela Caixa Econômica Federal (2010), a qualidade urbana é um dos requisitos de avaliação de sustentabilidade, inclusive a social, orientando escolhas de áreas para habitação social que incentivem a formação de comunidades sustentáveis. Como requisito necessário e obrigatório para a aprovação da proposta, a área destinada ao empreendimento deve estar inserida em malha urbana, além de dispor de serviços, equipamentos e infraestrutura necessários aos moradores. Para sua análise, estabelece alguns aspectos, tais como redes de infraestrutura urbana, transporte público, comércio básico, escola fundamental, equipamento de saúde e equipamento de lazer (Caixa Econômica Federal, 2010). Tal iniciativa não tem aplicação obrigatória pelos empreendedores privados ou parceiros das iniciativas públicas municipais ou estaduais.

Visando contribuir com a análise da sustentabilidade e inserção urbana, o trabalho analisa aspectos de inserção urbana em empreendimentos de habitação social em três municípios polo da Região da Produção, RS, Brasil, no período de 2002 a 2012. As informações estão baseadas em levantamentos de campo e análises documentais realizadas entre 2010 e 2014. Os municípios foram selecionados por serem polos regionais e microrregionais na região mencionada e pela retomada da construção de conjuntos habitacionais financiados.


2 PROGRAMAS E PROJETOS HABITACIONAIS NO MUNICÍPIO DE CARAZINHO

Carazinho tem área territorial de 664,56 km², contando com uma população de 59.317 habitantes (IBGE, 2010). Nos últimos vinte anos, houve declínio da população rural e acréscimo da população urbana. Entre 2000 e 2010, a taxa média de crescimento populacional anual foi de 0,28%. Em 2010, o IDHM foi de 0,766, estando na faixa de alto desenvolvimento humano. A legislação urbanística municipal conta com Plano Diretor, Código de Obras e Lei de Parcelamento do Solo. Poucas normativas regulamentam as políticas públicas de habitação; o Plano de Local de Habitação está em fase de elaboração. Na década de 2000, alguns projetos habitacionais foram financiados pelo Programa Fundo Nacional de Habitação e, a partir de 2009, tiveram o financiamento do PMCMV. No período de 2002 a 2013, foram construídas 340 unidades habitacionais, sendo 184 casas isoladas no lote (54%), 127 apartamentos (37,5%) e 28 casas térreas geminadas (8,5%).

2.1 Núcleo Habitacional Passo da Areia

O Núcleo Habitacional Passo da Areia localiza-se no Bairro São Jorge, sul da cidade, limitado pela Rodovia BR-285, nas Ruas Amarolino dos Santos, João Saldanha dos Santos, José Morigi, Antonio Leiria e Aldino Graeff. Distanto 4,4 km do centro da cidade no trajeto da Rua Salgado Filho e 6,2 km pela BR-285. O núcleo foi implantado em etapas, em projetos municipais por meio de vários programas habitacionais. A urbanização local é precária, vias não pavimentadas, os passeios desnivelados e sem calçada. Em 2013, a Rua Amarolino dos Santos recebeu pavimentação asfáltica, previsto o asfaltamento das ruas de circulação do transporte coletivo. A área dispõe de energia elétrica, iluminação pública e rede de abastecimento de água. O núcleo, embora distante do centro da cidade, dispõe dos equipamentos urbanos básicos a distâncias não superiores a 1.300 m e de acesso ao transporte coletivo, a inserção urbana é regular (Tabela 1).


Tabela 1. Localização relativa dos equipamentos urbanos no Núcleo Habitacional Passo da Areia

Equipamento comunitário	Distância em metros			Vista geral
	Até 500	+ de 500	+ de 1.000	
Posto de saúde	300			
Equipamentos de lazer	300			
Transporte público	300			
Escola de ensino fundamental			1.300	
Escola de ensino médio			1.300	
Creche		600		

2.2 Núcleo Habitacional Planalto

O Núcleo Habitacional Planalto localiza-se no Bairro Cantares, próximo ao Aeroclube, limitado ao norte pela Rodovia BR-285 (acesso a Passo Fundo e Santa Bárbara), a leste pelo Bairro Aeroporto e pela Avenida Flores da Cunha (Rodovia Estadual RS-142, ligando Carazinho a Não-Me-Toque), ao sul pelo Bairro Santa Terezinha. O núcleo habitacional está situado nas Ruas Selbach, Harry Bucholz, José da Silva Amaral e Germano Bernardo Genhr. A infraestrutura urbana possui rede viária com vias pavimentadas em paralelepípedos, passeios com meio-fio nivelados e pavimentados parcialmente com placas de concreto, rede de drenagem urbana e com nivelamento entre os lotes e a pista veicular. A área dispõe de rede de energia elétrica, iluminação pública e rede de abastecimento de água. O núcleo, distante do centro da cidade, dispõe dos equipamentos urbanos básicos a distâncias variáveis, estando os equipamentos de educação a distâncias superiores a 1.000 m, a inserção urbana é regular (Tabela 2).

Tabela 2. Localização relativa dos equipamentos urbanos no Núcleo Habitacional Planalto

Equipamento comunitário	Distância em metros			Vista geral
	Até 500	+ de 500	+ de 1.000	
Posto de saúde	300			
Equipamentos de lazer	100			
Transporte público		500		
Escola de ensino fundamental			1.300	
Escola de ensino médio			1.100	
Creche			1.100	

2.3 Núcleo Habitacional Oriental

O Núcleo Habitacional Oriental está situado no Bairro Oriental, leste da área urbana, sendo delimitado pela Avenida Flores da Cunha e pelo Bairro São Pedro; a nordeste, pela Rodovia BR-386 (ligando a Sarandi e Soledade); a sudoeste, por área de proteção ambiental; e a sudeste, por área rural, nos limites do perímetro urbano. O condomínio localiza-se na Rua Pernambuco e a 2,7 km do centro da cidade. A rede viária é composta por vias pavimentadas com paralelepípedos em estado regular e vias não pavimentadas com meio-fio de concreto, passeios desnivelados e não pavimentados, arborização urbana esparsa, contando com rede de drenagem urbana. O bairro dispõe de energia elétrica, iluminação pública e rede de abastecimento de água. O núcleo, mais próximo do centro da cidade, está em área urbana relativamente consolidada, dispondo dos equipamentos urbanos básicos a distâncias menores do que 1.000 m, apresentando, assim, boa inserção urbana (Tabela 3).

Tabela 3. Localização relativa dos equipamentos urbanos no Condomínio Habitacional Oriental

Equipamento comunitário	Distância em metros			Vista geral
	Até 500	+ de 500	+ de 1.000	
Posto de saúde	300			
Equipamentos de Lazer	300			
Transporte público	300			
Escola de ensino fundamental	100			
Escola de ensino médio	100			
Creche		600		


3 PROGRAMAS E PROJETOS HABITACIONAIS NO MUNICÍPIO DE PASSO FUNDO

Passo Fundo tem área territorial de 780 km², com 184.826 habitantes (FEE, 2012). A cidade polariza a região de mais de 100 municípios do Norte do Estado, e seu desenvolvimento econômico ocorre em grande parte em torno de arranjos produtivos de caráter regional, indústria vinculada às atividades agrárias (Soares & Ueda, 2007). Passo Fundo ocupa um lugar de destaque na rede urbana gaúcha, sendo o 12º município mais populoso do estado e a 10ª maior economia, considerando o PIB municipal de 2010 (FEE, 2012).

Entre 1960 e 1990, a produção da habitação social esteve dividida entre o Estado (Cohab/RS), Município e a autoconstrução, sendo construídas 2.075 moradias, atendendo cerca de 4 mil pessoas. A política de construção de grandes conjuntos habitacionais, carentes de infraestrutura, equipamentos e qualidade construtiva, também ocorreu no Município, correspondendo à política habitacional nacional de grandes conjuntos afastados das oportunidades urbanas, gerando guetos. Entre 2000 e 2010, os projetos seguiram a política municipal, em núcleos de menor porte, financiados com recursos federais dos programas PSH, PAR e PAC, com contrapartida municipal. Sete núcleos foram em tipologia de unidades térreas isoladas ou geminadas e cinco em tipologia de unidades multifamiliares de quatro ou cinco pavimentos, estes com maior impacto (Kalil, 2003; Sobarzo, 2010). Em 2011 e 2012, novos projetos estão em obras e outros, planejados, totalizando 1.395 unidades.

3.1 Condomínio Jardim Petrópolis

Tabela 4. Localização relativa dos equipamentos urbanos no Condomínio Jardim Petrópolis

Equipamento comunitário	Distância em metros			Vista geral
	Até 500	+ de 500	+ de 1.000	
Posto de saúde	500			
Equipamentos de lazer				
Transporte público				
Escola de ensino fundamental	200			
Escola de ensino médio	200			
Creche	20			


O Condomínio Jardim Petrópolis, implantado no Bairro Petrópolis, primeiro a ser realizado no Programa de Arrendamento Residencial (PAR). O bairro está localizado na zona leste da cidade, acesso da Rodovia BR-285 (ligação com Lagoa Vermelha) e da Rodovia RS-135 (ligação com Erechim) e área de expansão urbana acelerada. O núcleo localiza-se na Rua Dr. Bozano; no entorno possui creche, unidade de saúde, escola, comércio, serviços, posto policial, cemitério, igrejas e áreas habitacionais. Compõe-se de seis blocos de quatro pavimentos, quatro apartamentos de

dois dormitórios por andar, com 96 unidades habitacionais, construídas em tecnologia convencional. O conjunto é cercado por muros, cerca elétrica, guarita, vigilância noturna e monitoramento, contando com estacionamento coberto, área aberta com *playground* e quadra, salão de festas e central de gás Apresenta boa inserção urbana (Tabela 4).

3.2 Condomínio Hélio Toldo

O Núcleo Habitacional Hélio Toldo localiza-se na Rua Ibicuí, no Bairro Cruzeiro. Construído em 2008, o conjunto possui dez blocos com cinco pavimentos, totalizando 200 unidades habitacionais. Cada UH possui área aproximada de 35 m², sendo todos os pavimentos tipo, não havendo unidades com adaptações para portadores de necessidades especiais (PNEs). As áreas de uso comum incluem quiosques, salão de festas, *playground*, recantos de estar, rampas e vagas para PNEs. No entorno do condomínio, encontram-se estabelecimentos de comércio e serviços de pequeno porte. As vias pavimentadas com asfalto e paralelepípedos, apresentando passeio em placas de concreto com faixas de serviço, sem adaptação para rotas de acessibilidade universal. O conjunto é cercado por cerca de arame, guarita e central de lixo, contando com área aberta para estacionamento, área de lazer, quiosques com churrasqueiras, salão de festa e *playground* A inserção urbana é regular (Tabela 5).


Tabela 5. Localização relativa dos equipamentos urbanos no Condomínio Hélio Toldo

Equipamento comunitário	Distância em metros			Vista geral
	Até 500	+ de 500	+ de 1.000	
Posto de saúde			2.300	
Equipamentos de lazer				
Transporte público				
Escola de ensino fundamental		700		
Escola de ensino médio			1.600	
Creche		600		

3.3 Núcleo Habitacional Vila Donária

Na Vila Donária, construído, em 2010, o núcleo habitacional com 58 residências, pela Construtora Priori Giacomini, utilizando o sistema construtivo com concreto leve polimerizado moldado *in loco*, com uso de formas metálicas estanques, bem como de esquadrias metálicas e vidro nas janelas e portas. Cada terreno corresponde a um módulo de 15 x 30 metros, e cada moradia possui 40 m², terreno tratado mediante colocação de gramado. A inserção urbana é precária. (Tabela 6).

Tabela 6. Localização relativa dos equipamentos urbanos no Núcleo Habitacional Vila Donária

Equipamento comunitário	Distância em metros			Vista geral
	Até 500	+ de 500	+ de 1.000	
Posto de saúde			1.400	
Equipamentos de lazer				
Transporte público	400			
Escola de ensino fundamental			1.000	
Escola de ensino médio			4.200	
Creche			1.300	

4 PROGRAMAS E PROJETOS HABITACIONAIS NO MUNICÍPIO DE MARAU


Marau possui 33.778 habitantes e taxa de urbanização de 85,1%, município com maior grau de urbanização e desenvolvimento na região, concentrando indústrias; a maioria agroindústrias,

alimentícias e metal-mecânica, atraindo população pela oferta de trabalho e renda. Segundo o Plano Local de Habitação de Interesse Social (PLHIS), entre 1995 e 2001, o investimento em habitação e urbanismo em Marau ficou entre 9,25 e 16,98% do total da despesa anual. Os programas habitacionais realizados pelo governo municipal com aporte de recursos federais, entretanto, a falta de infraestrutura administrativa no setor habitacional impede maior adesão aos programas habitacionais do governo federal. A alta valorização fundiária no Município dificulta a implantação de programas para baixa renda, principalmente a adesão ao Programa Crédito Solidário (FDS) e ao Fundo de Arrendamento Familiar (FAR). O financiamento principal é pelo PMCMV, facilitado pela parceria com construtoras e incorporadoras locais.

4.1 Loteamento Casulo


O Loteamento Casulo, que foi promovido pela Prefeitura Municipal, integrante do Programa de Subsídio à Habitação (PSH Urbano), está localizado em área periférica, no Bairro Fátima, um dos mais pobres da cidade de Marau. Situa-se próximo à área de preservação de mata nativa e a córrego, bem como aos Bairros Vila Verde, Loteamento Primavera e Loteamento Angelina Rodigheri, de interesse social. O núcleo está localizado na Rua Miguel Angelo Perotti, distando cerca de 2,5 km do centro da cidade. A área dispõe de equipamentos comunitários: Escola de Educação Infantil Mundo Encantado e Escola de Ensino Fundamental Honorino Pereira Borges, bem como Associação Beneficente São Francisco de Assis. Em bairro próximo, conta com Unidade Básica de Saúde do PSF, Escola de Ensino Fundamental e de Ensino Infantil Toca do Coelho. Inserção urbana é regular (Tabela 7).

Tabela 7. Localização relativa dos equipamentos urbanos no Loteamento Casulo (2003)

Equipamento comunitário	Distância em metros			Vista geral
	Até 500	+ de 500	+ de 1.000	
Posto de saúde		800		
Equipamentos de lazer		700		
Transporte público				
Escola de ensino fundamental	500			
Escola de ensino médio			3.000	
Creche	500			

4.2 Residencial Frei Adelar

Tabela 8. Localização relativa dos equipamentos urbanos no Residencial Frei Adelar (2011)

Equipamento comunitário	Distância em metros			Vista geral
	Até 500	+ de 500	+ de 1.000	
Posto de saúde			5.000	
Equipamentos de lazer				
Transporte público				
Escola de ensino fundamental			2.300	
Escola de ensino médio			1.900	
Creche			2.700	


O Residencial Frei Adelar está localizado na Rua Alfredo Calonego, no Loteamento Frei Adelar, parte do Bairro São José Operário. O empreendimento, área construída total de 6.643, 74 m², compõe-se por sete blocos com quatro pavimentos, 112 unidades habitacionais (apartamentos), sendo três blocos com apartamentos de dois dormitórios e quatro blocos mistos com apartamentos de dois e três dormitórios. O entorno está em consolidação, dispendo de via com pavi-

mentação asfáltica, passeio com brita, iluminação pública, rede de abastecimento de água, energia elétrica, rede telefônica e coleta de lixo regular. Os equipamentos comunitários estão localizados no Bairro São José Operário, mas em distâncias superiores a 1.000 metros (Tabela 8).

4.3 Condomínios Residenciais Frei Adelar I e II

Os Condomínios Residenciais Frei Adelar I e II estão localizados na Rua Bomfilho De Rocco, esquina com a Rua José Antonio Longo, Bairro Frei Adelar, Bairro São José. O entorno da área está parcialmente consolidado com habitações de empreendimentos habitacionais anteriores; a via não está pavimentada e não dispõe de passeio público. Apresenta rede de energia, abastecimento de água, telefonia e iluminação pública. São dois condomínios verticais anexos, com 32 unidades habitacionais de dois e tres dormitórios, totalizando 64 apartamentos. Ambos apresentam dois blocos de quatro pavimentos, com dezesseis apartamentos, resultando em uma área de 2.038,61 m². A inserção urbana é ruim, pela distância dos equipamentos comunitários (TABELA 9).

Tabela 9. Localização relativa dos equipamentos urbanos nos Condomínios Residenciais Frei Adelar I e II

Equipamento comunitário	Distância em metros			Vista geral
	Até	+ de	+ de	
	500	500	1.000	
Posto de saúde			5.700	
Equipamentos de lazer				
Transporte público				
Escola de ensino fundamental			3.000	
Escola de ensino médio			2.600	
Creche			3.400	

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos projetos habitacionais implantados no período 2002-2013, percebeu-se que se localizam em áreas periféricas ou de urbanização recente, com o mínimo de equipamentos comunitários nas proximidades. Exceção ocorre em condomínios do PAR em Passo Fundo. As ações habitacionais confirmam a segregação urbana, seguindo as estratégias espontâneas dos moradores nas áreas de ocupação irregular. Há tendência de a urbanização ocorrer subsequente à provisão habitacional, mesmo em projetos governamentais. Portanto, as políticas habitacionais antecedem as políticas de desenvolvimento urbano, em lógica perversa de dificultar a integração dos moradores como cidadãos plenos.

Sobre os equipamentos comunitários, embora muitos atendam aos requisitos mínimos do Selo Casa Azul quanto à distância, não se observa em relação às necessidades de inserção urbana e de serviços aos moradores em cidades de porte médio e pequeno analisadas. O deslocamento e a mobilidade são prejudicados pelas precárias condições das vias, especialmente para pedestres, e o transporte coletivo, se existente, onera-os; os equipamentos de lazer são os mais distantes ou inexistentes, e seriam promotores da vivência comunitária e inserção social das comunidades; os conjuntos multifamiliares incluem espaços internos de convivência e lazer, gestão condominial e manutenção mais cuidada; os núcleos com unidades isoladas apresentam maior precariedade e distância do centro, demandando tempo e despesa de deslocamento aos moradores; dentre os equipamentos educacionais, a escola de ensino médio é a mais distante, o que dificulta acesso e permanência, especialmente para jovens trabalhadores; os conjuntos são organizados de forma endógena e segregada e, embora cumpram a função moradia, têm a sustentabilidade prejudicada em relação ao hábitat como um todo.

Conclui-se, que os projetos habitacionais nos municípios polo da Região da Produção, com financiamentos públicos federais e municipais, pouco avançaram em relação à inserção urbana

e à sustentabilidade. Mesmo após a revisão crítica e bibliográfica sobre os programas habitacionais instituídos pelo extinto BNH nas décadas de 1970 e 1980, as áreas continuam periféricas, pouca inserção e infraestrutura urbanas. Grande parte da infraestrutura nesses loteamentos é precária e os equipamentos urbanos mínimos localizam-se em distâncias relativas, indicando que os interesses econômicos privados e o descaso governamental preponderaram sobre a qualidade de vida e a cidadania proposta à população moradora desses programas.

6 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à Fapergs, à UPF, às prefeituras municipais, à Caixa Econômica Federal e aos entrevistados.

REFERÊNCIAS

Bonduki, N.; Rosseto, R. & Ghilardi, F. H. 2012. *Política e Sistema Nacional de Habitação: Plano Nacional de Habitação*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal; Agência Goiana de Habitação. Disponível em: <http://www.agehab.go.gov.br/pehis/download/texto%20_1.pdf>. Acesso em: 20 maio 2012.

Caixa Econômica Federal. 2010. *Guia Selo Casa Azul: boas práticas para habitação mais sustentável* (coordenadores Vanderley Moacyr John, Racine Tadeu Araújo Prado). São Paulo: Páginas & Letras.

Fastofski, D. C.; González, M. A. S; Kern, A. P. 2014. Análise da sustentabilidade urbana em empreendimentos habitacionais: proposição de indicadores e estudo de casos em Caxias do Sul, RS. In: *Congresso internacional sustentabilidade e habitação e interesse social, Anais*. Porto Alegre: PUCRS. CD-ROM.

FEE. Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul. 2012. *Passo Fundo*. Disponível em: <<http://www.fee.rs.gov.br>>. Acesso em: 20 maio de 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. *Censo demográfico*. Rio de Janeiro.

Lima, M. A. de; Lay, M. C. D. 2014. Uma reflexão sobre padrões espaciais de localização de conjuntos habitacionais de interesse social. In: *Congresso internacional sustentabilidade e habitação e interesse social, Anais*. Porto Alegre: PUCRS. CD-ROM.

Maricato, E. 2011. *O impasse da política urbana no Brasil*. Petrópolis: Vozes.

Montaner, J. M.; Muxí, Z. & Falagán, D. H. 2010. *Herramientas para habitar el presente: la vivienda del siglo XXI*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Soares, P. R. R.; Ueda, V. 2007. Cidades médias e modernização do território no Rio Grande do Sul. In: M. E. B. Sposito (Org.), *Cidades médias: espaços em transição*: 379-411. São Paulo: Expressão Popular.

UNEP. Sustainable Social Housing Initiative. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. 2010. *Mapeamento dos principais interessados e dos processos que afetam a seleção de soluções (tecnologias e materiais) para projetos de habitação social*. São Paulo.

Ferramentas metodológicas para análise da ocupação urbana em áreas de risco

Leandro Camatta de Assis

Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria de Arquitetura e Urbanismo, Colatina, Espírito Santo, Brasil.
leandrocammatta@ifes.edu.br

Vivian Albani

Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria de Arquitetura e Urbanismo, Colatina, Espírito Santo, Brasil
vivianalbani@ifes.edu.br

Abrahão Alexandre Alden Elesbon

Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria do Tecnólogo em Saneamento Ambiental, Colatina, Espírito Santo, Brasil
abrahao@ifes.edu.br

Ludmila Jesus de Carli

Instituto Federal do Espírito Santo, Arquitetura e Urbanismo, Colatina, Espírito Santo, Brasil
ludmiladecarli@gmail.com

Rômulo Croce

Instituto Federal do Espírito Santo, Arquitetura e Urbanismo, Colatina, Espírito Santo, Brasil
romulocroce@gmail.com

ABSTRACT: The present study aims to compare digital and analogic methodological tools for data analysis and to present the results about the occupation process in risk areas, in zones of steep slopes, in Rio Doce valley region, in the town of Colatina, Espírito Santo, Brazil. The resident population difficulty in comprehend the risk in slope areas and the challenge of the government in controlling those regions are the establisher problem of the analysis. Comparing the tools displayed, there are, as results, the indications that the physical model is a tool of information and research of additional data about the population, while the georeferenced file/ lifting digital model are constituted as storage tools and overlapping data for reflection and discussion of the proposals. The use of these tools presents the possibility of mitigating new discussions about the urban and social processes existing in the city.

Keywords: Occupation of slopes; Model; Georeferencing; Risk monitoring.

RESUMO: Este estudo objetiva comparar ferramentas metodológicas digitais e analógicas para análise de dados e apresentação de resultados sobre o processo de ocupação de áreas de risco em zonas de declividade acentuada, na região do vale do Rio Doce, na cidade de Colatina, Espírito Santo, Brasil. A dificuldade da compreensão do risco por parte da população residente em áreas de encostas e o desafio do poder público em monitorar tais regiões é o problema instaurador da análise. Comparando as ferramentas, obtiveram-se como resultados as indicações de que a maquete física se apresenta como ferramenta de exposição de informações e busca de dados complementares com a população, enquanto o arquivo digital georreferenciado/ modelo digital de elevação se constituem como ferramentas de armazenamento e sobreposição de dados para reflexão e discussão de propostas. A utilização destas ferramentas apresenta uma possibilidade de mitigação de novas discussões dos processos urbanos e sociais existentes nas cidades.

Palavras-chave: Ocupação de encostas; Maquete; Georreferenciamento; Monitoramento de risco.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma comparação entre duas ferramentas de compreensão e análise do território, a maquete física e a maquete virtual, ambas de áreas com declividades acentuadas e que apresentam riscos de deslizamentos na cidade de Colatina, Espírito Santo, Brasil. O estudo dos processos de ocupação urbana e dos fatores que originam a ocupação de áreas de risco, assim como o levantamento de ferramentas para compreensão e apresentação de resultados, é parte desta pesquisa que visa associar essas distintas ferramentas para melhor compreensão da situação urbana e apresentação de futuras propostas. Tais ferramentas buscam atender falhas, ou demandas, de alguns processos de monitoramento de áreas de risco, de conscientização da população e a definição das áreas de risco por parte dos agentes públicos.

Inicialmente é importante compreender basicamente o processo de urbanização do Brasil, principalmente a partir da década de 1960. Com a industrialização crescente das cidades estas se tornavam cada vez mais atrativas e a população rural imigrava em busca de melhores condições de vida. Este cenário associado a uma ineficiência de políticas públicas (leis, planos urbanísticos, códigos de obras, etc.), falharam na tarefa de ordenar o parcelamento e ocupação do solo e a habitação popular adequada, permitindo que áreas de encostas, muitas em risco, fossem ocupadas, sendo esta a situação urbana de muitas cidades brasileiras atuais (Afonso e Micheletti, 2012).

Além da ineficiência de políticas públicas e legislações, a falta de fiscalização e de profissionais qualificados atuantes no processo de construção das cidades (cidade informal) permitiu que muitas ações antrópicas gerassem instabilizações e impactos ao solo e aos humanos. Foi só em fins da década de 1970 que o poder público estabeleceu a primeira lei referente às construções em encostas, a Lei Lehmann 6.766/79 (BRASIL, 1979), a qual determina diretrizes sobre o parcelamento do solo e proíbe a ocupação em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, a menos que sejam seguidas as recomendações técnicas específicas.

No entanto, a aparente preocupação do Estado com a criação de leis federais e municipais mostrou-se insuficiente. Houve e ainda há uma carência de fiscalização nos locais de risco, de técnicos capacitados, de informações à população e de cartas geotécnicas municipais. As consequências dessas falhas são perceptíveis em períodos chuvosos, quando muitas habitações em áreas de risco sofrem fissuras, desmoronamentos, ou são soterradas colocando a vida dos moradores em perigo.

A urbanização de encostas exige uma maior análise técnica e projetual. Não é indicado se utilizar os mesmos conceitos e técnicas para a ocupação de um terreno plano, pois a sua estabilidade está relacionada a fatores naturais como o clima, vegetação, linhas de drenagem naturais e características geomorfológicas. Segundo Cunha (1991 *apud* Afonso e Micheletti, 2012), o homem atua como um modificador do meio ambiente e, nas encostas, essa interferência potencializa o processo de instabilização e de risco.

2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo comparar e associar ferramentas metodológicas digitais e analógicas (maquete física e modelo virtual) para análise de dados e apresentação de resultados sobre o processo de ocupação de áreas de risco em regiões de declividade acentuada, no caso apresentado, na região do vale do Rio Doce, na cidade de Colatina, Espírito Santo, Brasil. Tais ferramentas são elementares para futuras pesquisas e materiais de apoio a elaboração de políticas públicas, para compreensão de risco pela população e para profissionais do meio, além de apresentarem uma possibilidade de novas discussões dos processos urbanos e sociais existentes nas cidades e diminuir o risco de futuras ocupações habitacionais em encostas.

3 METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE OCUPAÇÕES EM ENCOSTAS

Para a análise da ocupação de áreas de risco em morros e encostas foram elaboradas duas maquetes topográficas da área urbana da cidade de estudo, uma física e outra digital. Para efeito de comparação e apresentação para a população de áreas de risco, as mesmas informações contidas nas diferentes ferramentas foram utilizadas, são elas: relevo, arruamentos, hidrografia e áreas de preservação. No entanto, convém ressaltar que a maquete virtual possui outras informações espaciais associadas à ferramenta.

Colatina é uma cidade com aproximadamente 120.000 habitantes, segundo o censo de 2010, localizada na região noroeste do estado do Espírito Santo, na região Sudeste do Brasil, conforme mostra a figura 1.



Figura 1: Localização do município de Colatina. Fonte: ALBANI, 2012.

Além disso, Colatina apresenta seu relevo marcado pela presença do vale do Rio Doce, que corta a cidade em duas partes, norte e sul, e condiciona a ocupação da cidade a basicamente duas condições: áreas de inundação e áreas de morros e encostas, conforme mostra a figura 2.



Figura 2. Fotografia da cidade na enchente do Rio Doce em dezembro de 2013. Foto dos autores.

Ambas as ferramentas metodológicas foram analisadas com objetivos distintos e

complementares, a fim de uma melhor compreensão dos espaços em risco, além de facilitar a visualização das áreas em risco de encostas habitadas. Para análise comparativa das ferramentas apresentadas foi realizada uma entrevista com moradores de uma das regiões de risco de desabamento de Colatina. Na entrevista, após a apresentação das ferramentas, foi questionado, entre outras questões, qual dos meios apresentados é mais eficiente para percepção de risco de deslizamentos de terra. Além disso, foi comparado em laboratório de pesquisa a possibilidade de utilização das ferramentas enquanto meios de agregação de informações para o planejamento urbano.

3.1 Maquete física

Ao longo da história, desde século V a. C. aos dias atuais, a maquete física artesanal vem sendo utilizada como uma ferramenta eficaz de representação e apresentação de projetos. Há registros de modelos de estudos arquitetônicos datados da época neolítica europeia, feita em cerâmica com características arquitetônicas de residências, produzidas provavelmente por artesãos para fins agrícolas (Rozestraten, 2003). Com o passar dos séculos as maquetes foram se aperfeiçoando, surgiram novas técnicas, novos materiais e novas tecnologias. Mesmo com o advento da era da cultura digital na década de 1990, com a criação de ferramentas computacionais de modelagem tridimensionais rápidas e precisas, a maquete física ainda permanece como forma de comunicação arquitetônica principalmente para os leigos, como sendo o melhor meio de representação espacial.

Segundo Paulo Mendes da Rocha (2007, p.12) “a maquete, assim, representa para o arquiteto um momento de aferição, no qual ele verifica as proporções, as transparências, as sombras que aqueles volumes geram e a relação com as diferentes escalas urbana e humana.” Não somente possui utilidade para o arquiteto, mas também para os leigos, que, em contato com a maquete, a noção de escala, a compreensão do projeto e a atenção aos detalhes ficam mais perceptíveis.

Assim, sabendo a importância da utilização da maquete como ferramenta metodológica, e agente facilitador de compreensão tridimensional e espacial, foi confeccionada uma maquete física topográfica do relevo da área urbana da cidade de Colatina, a qual foi analisada e comparada com a digital. A construção deste modelo em escala teve por objetivo apresentar aos moradores que ocupam regiões de risco em morros e encostas o perigo de tal ocupação. A percepção da situação real através da visualização da maquete é importante ferramenta na tentativa de convencimento dos riscos de deslizamentos por parte da população.

Para a confecção da maquete topográfica, primeiramente foram adquiridos dados cartográficos da área de estudo através de dados fornecidos pela prefeitura de Colatina, em arquivo do tipo *.dwg*. Em seguida, foi definida a escala ideal para a maquete, optando-se pela 1:2000. Essa escala foi a que possibilitou um corte mais preciso do material e que permitiu que a maquete não fosse inviabilizada pelo seu tamanho, até mesmo para que o transporte e manuseio da mesma seja facilitado, uma vez que é objetivo que ela seja apresentada para a população nas áreas de risco. Na confecção, foi utilizado o papel do tipo paraná, devido ao seu ótimo custo benefício e sua facilidade de manuseio. Após a definição da escala e dos materiais, dividiu-se a área de estudo em placas no formato A1 (841 x 594 mm), as quais foram numeradas para melhor organizá-las. A maquete física apresentada na entrevista está apresentada na figura 3.

A pesquisa realizada com os moradores de uma das áreas de risco selecionada comprovou a facilidade de apresentar informações topográficas espaciais através da maquete física. Segundo resultado da pesquisa, 81% dos moradores entrevistados compreende melhor as áreas de risco de encostas com a maquete física, quando comparada à maquete virtual. Além disso, 60% dos moradores reconheceram imediatamente o espaço apresentado na maquete física.

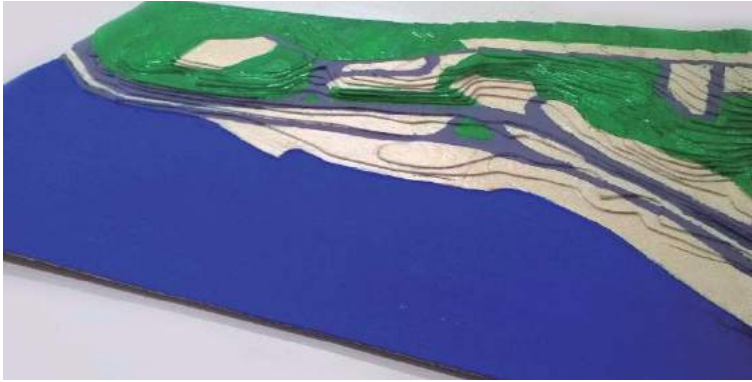


Figura 3. Fotografia de placa da maquete topográfica apresentada na entrevista. Foto dos autores.

Entretanto, nas comparações realizadas em laboratório de pesquisa, com objetivo de agregar informações na maquete física para o planejamento urbano, verificou-se a dificuldade em trabalhar com múltiplas informações nesta ferramenta. A rigidez do material e a dificuldade em sobpor informações mostrou que esta ferramenta não é eficaz para análise de múltiplos dados concomitantes.

3.2 Maquete digital

A visualização através de um mapa impresso é algo frequente na sociedade, tanto em livros didáticos, como em revistas e jornais. Sendo assim, é um meio de visualização de elementos que busca transmitir informações diversas de forma clara e concisa, entretanto, suas características impõem algumas limitações, como por exemplo, na análise combinada de diversos mapas e na atualização e sobreposição de dados.

As ferramentas computacionais cada vez mais proporcionam novos meios de apoio a diversas áreas de estudo. Nos meios de representação digital, novos sistemas de análise estratégica e aquisição de informações são criados a cada ano. Seguindo essa linha, os dados geográficos, a partir da metade do século XX, passam a ser manuseados por práticas matemáticas e computacionais, denominadas de Geoprocessamento, que para Câmara et al. (2005) tem como finalidade estudar e implementar diferentes formas de representação computacional do espaço geográfico.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG ou *GIS - Geographic Information System*) notificam-se por serem consideradas as ferramentas operacionais do Geoprocessamento que permitem a realização de análises complexas, pois permitem integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados (Câmara et al., 2005).

Para Burrough (1986), estes sistemas não concedem apenas a atribuição de manipulação de dados geográficos, mas, dentro de um SIG, os dados estruturados representam um modelo do mundo real. O software usado para a fabricação do modelo digital desta pesquisa utiliza da tecnologia SIG, que visa esse tipo de combinação através da produção de mapas digitais, com a possibilidade de análise e interação do usuário.

Para Fitz (2008), SIG é conceituado como um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados especialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido. A conceituação de Fitz (2008) é importante para esta pesquisa pois acrescenta um importante elemento ao sistema, as pessoas e a interação com as informações.

O arquivo digital, elaborado no laboratório de Geoprocessamento do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Colatina, foi desenvolvido com o intuito de ser um material com maior precisão de dados e que contribua como referência para análise e discussão de propostas,

além de ser uma base para sobreposição de informações territoriais diversas. Tal estudo já construiu um mapa de declividades com precisão maior do que a apresentada por setores responsáveis pelo planejamento da Prefeitura Municipal de Colatina (PMC).

A concepção do arquivo digital georreferenciado se deu através de outro arquivo, em formato .dwg, também georreferenciado, que foi adquirido na PMC, com informações das curvas de nível do perímetro urbano da cidade, localização de vias, quadras e residências. O software ArcGIS, foi utilizado para apresentar novas informações da pesquisa e tornou possível a execução do material proposto.

O arquivo fornecido pela PMC foi trabalhado pelos autores para que produzisse informações dos locais com declividades superiores ao que se considera adequado à implantação de ocupações habitacionais em encostas, baseados na Lei Federal 6.766/1979. Portanto, as marcações produzidas no modelo informam áreas com declividades de 30%, 40% e acima de 60%, estas inaptas ao parcelamento do solo urbano, conforme mostra a figura 4.

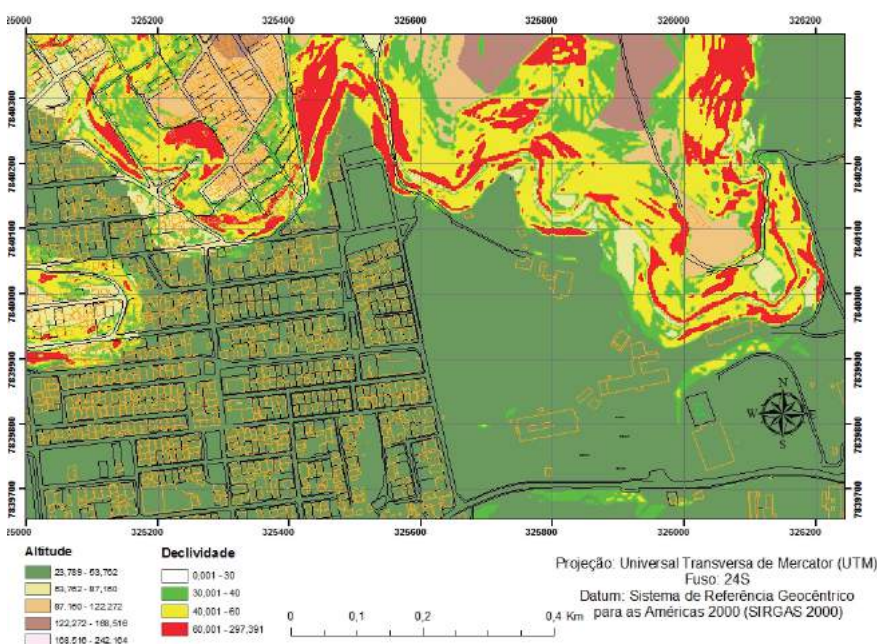


Figura 4. Mapa de declividade de microrregião da cidade de Colatina (Aproximação da cidade em região norte do Rio Doce) com as demarcações das áreas com declividades acentuadas e altitudes do local.

Após a delimitação dessas áreas de risco, um modelo digital 3D foi elaborado, para que se tenha uma melhor percepção das condições topográficas em questão, suas elevações e seus respectivos graus. Além da indicação dos locais com declividade impróprias para implantação de edificações, esse mesmo arquivo contém a caracterização da altitude dessa região, informando os locais com maior e menor elevação. Além de exibir a projeção das ruas e das edificações da cidade, conforme mostra a figura 5.

Sendo assim, após análise do arquivo digital verificou-se a facilidade em se sobrepor informações distintas no mesmo arquivo para que o planejamento urbano ocorra de maneira mais clara e com o máximo de informações espaciais possível. Este arquivo foi apresentado ao setor de planejamento urbano da prefeitura de Colatina como ferramenta de estudo de análise e os profissionais reforçaram a necessidade do estudo e da ferramenta.

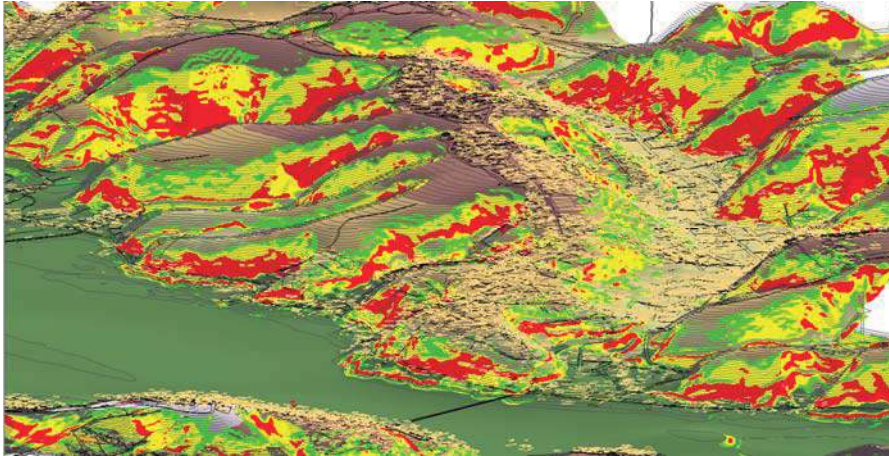


Figura 5. Perspectiva da cidade de Colatina, Espírito Santo, Brasil, retirada do software ArcGIS, com representação das projeções das edificações, arruamentos e graus de declividade.

Convém ressaltar que o arquivo apresentado na entrevista para comparar as ferramentas possui apenas as informações contidas na maquete física, uma vez que o objetivo principal da comparação era avaliar qual ferramenta é mais indicada para apresentar dados de habitação em encostas para a população.

4 RESULTADOS ALCANÇADOS

A comparação das ferramentas metodológicas produzidas nesta pesquisa: a maquete física, o mapa de declividades e modelo digital de elevação, foi realizada em busca da melhor aplicação das diferentes ferramentas estudadas.

As placas da maquete física, construída com papel paraná e em escala, com as mesmas informações de relevo, arruamentos, hidrografia e áreas de preservação, mostrou-se uma excelente ferramenta para apresentação de informações espaciais para a população. Em um primeiro momento, o morador sem conhecimento técnico sobre plantas planialtimétricas, observa o objeto para em seguida, após uma imersão no contexto conhecido da cidade, compreender as características espaciais da mesma. Por essa razão, e, em consequência disso, as condicionantes de risco podem ser apresentadas e debatidas de maneira mais clara com a população.

A maquete completa, com todas as placas e de toda a cidade, será exposta ainda em eventos para a comunidade com o objetivo de explicitar a importância do tema e conscientizar a população sobre a ocupação de regiões de risco. Além disso, a maquete já tem sido utilizada amplamente nas disciplinas de topografia dos cursos técnico em Edificações e superior em Arquitetura e Urbanismo do Instituto Federal do Espírito Santo, campus Colatina, como recurso didático para demonstração de conteúdos, principalmente a planialtimetria. Tal uso se mostrou eficiente para os primeiros contatos com o conteúdo técnico da disciplina.

Os modelos digitais desenvolvidos, mapa de declividades e modelo digital de elevação, mostraram ser ferramentas de grande importância, pois se caracterizam por serem arquivos com informações atualizadas e detalhadas em relação à ocupação de encostas na cidade. Tais informações existentes nos setores públicos municipais, encontradas na pesquisa até então, são superficiais e pouco interativas. Por se tratar de uma ferramenta de fácil agregação de informações, com diversas aplicações para o setor de planejamento urbano, este material foi apresentado à técnicos municipais de planejamento que afirmaram a necessidade desta para o desenvolvimento de atividades de discussão, análise e planejamento da cidade.

5 CONCLUSÕES

Com base nas análises e nos estudos realizados com a maquete física e digital, conclui-se que ambas as ferramentas metodológicas devem ser utilizadas de forma complementar. Cada uma possui suas especificidades, possuindo qualidades e deficiências, o que evidencia a afirmação de Paula et al. (2013) que alega que o surgimento das tecnologias digitais não descartou, ou mesmo subutilizou, as técnicas tradicionais e modelos tridimensionais. Ele afirma ainda que quando uma nova forma de trabalho surge, ela não pressupõe a extinção de uma tecnologia ou técnica anterior, ela geralmente complementa.

A maquete física se apresenta como ferramenta de apresentação de informações e busca de dados complementares com a população, uma vez que é de leitura fácil, porém, é limitada quanto à sobreposição de diversas informações. O arquivo digital georreferenciado e a maquete digital se constituem como ferramentas de armazenamento e sobreposição de dados para reflexão e discussão de propostas sobre intervenções estratégicas relacionadas ao desenvolvimento urbano. Desta forma, se disponível em rede, sua utilização poder ser mais colaborativa e flexível.

Por fim, convém ressaltar que a metodologia e a utilização das ferramentas pode ser aplicada a qualquer aglomerado urbano que apresente problemas com ocupação de morros e encostas. Além disso, entradas de pesquisa estão em fase de elaboração para complementação da análise da situação urbana, dentre elas a análise da vegetação existente, do tipo de solo e avaliação da infraestrutura urbana para que o entendimento e as ações sobre as áreas de risco sejam mais eficientes. A utilização destas ferramentas apresenta uma possibilidade de novas discussões dos processos urbanos e sociais existentes nas cidades e almeja uma contribuição mais efetiva na promoção da qualidade urbana das habitações.

REFERÊNCIAS

Afonso, Sonia & Micheleti, Talita. 2012. *Ocupação de encostas: Análise das relações entre a morfologia da cidade e a tipologia dos conjuntos residenciais, introduzindo o uso da infraestrutura verde como um caminho para a sustentabilidade*. Artigo. FAU/UFSC. Disponível em: <<http://soniaa.arq.prof.ufsc.br/sonia/pluris02.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2013.

Albani, Vivian. 2012. *Trajatória do crescimento da cidade de Colatina*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.

Burrough, P.A. & McDonnell, R.A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University Press.

Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M.V. 2001. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE.

Fitz, P. R. 2008. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos.

Paula, F.B.R.; Barreto, L.S.; Silva, F.A. Lima F.; Moraes, V. 2013. Maquetes Híbridas: Diálogos entre as técnicas tradicionais e as tecnologias digitais no processo projetual. *Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGraDi)*. 1: 49-53.

Rocha, Paulo Mendes da. 2007. *Maquete de papel*. São Paulo: Cosac Naify, p.12.

Rozestraten, Artur Simões. 2003. *Estudo sobre a história dos modelos na antiguidade*. Tese de Doutorado. FAU/USP.

Patrimonio construido y Sustentabilidad

Graciela Pedemonte

Universidad de la República, Facultad de Arquitectura, Instituto de la Construcción, Montevideo, Uruguay
gpedemon@gmail.com

ABSTRACT: Our planet is undergoing accelerated changes in recent decades causing global alarms, such as global warming, resources depletion, biodiversity loss, etc. Building works, architecture and urbanism consume goods and natural resources causing environmental degradation in the global life-cycle. This paper, based on a life sustainability criteria, supports the importance of the architecture as a human heritage by giving priority to the possibilities of the reuse, recycle and conservation over its demolition and replacement. Some formal neighborhoods in Montevideo despite being at central and well served locations are getting degraded as population abandon this central areas to settle in informal boundaries increasing social margination levels. This paper coments some proposals in terms of building heritage preservation aiming to promote urban recovery with a social inclusion criteria.

Keywords: sustainability, natural resources, architecture, built heritage, housing refurbishment

RESUMEN: Los cambios precipitados en las últimas décadas en nuestro planeta generan alertas mundiales: calentamiento global, agotamiento de recursos, pérdida de biodiversidad, etc. Las obras de construcción, arquitectura y urbanismo que utilizan durante todo su ciclo de vida bienes y servicios naturales, contribuyen con la contaminación ambiental. Desde el criterio de Sustentabilidad de la Vida, este trabajo promueve una valoración de la arquitectura de todas las épocas como patrimonio de la humanidad que debe ser considerado con extremo cuidado, priorizando en tanto sea posible, su reutilización, reciclado y mantenimiento, frente a su demolición y reposición. En Montevideo, existen barrios formales que pese a su buena ubicación y servicios han resultado deteriorados, debido a la expulsión de parte de su población hacia la periferia informal y la marginación social. Este trabajo presenta soluciones arquitectónicas que procurando la preservación del patrimonio construido y formas de vida barriales, impulsan recuperación urbana con inclusión social.

Palabras Clave: sustentabilidad, recursos naturales, arquitectura, patrimonio construido, reciclaje de viviendas.

1 INTRODUCCIÓN: MARCO CONCEPTUAL

1.1 Criterio de Sustentabilidad

El concepto de Sustentabilidad que plantea este trabajo es el de estricto respeto por los límites ecológicos del planeta en el mantenimiento y reposición de los recursos y servicios que la Naturaleza brinda (Pierri-Foladori 2001). Respetando y favoreciendo su tendencia y capacidad de regenerar constantemente un equilibrio ambiental que permite el desarrollo y evolución de la vida: su biocapacidad (REES W. 1996). La actual sobreexplotación y destrucción de la biodiversidad y de recursos de todo tipo, va más allá de las posibilidades de reposición del planeta, poniendo en peligro la continuidad de la vida. Por tales motivos este trabajo valora la protección y preservación de los recursos naturales en su totalidad, que nuestra forma de vida pone en peligro.

Algunos de los impactos más visibles de esta situación como el cambio climático, ocupan en forma destacada la agenda política mundial, aunque a pesar de su importancia, no se logren acuerdos globales y soluciones que deberían ser más radicales aún que las fracasadas propuestas de Kyoto y Copenhague (Naciones Unidas 1998). Otros fenómenos menos visibles

pero igualmente importantes, como el agotamiento de algunos recursos, no son tratados con la misma visibilidad ni se les da la importancia debida. Considerando dicho agotamiento, se plantean, amplios conceptos de patrimonio natural y construido. Desde este criterio de Sustentabilidad, nuestro planeta debería ser considerado como *patrimonio colectivo de la humanidad*, incluyendo todo lo que implica: desde el recurso suelo hasta la conservación de toda forma de vida Patrimonio natural y construido

Se trata de la revalorización tanto del patrimonio construido como del natural en cuanto a materiales de construcción, tendiendo a una utilización responsable y cuidadosa de los mismos: sustentable.

Los conceptos considerados, no son los convencionales. (Pedemonte 2013) Cuando este trabajo refiere a recursos naturales, no sólo abarca los renovables (flora, fauna, biodiversidad) sino también los no renovables, de los que hace uso la industria en general, el urbanismo y la construcción, tales como metales, minerales, hidrocarburos, el suelo, etc. cuya formación data de otras eras geológicas terrestres, y cuya cantidad es finita.

El uso de dichos recursos, es indispensable para el desarrollo de la vida humana. Pero se debe realizar una utilización responsable y sustentable de los mismos. Se parte de la hipótesis de que el patrimonio natural en su totalidad está amenazado, debido a su sobreexplotación indiscriminada. Algunos autores pronostican el agotamiento de los combustibles fósiles “baratos” más utilizados -petróleo, gas natural, carbón-para las próximas décadas. (Fernández Durán, 2012). Sin embargo la humanidad continúa utilizándolos como si fueran infinitos o como si contáramos con más de un planeta, permitiendo su sobreexplotación y sus consecuencias. (Arenas Cabello F. 2003) (Planeta Vivo 2012).

Esta propuesta define como *patrimonio natural*, *el conjunto de todos los recursos y servicios, renovables o no, que brinda la naturaleza, indispensables para el mantenimiento de toda forma de vida*. No sólo los singulares, sino también aquellos más comunes, abundantes, con o sin valor mercantil asignado.

La arquitectura y el urbanismo, son actividades humanas que utilizan recursos naturales a gran escala, en todas las etapas: movimientos de tierra, construcción, mantenimiento, reutilización, demolición y disposición final. Recursos naturales renovables y no renovables, que provienen de la región o de lugares remotos, generando una huella ecológica (M. Wackernagel-W. Rees 1996) mayor que el suelo sobre el que se apoyan, el cual ha sido transformado irreversiblemente. Consumen una gran superficie para abastecerse de materiales, energía, agua y otros insumos, afectando amplios territorios como sumidero de residuos en tierra, aire y agua. Todos los elementos que intervienen en la arquitectura y el urbanismo, desde el suelo donde se apoyan, o la mina o el bosque desde donde provienen, hasta la energía y el agua utilizados, han sido transformados, de forma casi siempre irrecuperable. (Matteucci S. 2003)

Desde este punto de vista todo el patrimonio construido por la humanidad tiene un enorme valor, ya que buena parte de los recursos empleados son finitos. Su mantenimiento, reutilización o reciclaje debe ser priorizado tanto como sea posible, por lo que no debería ser reemplazado salvo por obsolescencia irreparable, intentando así poner freno al consumismo arquitectónico.

Este concepto de patrimonio construido es amplio y no convencional, en el sentido de que no sólo considera las obras de arquitectura singulares por su belleza, o su cualidad de irrepetibles. Se considera patrimonio construido al conjunto de la arquitectura que la humanidad ha construido en todos los tiempos, independientemente de su valor mercantil convencional.

2 PROBLEMAS DE LA URBANIZACIÓN GLOBAL

2.1 La realidad urbana latinoamericana

La modalidad de vida urbana, es un fenómeno creciente en el mundo y particularmente en Latinoamérica, lo cual está muy lejos de ser un indicador de desarrollo o de una mejor forma de vida. Tal crecimiento, que según los expertos, viene disminuyendo de intensidad en los últimos años (ONU-HABITAT, 2012) es un fenómeno complejo que hasta hace poco parecía no tener límites. Los actuales patrones de consumo de las áreas urbanas, ya inadmisibles para toda la humanidad, serán cada vez más insostenibles, agravándose las desigualdades sociales que hoy existen. Las grandes urbes son las que más problemas ambientales presentan resultando sin embargo las más codiciadas.

La migración se genera, en la búsqueda de acceso a servicios como trabajo formal, vivienda, salud, educación y recreación. Sin embargo la dificultad de inserción física, social y económica en la urbe a la que se llega, ubica a buena parte de los nuevos habitantes, en barrios llamados “informales o irregulares” como respuesta urbana a una realidad social de marginación, segregación, empobrecimiento y desplazamientos campo-ciudad, centro-periferia. En la mayoría de los casos no se llega a la forma de vida anhelada.

Este fenómeno, va acompañado de una forma de “construir ciudad” que en gran porcentaje es informal. Se construye en lugares inadecuados, sin intervención de técnicos. Los “sin techo” en Brasil, las “villas” en Argentina, los “asentamientos” en Uruguay, se generan de forma similar: con gran rapidez y concertadamente se ocupan tierras y se levantan carpas, casillas de lata y cartón, u otros elementos, como forma de asegurarse un lugar y no ser desplazados o por lo menos generar presión hasta lograr que se les destine otro lugar.

La proporción de población en esta realidad es variable según el país y la ciudad considerada ya que son diferentes y complejas las causas de tal situación. Se estima que en Latinoamérica el 27% de la población vive en zonas de alta marginación y urbanización informal (Delgado et Al 2012). Montevideo no escapa a ello pero en su caso, la expansión urbana -ocupando suelo productivo- no se debe al crecimiento de la población sino entre otras causas a un vaciamiento de áreas centrales.

Los gobiernos progresistas de la región han comenzado a tomar medidas tendientes a revertir esta realidad social, con aciertos y dificultades, a través de políticas públicas que aseguren entre otras, la cobertura mínima de necesidades básicas de las capas más excluidas de la sociedad.

3 MONTEVIDEO: DISTINTAS FORMAS DE “CONSTRUIR CIUDAD”.

3.1 Ciudad no planificada

Uruguay, es un país con una población de tres millones doscientos cincuenta mil habitantes, urbana casi en su totalidad -95%- y que no ha crecido prácticamente en las últimas décadas. La mitad de la población del país aproximadamente, se concentra en la capital y su área metropolitana. (INE censo 2011)

Montevideo, la capital, no es ajena al problema latinoamericano de expulsión de población de los barrios urbanos formales, que pasa a habitar los “asentamientos irregulares” De acuerdo con la definición del Instituto Nacional de Estadística (INE), son asentamientos aquellas agrupaciones de más de 10 familias ocupantes de predios en forma irregular.

El porcentaje de población de los asentamientos en Montevideo (8.5%), es mayor que en el resto del país (5%), (INE-MVOTMA 2006), y dado que en la capital se concentra la mitad de la población del país, la cantidad de población en dicha situación es importante (112mil habitantes de un total de 165mi). Se trata de ocupaciones “ilegales”, de tierras por lo general fiscales,

(costas inundables, predios municipales sin uso,) que luego los organismos competentes, “regularizan”.

3.1.1. Regularización de asentamientos.

Se contrata a equipos multidisciplinarios, que trabajando con los vecinos ocupantes del lugar, define y lleva adelante las actuaciones necesarias para regularizar la situación: determinación de predios, trazado de calles, realojos en algunos casos, equipamiento de espacios públicos, implantación de servicios de salud y educación, etc. Estas intervenciones multidisciplinarias, tratan además de generar e incentivar el involucramiento de los vecinos, mediante trabajos colectivos. Es así que se generan grupos de trabajo en distintas áreas, durante la realización de las obras, que luego se pueden mantener como organizaciones sociales de los vecinos, integrando redes barriales y generando formas de participación. Este involucramiento, implica mayor cohesión social, sentido de pertenencia y defensa de valores. Los grupos de vecinos trabajan en común, todos son parte del colectivo, cuestionando tradiciones de una sociedad patriarcal y machista.

3.1.2 Vaciamiento de áreas centrales, bien servidas.

Otros barrios formales, que cuentan con todos los servicios, se han vaciado por diferentes motivos y algunos mantienen una densidad mínima, sin crecimiento. (*Delgado 2002*). Existe una proporción variable según el lugar, de viviendas que se encuentran vacías por diferentes motivos: en alquiler o venta, viviendas de veraneo, deterioradas, o ruinosas, etc. En este caso interesan las que estando vacías están en proceso de deterioro, generando huecos urbanos y tugurios que en caso de llegar a ser ocupadas ilegalmente, deterioran aún más el estado de la construcción. El dato de viviendas desocupadas en Montevideo según un trabajo realizado por la Facultad de Arquitectura (Portillo; Vallés, 2012), se sitúa en unas 7.500 a 10 000 viviendas factibles de ser ocupadas nuevamente en zonas que cuentan con todos los servicios (saneamiento, transporte, educación, salud, trabajo, comercio, etc.). La rehabilitación de estas viviendas resultaría una economía para la ciudad desde todo punto de vista: en términos económicos rehabilitar viviendas es menos costoso que extender la ciudad, en términos sociales, es una forma de alentar la inclusión social y evitar la migración de la población hacia zonas marginales y en términos ecológicos-productivos mantener suelos productivos de carácter agrícola, es una situación reversible, mientras que la urbanización no lo es.

La paradoja de una ciudad que se expande paralelamente a la aparición de huecos urbanos, de una población que no crece y de un déficit de viviendas prácticamente constante, debe ser abordada desde estrategias políticas de estado tanto a nivel central como departamental. Es un proceso en curso en Montevideo, cuya gestión presenta gran complejidad.

3.2. Ciudad Planificada?

3.2.1. El borde costero.

Montevideo se extiende en su área metropolitana, acompañando sus rutas nacionales, y el borde costero del departamento de Canelones. Esta zona presenta una alta densidad de población, es allí que se ubican las viviendas pertenecientes a las clases altas y donde más se construye. La costa es muy buscada y valorada, por su privilegiada ubicación geográfica, donde la ciudad se vuelca al río “ancho como mar”. La construcción desarrollada en este borde montevideano, se traduce en edificios de más de diez pisos, principalmente destinados a vivienda, aunque también comienzan a trasladarse hacia allí, otros servicios que dejan “la Ciudad Vieja” por problemas que el aumento del parque automotriz genera: falta de estacionamientos, congestión del tránsito, etc. Dicho esquema de clases altas ubicadas en la costa, se extiende hacia el este en la llamada “Ciudad de la Costa” que forma parte del área metropolitana pero con menor densidad y características de ciudad jardín. Estas características del borde costero

este, se interrumpe en el puerto de Montevideo y hacia el oeste (como hacia el norte de la ciudad) la realidad es diferente: baja densidad y población de bajos recursos, deterioro ambiental, abandono. En esta zona la ciudad le da la espalda a la bahía, allí se ubican depósitos, grandes empresas, la refinería, etc. Una ruta (“la rambla”) bordea toda la ciudad, constituyendo accesos nacionales a ella, tanto desde el este como del oeste. Sin embargo la rambla tiene característica de paseo urbano en la zona este, que es muy usada por los montevideanos. Por sus características de uso, prácticamente se trata de un parque lineal costero.

Esta zona debe su transformación fundamentalmente a las leyes del mercado: la especulación inmobiliaria triunfante. Es así que la alta muralla edificada resultante de los 10 pisos admitidos en Pocitos, no permite la llegada del sol a la playa a partir de la media tarde. En los días soleados de invierno, la gente que va a la rambla a tomar mate, caminar y a reunirse en los muros-asientos, se acumula en las desembocaduras de las calles, por donde llega algo de sol.

3.2.2. El Plan Fénix.

Uno de los intentos inmobiliarios de planificación urbana, fue impulsado desde organismos públicos y privados para revitalizar una zona del barrio de “La Aguada” muy cercana a la bahía, al centro y al puerto, que contando con todos los servicios urbanos, y una ubicación privilegiada ha resultado con grandes extensiones vacías y deterioradas.

La zona que rodea la bahía, en otras épocas de gran actividad comercial por su cercanía al puerto con la llegada, salida y depósito de mercadería, ha perdido tal actividad con la desafectación del tren como medio de transporte a gran escala. Originando que enormes galpones destinados a depósito en otra época, quedaran vacíos de uso y de contenido. El propio edificio de la Estación Central del Ferrocarril, General Artigas cuyo espléndido edificio de fines del siglo XIX (inaugurado en 1897) fue declarado Monumento Histórico Nacional en el año 1975, se encuentra abandonado y sin uso desde hace dos décadas, y en permanente riesgo, debido a los intrusos. Esta realidad contribuye al deterioro del barrio y al vandalismo e inseguridad en la zona.

Este intento llamado Plan Fénix, fue lanzado en 1996 por el presidente Julio Ma. Sanguinetti por el cual se suponía se construirían edificios en altura, centros comerciales y culturales que revitalizarían el barrio. Sin embargo el plan fracasó, se construyeron pocos edificios, y la zona sigue igualmente deteriorada, a pesar de las privilegiadas vistas hacia la bahía de Montevideo y el Cerro, que tienen los habitantes de dichos edificios.

3.2.3. Otras posibilidades de actuación.

Revertir las situaciones socio económica y ambientalmente complejas, requiere de esfuerzos multidisciplinarios, que generen los diagnósticos y las respuestas adecuadas desde distintas miradas de forma integral: educación, trabajo, vivienda, salud, ambiente, etc. Una de las formas de recuperar los valores perdidos en aquellas zonas en las que se han detectado problemas como los anteriormente descritos, de vaciamiento y deterioro, puede ser aumentar la densidad de población afincada en la zona, aumentando la cantidad de viviendas y habitantes en esos lugares.

4 REDENSIFICACIÓN DE LA CIUDAD FORMAL.

Se plantean algunas hipótesis referidas a la posibilidad de reversión de algunos de los problemas que presenta Montevideo:

Es posible controlar la migración de población formal hacia la periferia, actuando sobre las causas sociales y económicas.

Es posible lograr la redensificación controlada de algunas áreas, afectando de manera aceptable la forma de vida del barrio, minimizando los impactos negativos.

Es posible colaborar en el control de la expansión no planificada de Montevideo reintegrando parte de las poblaciones afincadas irregularmente, a zonas del tejido urbano consolidado, volviendo a asentar allí parte de la población perdida.

Algunos autores confirman estas hipótesis: *"...Si bien los sectores de ingresos alto y medio se han concentrado en la faja costera de Montevideo y Canelones (Ciudad de la costa) y los sectores más pobres ocupan la periferia norte y oeste de la ciudad,.... con políticas socio-habitacionales adecuadas, la tendencia es reversible."* (Delgado Ma.2002)

4.1 La mirada social y económica.

Desde el punto de vista socio-económico y ambiental resulta más beneficioso para el país, subsidiar la inclusión de este sector de la sociedad en los huecos urbanos, que asistir al crecimiento de la ciudad, regularizando los hechos consumados. Los ocupantes de tierras lo hacen donde pueden, generalmente en zonas no adecuadas desde el punto de vista colectivo, extendiendo infraestructuras (transporte, electricidad, agua, escuelas, policlínicas, etc.). La inclusión permitiría atacar las patologías que genera la vida en la periferia: exclusión, pobreza, falta de dignidad, inseguridad y la degradación ambiental que se genera en estas situaciones. (Martínez E.2012).

Naturalmente el traslado de personas no resuelve dichos problemas, si no existen políticas públicas apoyando y completando el circuito. Si se traslada una familia que no tiene ingresos, trabajo, acceso a la salud, educación, etc, continuará siendo excluida en su nueva ubicación. Se debe garantizar el acceso a sus derechos básicos para poder modificar realmente su condición, lo cual lleva implícito un importante ingrediente de trabajo social en sistemas de participación ciudadana, cooperativismo u otros que ayuden a las nuevas familias a su integración en el nuevo medio-barrio.

4.2 La mirada ambiental: a favor de la Sustentabilidad

Montevideo mantiene en sus edificios, -como la mayoría de las ciudades latinoamericanas-, la materialización de su historia de colonización (española fundamentalmente), con aportes de la mano de obra de sus ancestros mediterráneos, (ya que la raíz indígena fue brutalmente aniquilada). Lo que fuera el casco amurallado de la ciudad colonial mantiene aún, a pesar de las transformaciones de la ciudad bancaria y comercial, gran cantidad de edificaciones históricas en diferente estado de conservación: la mayoría en muy buen estado, otras deterioradas o abandonadas. Lo mismo sucede más allá de esa zona, en la expansión de la ciudad "nueva" allende el ejido, con viviendas de fines del siglo 19 y principios del XX, muchas de las cuales se mantienen aún en muy buen estado.

Desde el punto de vista de dicho patrimonio construido, toda intervención tendiente a su recuperación, o a su reformulación para albergar otras actividades, es en definitiva una mirada cuidadosa y respetuosa del ambiente ya que se está preservando un stock construido que puede continuar siendo útil a varias generaciones. De esta manera se afecta en menor medida el patrimonio natural en cuanto al uso de nuevos materiales de construcción. Se trata de una actitud que tiende a la Sustentabilidad global del planeta, en cuanto estas decisiones cuidadosas respecto a lo construido sean tomadas a nivel local y global. La reutilización del patrimonio existente resulta una alternativa sustentable a la obra nueva, además de contribuir con la valoración de la memoria y la identidad de una sociedad.

5 PRESENTACIÓN DE CASOS

En este sentido de cuidado, mantenimiento y preservación del patrimonio construido, se presentan los resultados de una estrategia puesta en práctica en Uruguay en las últimas décadas del siglo XX y que devino en una forma de hacer arquitectura apreciada por los montevideanos,

que ha valorizado algunas zonas de la ciudad aumentando su valor inmobiliario, recuperando valores culturales, históricos, paisajísticos y de ubicación que se habían perdido con el vaciamiento y tugurización de algunos sectores.

El método utilizado en Uruguay desde el estado, incentivando cierto tipo de préstamos hipotecarios, destinados a realizar intervenciones en viviendas de fines del siglo XIX y principios del XX, resultó exitoso no solo por los resultados arquitectónicos sino también debido a la aceptación por parte de los usuarios. Un conjunto de organismos estatales (ministerios, intendencias, Banco Hipotecario etc) intervino en el diseño de la estrategia para llevar adelante esta política de vivienda. Dicha herramienta hasta ahora fue bien aprovechada principalmente por una franja social de ingresos medios, como forma de acceso a la vivienda.

La propuesta que se ha popularizado como “reciclaje de viviendas” presentada en este trabajo, ha sido fomentada e instrumentada desde el sector público a través del Banco Hipotecario del Uruguay (BHU) otorgando préstamos a las familias que desearan acceder a una vivienda, de estas características. Asimismo fue fundamental la participación de la Intendencia Municipal de Montevideo, (IM) a través de la creación de las Comisiones Permanentes que se preocuparon por la conservación del patrimonio construido y a través de la flexibilización de las normativas vigentes, para este tipo de intervenciones: alturas de locales, anchos de baños, etc. También se debe incluir a otros participantes como la Federación Uruguaya de Cooperativas de Viviendas por Ayuda Mutua (FUCVAM) que comienza su actuación en la década del 70, y tuvo participación en ejemplos de este tipo de “reciclajes” realizados en forma colectiva por los cooperativistas, con asesoramiento de un equipo de técnicos (arquitectos, asistentes sociales, contadores). Se obtuvieron casos de buenas soluciones arquitectónicas, que además de ser valorados por su preservación del patrimonio construido, agregan otras cualidades que derivan en redensificación de zonas abandonadas, reconsolidación barrial y recuperación de los espacios públicos, etc.

5.1 Edilicios: reciclaje de viviendas.

El mantenimiento de estas edificaciones, su reciclaje, reforma y reuso, involucra una postura de sustentabilidad en la valoración del patrimonio construido. Las viviendas que se utilizan para este tipo de reciclajes, son características de una arquitectura montevideana bastante uniforme tipológica y constructivamente, ya que son resultantes del crecimiento urbanístico de fines del siglo XIX y primeras décadas del XX. En la edificación de esa época, abundan las viviendas de una o dos plantas, con gruesos muros de mampostería, entresijos y techos de bovedilla de ladrillo con perfilera metálica, o de madera. Las alturas de los locales son de cinco metros o más y la ventilación de los locales se realiza por patios con claraboyas móviles que deslizan en horizontal. Los préstamos concedidos por el Banco Hipotecario del Uruguay (BHU) implicaban el aumento de la cantidad de unidades por cada vivienda “reciclada”. Dicho aumento se logró básicamente por el entresijado de las viviendas, que al contar con 5mts de altura o más, permiten, colocando entresijos, lograr locales de altura adecuada: 2.40mts es la altura mínima de la normativa municipal que fue flexibilizada hasta los 2.20mts para estos casos. Los locales con claraboyas, fueron utilizados por lo general como patios abiertos, circulación y acceso a las nuevas viviendas y para lograr su ventilación e iluminación.

Las fachadas de este tipo de viviendas por lo general tenían altas aberturas a los lados de un acceso central, o lateral en padrones angostos, que se corresponde con una circulación en planta que va enhebrando las habitaciones a ambos lados, o a un lado de ella, según el ancho del padrón considerado (figura 1.)

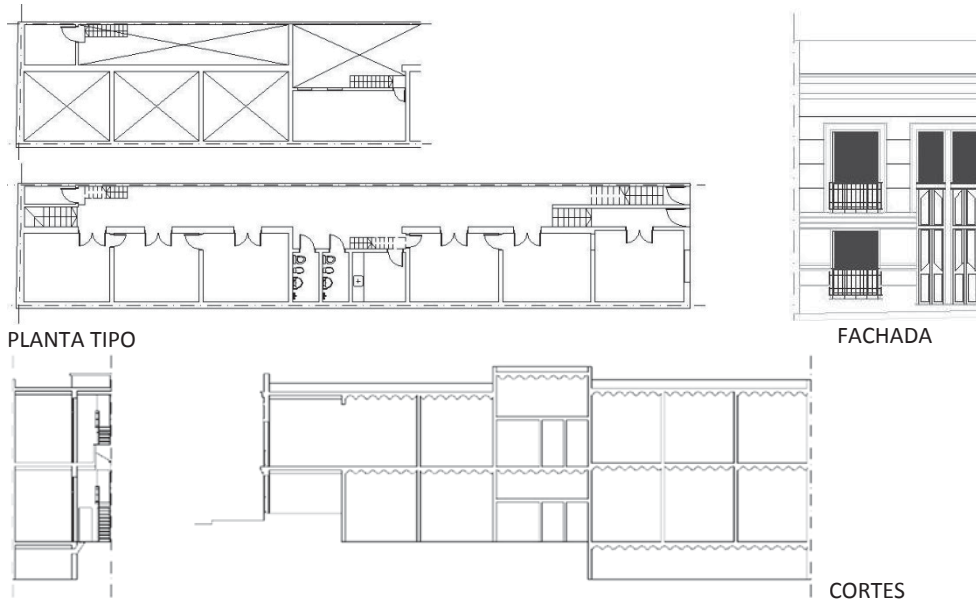


Figura 1. Reciclaje de viviendas en Montevideo. Relevamiento de las 2 viviendas originales. Arqs. Rodríguez-Gutiérrez

El entresiado de una vivienda de estas características, permite aumentar la superficie construida, por lo que se pueden obtener varias viviendas, de una o más plantas según el caso, mejorando las condiciones ambientales de las mismas, en relación a las de la vivienda original. La apertura de patios, permite la reformulación de las condiciones de iluminación y ventilación natural de las viviendas. En el caso presentado se trata de dos viviendas, una en Planta Baja y otra en Planta Alta. En este caso, como en la mayoría de este tipo de viviendas, está construido el 100% de la superficie del predio por lo que se trata de habitaciones sin iluminación ni ventilación directa, más allá de la lograda a través de claraboyas sobre las circulaciones. En la fachada (figura 1) se observa que estas viviendas son del tipo de acceso lateral con una ventana por planta al frente y una sucesión de habitaciones sin ventilación, (excepto las de fachada) lo que se remediaba mediante una gran altura de los locales, de 5 metros promedio.

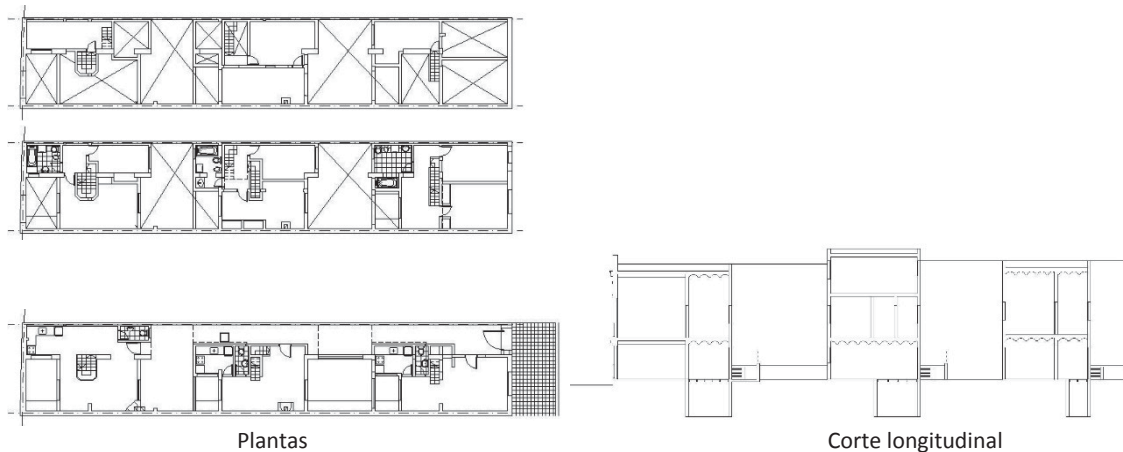


Figura 2. Reciclaje de viviendas en Montevideo: tres viviendas con patio. Arqs. Rodríguez-Gutiérrez.

El reciclaje (figura 2) transformó dichas viviendas en tres nuevas unidades de tres plantas, muy luminosas y bien iluminadas, gracias a la apertura de tres patios. Las nuevas viviendas tienen dos dormitorios, y toda la estructura para poder incorporar dos más, agregando otro entresiado de madera sobre los dormitorios que tienen suficiente altura. Cuentan con un pequeño sótano habitable cada una de ellas, bien aislados acústicamente en forma natural por la envolvente en tierra, ya que se trata de usuarios jóvenes, algunos de ellos dedicados a la música.

5.2 Urbanos: revalorización del barrio, equipamientos urbanos.

Existen barrios en que por cada manzana hay varias viviendas “recicladas” del tipo descrito. Estas soluciones producen un aumento controlado de la densidad, que deviene en una recuperación de las características barriales, en lugares donde el abandono y vaciamiento habían resultado en un deterioro social y físico importante.

Los habitantes de estos reciclajes que presentan mejores características físicas de confort, y diseño, se encuentran más propensos al cuidado de su barrio, logran apropiarse de los espacios verdes semiprivados y públicos, incidiendo en su cuidado y mantenimiento. En tales lugares, los casos de vandalismo disminuyen, por la propia vigilancia que ejercen los vecinos.

6 CONCLUSIONES

Las intervenciones arquitectónicas a favor de la sustentabilidad general, son las que resultan respetuosas con el patrimonio construido por la humanidad.

Procurando el mantenimiento del stock edilicio y las características del barrio mediante una densificación controlada, se mantienen y mejoran la forma de vida de sus habitantes promoviendo la conservación y cuidado tanto de los bienes privados como de los públicos. En Montevideo, los resultados obtenidos han sido muy buenos, logrando la valorización social y económica de la propuesta. Algunos barrios (Palermo, Parque Rodó, Cordón) han aumentado su cotización inmobiliaria de mercado. Pero lo más valioso, es la aceptación social de este tipo de arquitectura “reciclada”, buscada por los usuarios. Ellos se apropian de los espacios públicos, exigiendo mayor respeto por los bienes comunes, lo cual es de esperar logre revertir los índices de vandalismo existentes.

Al interior de los barrios, este tipo de intervenciones edilicias no sólo han logrado mantener una coherencia formal sino además, las características históricas y culturales de los mismos. Se incluyen nuevos habitantes, y/o desplazamientos internos, que valoran y aceptan por igual el patrimonio urbanístico, edilicio, y cultural del lugar. Dichos valores son respetados, buscados y preservados por igual, tanto por los promotores, arquitectos, constructores, como por los usuarios. Más allá de la uniformidad de criterios de intervención generados por la normativa municipal y por los mecanismos de préstamos hipotecarios, se generó un criterio de respeto hacia el barrio y hacia la unidad a reciclar, muy aceptada por todos los actores.

Un mecanismo similar debería ser reinventado para intervenir en la reinserción de otros sectores sociales, con similares resultados a los obtenidos hasta ahora, pero destinados a una franja poblacional de menores ingresos. Se podrían plantear subsidios mayores del estado, según los ingresos familiares, ya que revertir la expansión urbana, a la larga se traduce en un ahorro de todo tipo para el estado: menor extensión de la ciudad, y por lo tanto menor extensión de los servicios e infraestructuras; reversión de la segregación y exclusión social, menor uso de materiales nuevos, en definitiva, menor costo social, económico y ambiental.

Reinsertar en este tipo de programas población proveniente de asentamientos periféricos, implica una actuación compleja organizada desde múltiples organismos del sector público, en forma interdisciplinaria y multidimensional, incluyendo participación ciudadana y de todos los actores involucrados.

En el respeto por la Sustentabilidad general de la vida, estamos todos involucrados, las actuales generaciones y las futuras, debiéndose actuar con las herramientas que en cada lugar, país o región, permitan una adecuada valoración y mantenimiento del patrimonio natural y del construido. El camino es complejo y difícil, pero es imprescindible recorrerlo, por responsabilidad hacia toda forma de vida actual y futura, de este planeta.

7 AGRADECIMIENTOS

La autora desea agradecer a los arquitectos Teresa Rodríguez y Mauricio Gutierrez por el material gráfico aportado. Al Instituto de la Construcción de la Facultad de Arquitectura, por la posibilidad de realizar esta presentación. A la Arq. Isabel Erro, del equipo "Construcción y Ambiente" del IC, por la colaboración prestada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arenas Cabello F. (2003) *Los materiales de construcción y el medio ambiente*. Informes de la construcción. IETCC. Vol. 55, nº 486, <http://dialnet.unirioja.es>

Delgado Ma. 2002 *Las áreas consolidadas de Montevideo: situación actual y recomendaciones para revertir el fenómeno de segregación socio-residencial*, UPV Fac de Arquitectura UDELAR eds. Montevideo.

Delgado Ramos G., Campos C; Renería P; *Cambio Climático y El Metabolismo Urbano de las Megaurbes Latinoamericanas*. Hábitat Sustentable Vol. 2, N° 1, Pág. 4 Chile [en línea] [ref. junio 2013] Disponible en web: <http://revistahabitatsustentable.cl>

Fernández Durán R. 2012. *La Quiebra del Capitalismo Global: 2000-2030*. (págs. 31-39). Extensión Libros, Retema-Udelar, Baladre, Libros en acción. Eds. 127pp Montevideo. ISBN: 978-9974-0-0875-5

INE-Mvotma 2006 *Relevamiento de asentamientos irregulares 2005-2006 Convenio INE-PIAI* Montevideo [en línea] [ref de abril 2014]. Disponible en web: <http://www.ine.gub.uy/piai3>

Instituto Nacional De Estadística 2012. *INE censo 2011*. Montevideo Uruguay [ref de marzo 2013] Disponible en web: <http://www.ine.gub.uy/censos2011/index.html>

Martínez Camarotte E. 2011 *Paradigmas de intervención pública latinoamericana en hábitat urbano*. Departamento de Publicaciones UCUR-UDELAR. 2011.46pp. ISBN: 978-9974-0-0808-3. Montevideo

Matteucci S. (2003) *La huella ecológica de la construcción*. CONICET-GEPAMA-UBA Argentina: <http://www.gepama.com.ar/matteucci>

Nahoum. B. 2002 *Los asentamientos irregulares, entre prevenir y cura*". Revista Vivienda Popular, segunda época, nov 2002, Nº11. UPV Fac. Arquitectura UDELAR Ed . Uruguay

Naciones Unidas 1998. *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las N. U. sobre el Cambio Climático*. <http://www.unfccc.int/resource/docs> , <http://www.un.org/es/climatechange/kyoto.shtml>

ONU-HABITAT. *Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe, 2012* [en línea] Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [ref. de mayo 2013] Disponible en web <http://www.onuhabitat.org>

Pedemonte G. 2013. *Patrimonio natural y patrimonio construido*. XII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción CONPAT 2013, Cartagena de Indias, Colombia.

Pierri N,-Foladori G. 2001. *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. Ed. Trabajo y Capital, Uruguay, Cap V; Cap X .

Planeta Vivo. *Informe 2012*. <http://awsassets.panda.org/>

Portillo A.; Vallés R. 2012 *Los inmuebles vacantes de Montevideo* [en línea] Montevideo Facultad de arquitectura, ITU-UPV_ed. Disponible en web: <http://www.farq.edu.uy>

Rees. William 1996. *Indicadores territoriales de sustentabilidad*. Ecología Política Revista digital Nº 12 pág. 27-41.

Wackernagel-Rees. 1996 *Nuestra huella ecológica* [en línea] Santiago de Chile: LOM 1er edición español octubre 2001 pág. 26. [ref de dic 2011]. Disponible en web: <http://books.google.com.uy/books>

Mapeamento das áreas com risco de impactos pluviais a partir de ferramentas de geoprocessamento na zona leste da cidade de Teresina-PI/Brasil em 1985 e 2010.

Nicia Bezerra Formiga Leite

Universidade Federal do Piauí, Teresina, Centro de Tecnologia, Departamento de engenharia civil e arquitetura, Piauí, Brazil.

nicialeite@ufpi.edu.br

Felipe Ferreira Monteiro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de demografia, Natal, Rio Grande do Norte, Brazil.

felipefmonteiro@gmail.com

ABSTRACT: Changes in land use patterns in the urban context sometimes occur from excessive and/or unregulated manner, causing changes in the urban surface that has serious consequences for its users. There was increased waterproofing result of changes that have occurred and understand the influence of waterproofing in urban runoff is of fundamental importance for the planning of the city. The work seeks to identify in two stages, the land use and occupation and its waterproofing index for the region east of the city of Teresina, observing the relationship of this with the changes in land use that occurred in the period. For the evaluation, we used remote sensing tools obtaining information on the use and occupation of land and sealing, waterproofing through the index. The study noted cases of flooding coincide with the regions had more change in land use and increase in total impervious areas in the region.

Keywords: Urban Waterproofing, ISA, use land cover, Remote sensing

RESUMO: Mudanças nos padrões de uso do solo no contexto urbano, por vezes ocorrem de modo desmedido e/ou não regulamentado, ocasionando alterações na superfície urbana que tem consequências graves para os seus usuários. Ocorreu aumento na impermeabilização consequência das transformações ocorridas e compreender a influência da impermeabilização no escoamento superficial urbano é de fundamental importância para o planejamento da cidade. O trabalho busca identificar em dois momentos, o uso e ocupação do solo e o respectivo índice de impermeabilização para região leste da cidade de Teresina, observando as relações disto com as alterações no uso do solo que ocorreram no período. Para a avaliação foram utilizadas ferramentas de sensoriamento remoto obtendo informações sobre o uso e ocupação do solo e impermeabilização, através do índice de impermeabilização. O estudo observou os casos de alagamento coincidem com as regiões mais tiveram alteração no uso do solo e elevação no total das áreas impermeabilizadas na região.

Palavras-chave: Impermeabilização urbana, ISA, uso ocupação do solo, Sensoriamento remoto

1. INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades foi intensificado a partir da segunda metade do século XX aumentando assim, o grau de concentração da população em áreas denominadas urbanas, esse acúmulo populacional sem o devido planejamento da estrutura urbana tem acarretado impactos negativos ao meio natural. Para Tucci (2008), o meio formado pelo ambiente natural e pela população (meio socioeconômico e urbano), é um ser vivo e dinâmico que gera um conjunto de efeitos interligados, e falta de controle pode levar a cidade ao caos.

Nas cidades brasileiras, o processo de urbanização ocorreu em ritmo ainda mais acelerado e de maneira não planejada, tornando a malha urbana uma forma caótica (SANTOS, 2005). Essa expansão urbana exerce pressão sobre as infraestruturas básicas, que já são marcadas pela insuficiência da demanda, pela inexistência ou ineficiência do serviço e, muitas vezes, pela adoção de soluções ambientalmente condenáveis.

Com a expansão territorial das cidades em ritmo mais acelerado do que a ampliação da sua infraestrutura, os impactos sobre o meio natural tendem a aumentar, ocasionando diversos problemas como: a perda da cobertura vegetal, em consequência, da ocupação humana e industrial e da instalação de vias de circulação com pavimentação impermeável, diminuindo assim a infiltração da água no solo, afetando a fauna e a flora, reduzindo a umidade atmosférica e aumentando a erosão. Com isso, dentro das áreas urbanas ocorrem problemas como o assoreamento de canais, mananciais e represas, a falta d'água, deslizamentos de morros e as inundações. A ação antrópica tem, com o passar dos tempos, se constituindo em um importante agente modificador do meio ambiente, interferindo em seu equilíbrio, potencializando e acelerando diversos processos da dinâmica superficial, principalmente no meio urbano (CUNHA, 1991).

Um dos principais problemas com a transformação do uso do solo que tem resultados visíveis nos problemas com águas pluviais é o aumento no número de vias e espaços de estacionamento com cobertura asfáltica, por consequência do crescimento da demanda de automóveis. Para as águas pluviais, essa mudança de pavimento, sem um correto projeto de drenagem urbana, tem impactos diretos na ocorrência de inundações, pois a nova pavimentação impede a infiltração no solo e eleva a velocidade de escoamento das águas pluviais, e conseqüente acúmulo, causando transtornos e prejuízos. Segundo Tucci (2000), a impermeabilização de 7% da área dos lotes urbanos pode acarretar a duplicação do escoamento superficial e que casos mais extremos, como a impermeabilização de 80% do lote, geram volumes de escoamento superficial oito vezes maior.

Segundo Tucci (1999), o planejamento urbano brasileiro, embora seja concebido por meio de fundamentos interdisciplinares, na prática é realizado dentro de um âmbito mais restrito e não alcança a eficiência esperada.

O presente trabalho objetiva identificar em dois momentos, 1985 e 2010, os usos do solo e índices de impermeabilização para bairros da região leste da cidade de Teresina, observando as alterações no uso do solo que ocorreram no mesmo período e os possíveis impactos causados com inundações urbanas.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido no Município de Teresina (05°05'20" S; 42°48'07" W) localizado na região centro-norte do Estado do Piauí, à margem direita do rio Parnaíba, com uma área aproximada de 1756 km² (Figura 01), sendo 284 km² área urbana e 1.472 km² área rural e uma população de 814.230 habitantes (IBGE, 2010).

A parte central da cidade encontra-se entre dois rios perenes, rio Poty e Rio Parnaíba, fato esse que orientou o crescimento da área urbana de maneira alongada e com grandes áreas margeando os rios, possuindo um relevo com suaves ondulações, com uma altitude média de 72 metros. A densidade urbana é de 2.386 hab/ km² e a expansão da mancha urbana está em crescimento, onde nas duas últimas décadas, a área urbana praticamente dobrou.



Figura 1. Localização do Município de Teresina em relação ao Estado do Piauí.

O clima da região caracteriza-se por ter duas estações bem distintas, com o primeiro semestre quente e úmido, com as temperaturas máximas médias entre 30 a 32 °C e umidade relativa média entre 75 a 85%. No segundo semestre, praticamente não há precipitações, o clima é quente e seco, com temperaturas médias máximas entre 33 a 36 °C e umidade relativa do ar entre 55 a 65%. Os meses que apresentam as maiores incidências de chuvas são de dezembro a maio com médias entre 101,1 a 334,2 mm; nos meses de junho a novembro as variações de precipitações são entre 8,7 a 53,6 mm, A precipitação média anual é de 1.367,5 mm (SILVEIRA, 2007).

Esse curto período chuvoso é marcado por chuvas intensas e é o período com históricos problemas de inundação e inúmeras famílias desabrigadas, além de áreas centrais inundadas por problemas no sistema de drenagem.

Os bairros estudados nesta pesquisa foram Jockey Clube e Nossa Senhora de Fátima, que estão situados na região leste da cidade de Teresina (Figura 02), os bairros são contíguos e possuem uma área de 404,43 ha.

A região se destacou como área nobre da cidade, com grandes casarões e edifícios e que atualmente passa por uma transformação no uso do solo, em que vias principais estão se convertendo em importantes eixos comerciais. Os bairros foram consolidados nos anos de 1960, a área onde hoje estão delimitados os bairros, até o final dos anos 1950, era formada por sítios e grandes extensões de terras pertencentes, na maioria das vezes, a pessoas que residiam no centro da cidade e utilizavam a região como segunda residência nos fins de semana. O local passou a despertar o interesse de novos moradores principalmente depois da criação de uma pista de corrida de cavalo ainda na década de 50, considerada o embrião de um dos clubes mais elegantes da época, o Jockey Clube de Teresina, que deu nome ao novo bairro.

Posteriormente, houve a implantação do centro social da paróquia de Fátima em área fronteira ao bairro Jockey clube, e em conjunto com a inauguração da ponte Juscelino Kubitschek, em 1957, ligando o centro da cidade aos novos bairros facilitando o acesso ao lado leste da cidade. A ponte viabilizou o desenvolvimento do bairro de Fátima principalmente no que se refere a investimento dos proprietários de terras da região que passaram a lotear as terras ou até mesmo residirem no bairro, este fato em conjunto com o centro social da paróquia de Fátima que levou assistência médica e educacional ao local originando assim, o nome do novo bairro.

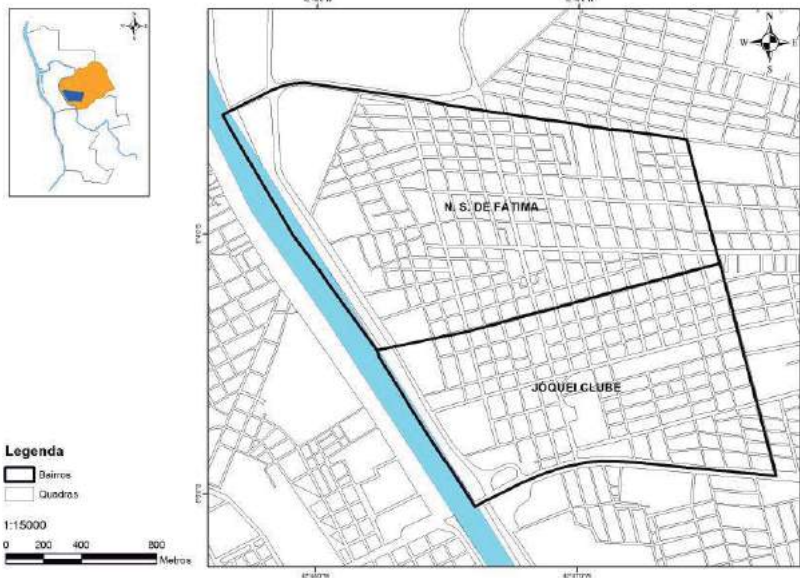


Figura 2. Localização da área de estudo, em relação à mancha urbana de Teresina-PI.

2.2 Procedimentos

A aplicação de imagens de satélite está sendo de auxílio para o reconhecimento das modificações causadas na cobertura do solo ao longo do tempo. Para a avaliação foram utilizadas ferramentas de sensoriamento remoto, onde foi aplicada uma transformação das imagens do satélite Landsat 5, para obter as informações sobre uso do solo, por meio de uma classificação supervisionada, a impermeabilização, através do índice ISA (Impervious Surface Area), que delimita as superfícies impermeabilizadas usando informações do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), que apresenta o grau de vigor vegetativo e permite monitorar a cobertura das superfícies, em cada momento analisado. Para o processo foi utilizado o software de geoprocessamento SPRING 4.3.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um cálculo, baseado em várias bandas espectrais, da produção fotossintética (quantidade de vegetação) em um pixel na imagem de satélite. Ele mede em uma área o vigor vegetativo e pode monitorar a cobertura de uma dada superfície a partir das informações espectrais obtidas pelos satélites (ROUSE et al., 1974). Obtêm-se o índice NDVI pela equação 6:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (6)$$

Onde — “IVP” representa a faixa do espectro eletromagnético no infravermelho próximo (0,73 µm – 1,3 µm), identificada pela banda 4, e —V— representa a faixa do espectro eletromagnético no vermelho (0,622 µm – 0,700 µm), identificada pela banda 3 (GILLIES, 1997)

Com a obtenção dos dados de NDVI, no período de 1985 e 2010, utilizou-se o método descrito por Carlson e Arthur (2000) para obter o índice de Área de Superfície Impermeável (ISA). Este método apresenta a relação entre o índice de vegetação por diferença normalizada e a fração de cobertura vegetal para se chegar à Área de Superfície Impermeável, que indica a superfície que não permite a infiltração de água no solo, altamente relacionada com o escoamento superficial (BAUER et al., 2004).

O índice ISA, segundo Carlson e Arthur (2000), é calculado pela equação 7:

$$ISA = \left[1 - \left(\frac{NDVI - NDVI_0}{NDVI_s - NDVI_0} \right)^2 \right]_{dev} \quad (7)$$

Onde —“NDVI” representa o índice de vegetação por diferença normalizada, —“S” representa os valores para vegetação densa, — “O” representa os valores para solo exposto e — ‘dev’ indica que a fórmula deve ser utilizada apenas para regiões classificadas como urbanas. O índice varia de 0 a 1, sendo que valores mais próximos de 1 mais impermeável é uma superfície e valores próximo de 0 mais permeável é a superfície (CARLSON e ARTHUR, 2000).

3 Resultados e Discussão

Para compreender as transformações que ocorreram no meio urbano dentro dos bairros, foi realizada a classificação supervisionada do uso do solo para os anos 1985 e 2010, verificando as alterações que ocorreram e as transformações na paisagem nesse intervalo de tempo. No ano de 1985 a região ainda apresentava as margens do rio ocupadas pela vegetação com algumas lagoas, dentro do bairro a distribuição da área vegetal era bem presente e entremeava as áreas edificadas (figura 3), pouca presença de áreas de solo exposto, concentrando-se nas margens do rio.

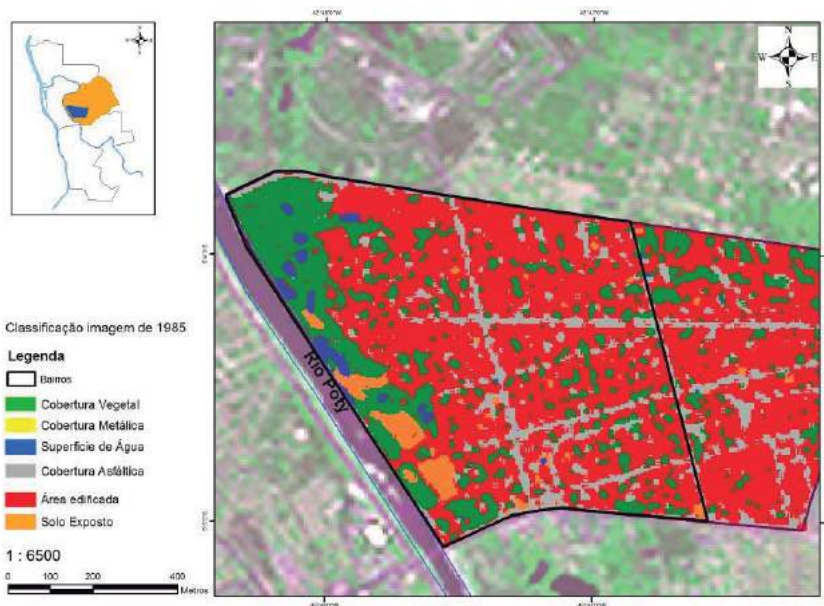


Figura 3 – Classificação de uso e ocupação do solo para bairro Jockey Club e Fátima, ano 1985

Para o ano de 2010, ocorreu uma grande mudança nos materiais de cobertura do solo com a introdução de materiais metálicos nos telhados, além disso, o grande fluxo de automóveis e a acelerada transformação de usos do solo de áreas residenciais unifamiliares em multifamiliares, levaram a expansão do número de vias com cobertura asfáltica, além dos grandes estacionamentos com a implantação de shoppings centers e em grandes edifícios domiciliares.

A área de margem do rio Poty, foi uma região que mais sofreu impactos com a retirada de grande parte da cobertura vegetal e implantação de uma grande avenida, como se pode observar na figura 4. Esse conjunto de transformações no uso do solo tiveram reflexos diretos na condição de permeabilidade do solo, elemento principal para causa de enchentes e inundações nas áreas urbanas, por conta disso a importância do ISA.

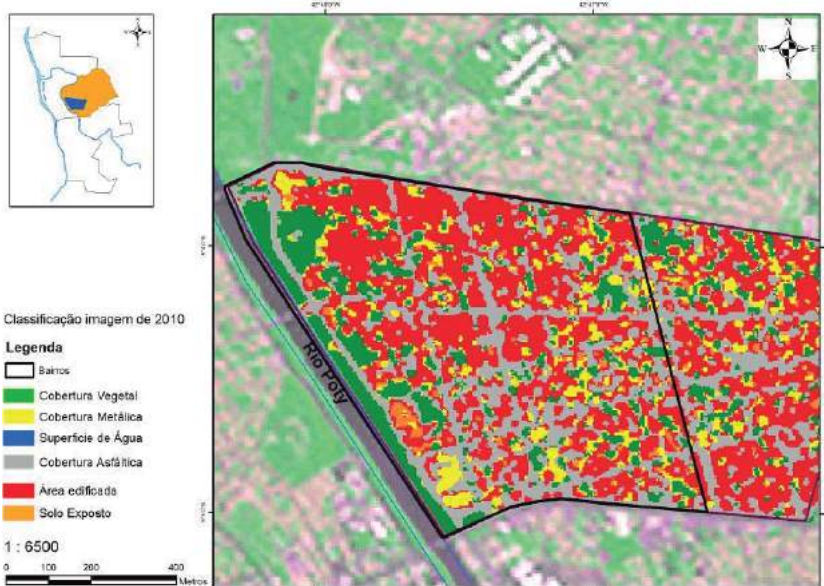


Figura 4 – Classificação de uso e ocupação do solo para bairro Jockey Club e Fátima, ano 2010.

Para entender como as mudanças de uso do solo podem ter afetado a permeabilidade do solo, para isso foi utilizado o índice de área de superfície impermeável (ISA). A escala de valores do índice ISA varia de zero a próximo de 1, no mapa da figura 5 está sendo expressa em escala de cores, onde as áreas em azul indicam áreas de baixa permeabilidade, com menor índice de infiltração; enquanto que as áreas em azul e vermelho claro apresentam permeabilidades intermediárias, aproximadamente entre 40 e 80%, e em vermelho alta permeabilidade.

Para o ano de 1985, a impermeabilização do solo estava concentrada nas vias (figura 5), mas com a região as margens do rio mais permeável, área essa que recebe o escoamento das águas das vias, exatamente a região de ocupação com vegetação e as lagoas de transbordo do rio Poty.

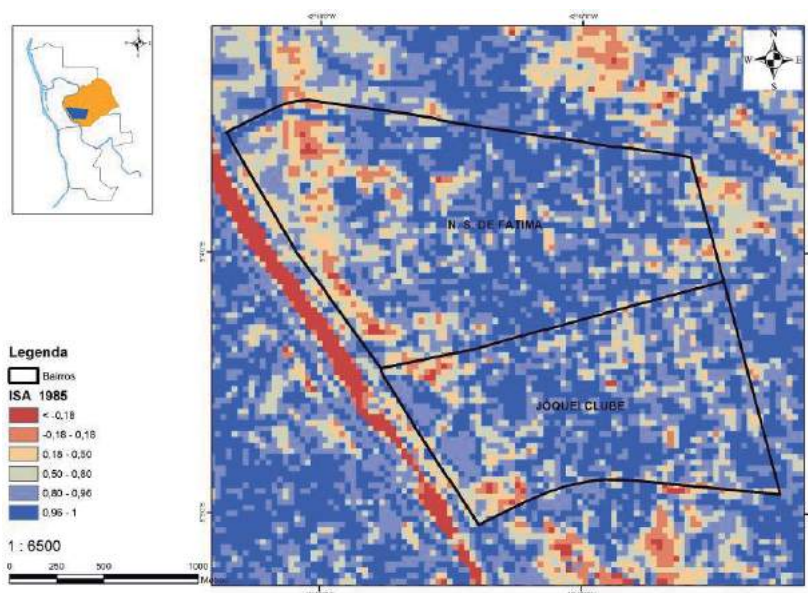


Figura 5 – Mapa do ISA para os bairros jóquei clube e Nossa senhora de Fátima, 1985.

Para o Ano de 2010, as mudanças do uso do solo já demonstras impactos visíveis no total de área permeável existente nos dois bairros. O adensamento no número de vias e o aumento no total de cobertura asfáltica, são claramente percebidos analisando o mapa do Índice para o ano 2010.

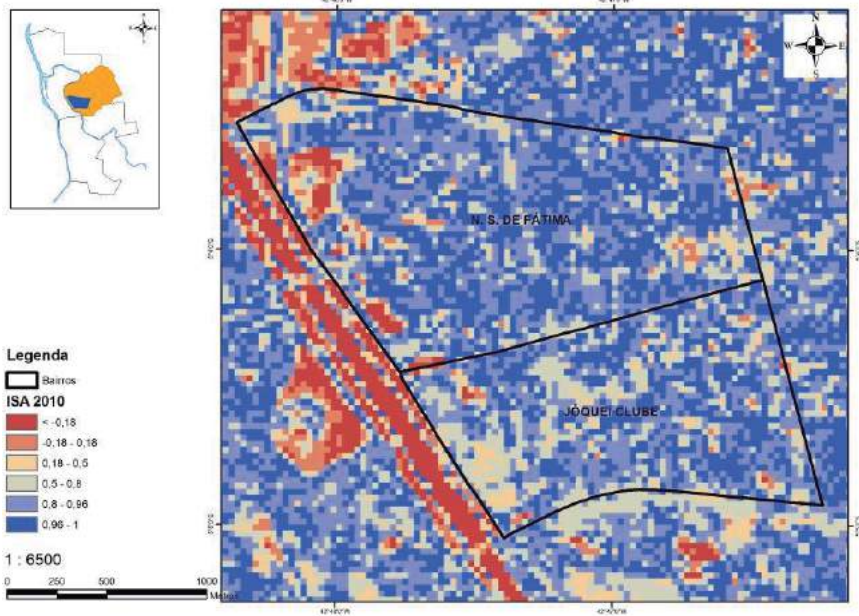


Figura 6 – Mapa do ISA para os bairros jóquei clube e Nossa senhora de Fátima, 2010.



Figura 7. Fotos dos jornais locais, representando os impactos da chuva na região de estudo.

O estudo demonstrou um aumento significativo no número de vias asfaltadas dentro da zona leste da cidade, como consequência do maior número de apartamentos e estabelecimentos comerciais de grande fluxo na região. Algumas áreas que apresentaram crescimento dos casos de alagamento estão em locais que passaram por mudanças no padrão de uso do solo e aumento do número de vias asfaltadas nas proximidades. O aumento da velocidade de

escoamento das águas e não ampliação do sistema de drenagem do local levou a um grande acúmulo de água, gerando prejuízos financeiros e transtornos à população.

Gonçalves (2003) ressalta que o tipo de cobertura da superfície pode impermeabilizar a cidade, como no caso da cobertura asfáltica, prejudicando a infiltração da água em níveis de até 50%, o que pode acarretar que uma única tempestade de certa intensidade, pode causar rápidas enchentes sobre superfícies duras, asfaltadas e com vegetação esparsa, elevando os problemas relacionados com a falta de drenagem, e como consequência o caos urbano.

Ao se observar a correlação entre total pluviométrico, vias asfaltadas e intensidade de eventos, nota-se que as regiões estudadas obtiveram um acréscimo de impactos decorrentes de inundações de vias, alagamentos de edificações, comprometimento das galerias, além de um período maior de tempo para dissipar o escoamento das águas pluviais. (Figura 05)

4 CONCLUSÕES

As ações por parte do poder público de forma não planejada que gere a impermeabilização do solo urbano produz rugosidades favoráveis, para que durante eventos pluviais, provoquem impactos, das mais diferentes formas, gerando assim problemas sociais e econômicos, para a população.

Observa-se que a causa desses impactos não é só da atmosfera, mas sim, principalmente, do processo inadequado de urbanização que gera empecilhos diante de tais eventos, tendo como principais agentes o processo de impermeabilização do solo, a falta de galerias adequadas para escoamento d'água. O monitoramento das mudanças do uso do solo nos municípios é de fundamental importância no planejamento urbano, para antever ou mitigar problemas relacionados também aos eventos pluviométricos aliados a impermeabilização do solo. Fato comprovado na área de estudo.

Portanto, se a causa de tais impactos negativos é a falta de planejamento, cabe aos órgãos públicos adequar o ambiente urbano, por meio do planejamento e da construção de uma melhor infraestrutura urbana, diminuindo os problemas socioeconômicos identificados neste estudo.

REFERENCIAS

Carlson, T. N.; Arthur, S. T. 2000. The impact of land use — land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: a satellite perspective. *Global and Planetary Change*, v. 25, Issues 1-2, p. 49-65.

Cunha, M. A. 1991. Manual de ocupação de encostas. São Paulo: IPT, 234p. ilus

Gonçalves, N.M.S. 2003. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (Org) *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto.

Nóbrega, R. S. & Vital, L. A. DE B. 2010. Influência da Urbanização sobre o Microclima de Recife e Formação de Ilha de Calor *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.03, p. 151-156

Tucci, Carlos E. M. 1999. Aspectos Institucionais no Controle de Inundações. I Seminário de Recursos Hídricos do Centro Oeste. Brasília.

Tucci, C. E. M. 2000. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.
Tucci, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima das bacias urbanas. *Porto Alegre: Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.5, n.1, p.61-68, jan/mar.

Tucci, Carlos E. M. 2008. Águas urbanas. *Estudos Avançados*, v. 22, p. 97-112.

Santos, M. 2005. *A Urbanização Brasileira*, 5ª ed. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Zanella, M. E.; Sales, M. C. L. & Abreu, N. J. A. 2009. Análise das Precipitações Diárias Intensas e Impactos Gerados em Fortaleza, CE. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, São Paulo, Nº 25, pp. 53 – 68.

ECOPOL um modelo europeu de parceria pública para o desenho de políticas e instrumentos de promoção de eco-inovação – A experiência Portuguesa na construção sustentável

Luís Ferreira

Agência de Inovação, S.A, Lisboa, Portugal

lferreira@adi.pt

Clara Lopes

Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., Lisboa, Portugal

clara.lopes@apambiente.pt

Victor M. Ferreira

Plataforma Construção Sustentável, Dept. Eng^ª Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

victorf@ua.pt

ABSTRACT: ECOPOL project is a European public innovation partnership between seven organizations of six countries from whose results, lines of policy recommendations and tools that promote eco-innovation are expected. The focused areas of the project were "Green Public Procurement", "Waste Management and Recycling" and "Internationalization of eco-innovative SME's". Companies do not always respond to the challenges of sustainability aware that this is an opportunity for differentiation in innovation processes (Eco-innovation). For the Sustainable Habitat Cluster, this development paradigm is inclusive of all the Habitat value chains and is important in terms of material efficiency in their sub-ranks of construction and of materials and products. The aim of this study was to demonstrate in the Habitat (PT) value chain and for the three focused areas of the project, the importance of a collaborative model between public administration and the Cluster, in the recommendations process construction for policy instruments to accelerate eco-innovation.

Keywords: Eco-innovation, Sustainable construction.

RESUMO: O projeto ECOPOL é uma parceria pública de inovação entre sete entidades de seis países europeus de cujos resultados se esperam linhas de recomendações para políticas e instrumentos que estimulem a eco-inovação. O projecto focou-se sobre os domínios das "Compras públicas ecológicas", "Gestão de resíduos e reciclagem" e "Internacionalização de PME's eco-inovadoras". As empresas nem sempre respondem aos desafios da Sustentabilidade conscientes que esta é uma oportunidade de diferenciação nos processos de inovação (Eco-inovação). No Cluster Habitat Sustentável, este paradigma de desenvolvimento é abrangente de toda a fileira Habitat e é importante em termos de eficiência material nas suas sub-fileiras da construção e dos materiais e produtos. O objetivo deste trabalho foi demonstrar, na fileira Habitat (PT) e nos três domínios do projeto, a importância de um modelo colaborativo entre a administração pública e o Cluster, no processo de construção de recomendações para instrumentos de política aceleradores de eco-inovação.

Palavras-chave: Eco-inovação, construção sustentável.

1 INTRODUÇÃO

O projeto "ECOPOL – *Public innovation partnership for better policies and instruments in support of eco-innovation*", formalmente terminado em 31 de Março de 2014, teve por missão, promover a cooperação transnacional no desenvolvimento e implementação de melhores

políticas e instrumentos de eco-inovação. A participação portuguesa no projeto concretizou-se através de dois parceiros, a Agência de Inovação, S.A. (AdI) e a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (APA). Com enfoque nos domínios das “compras públicas ecológicas” (enquanto importante instrumento do lado da procura), “gestão de resíduos e reciclagem” (como setor com uma muito elevada pegada de CO₂ e elevado potencial para a criação de negócios) e “internacionalização de PME’seco-inovadoras” (como meio de aumentar a produtividade pelo alargamento de mercados para os eco-inovadores), o projeto propôs-se igualmente promover diversas ações-piloto para “pôr em prática” à escala transnacional boas práticas de eco-inovação, de entre elas a “preparação de execução conjunta de instrumentos do lado da procura”.

A experiência Portuguesa na construção sustentável foi desenvolvida dentro do modelo de governança estabelecido para fins da participação portuguesa no projeto ECOPOL entre entidades competentes relevantes nas áreas de políticas públicas em observação, nomeadamente através da colaboração de peritos da Direção Geral das Atividades Económicas (DGAE), do Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. (LNEG), da Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal, E.P.E. (AICEP) e da Entidade de Serviços Partilhados da Administração Pública, I.P. (eSPap) com as entidades nacionais parceiras no projeto (APA, I.P., e AdI). Sendo fundamental, no desenho de instrumentos de política para a aceleração de eco-inovação, o envolvimento das empresas e das organizações com responsabilidade nas respetivas Estratégias de Eficiência Coletiva (Clusters apoiados no âmbito do Programa operacional fatores de competitividade - COMPETE), a colaboração da Plataforma para a Construção Sustentável (Cluster Habitat Sustentável) com a equipa do projeto revelou-se determinante para o desenvolvimento de recomendações no sentido da aproximação da procura e oferta sustentáveis.

De acordo com os dados apurados sobre a produção e o tratamento de resíduos de construção e demolição (RCD) conclui-se que, em Portugal, o setor da construção é o maior produtor de RCD representando 60% da quantidade de RCD produzidos (O’Brien, 2011). Os restantes 40% advêm de obras de construção civil realizadas por algumas entidades no âmbito da sua actividade, apesar de não ser a sua actividade principal, designadamente os municípios, as empresas municipais ou as empresas do setor do gás. Tendo em consideração os principais componentes que, em Portugal, contribuem para o DMC (consumo interno de materiais), ressalta desde logo a importância detida pelos “minerais não metálicos”. Por exemplo em 2011, estes contribuíram com uma quota de cerca de 70% em peso para o DMC, facto que se deve à importância que o setor da construção detém a nível nacional (Silva, 2011). Para além disso, este setor tem em Portugal um significado evidente na contratação pública portuguesa - 57 % em valor dos contratos celebrados em 2008 (Pais & Ministro, 2012).

Neste contexto, o setor da construção apresenta-se como um palco para potenciar eco-inovação (JOUE, 2011) associada à desmaterialização da economia. A compra pública, enquanto *driver*, estabeleceu na Estratégia Nacional para as Compras Públicas Ecológicas 2008-2010 (ENCPE) como prioritário o grupo ‘Conceção e construção de obras públicas, incluindo iluminação e equipamentos’ (DR, 2007), não especificando, contudo, critérios ambientais nacionais que tenham tornado efetiva a contratação pública ecológica em obra (ANCP, 2011). ‘Oportunidades para ganhos de eficiência na utilização dos recursos no setor da construção’ foi objeto de comunicação da Comissão Europeia, sinalizando mais uma vez o papel esperado da contratação pública ecológica como contributo ao caminho a percorrer (JOUE, 2014).

Em termos de cadeia de valor, o Cluster Habitat Sustentável envolve desde o setor extrativo, ao setor transformador de materiais e produtos, à atividade de projeto, construção e imobiliário, planeamento urbanístico e também outros fornecedores de bens e equipamentos para a construção do Habitat. A sustentabilidade constitui-se como uma oportunidade de diferenciação na inovação, sendo este o paradigma de desenvolvimento de todo o Cluster.

Pretendeu-se com este trabalho demonstrar, para a fileira do Habitat (PT) e nos três domínios de enfoque do projeto, a importância de um modelo colaborativo entre a administração pública e o Cluster no processo de construção de recomendações para instrumentos de política aceleradores de eco-inovação.

2 METODOLOGIA

Para cada um dos domínios temáticos, foram desenvolvidas abordagens de colaboração adequadas às especificidades e natureza das atividades programadas, conforme abaixo se descrevem.

2.1 Compras Públicas Ecológicas – a experiência Portuguesa para um repositório Europeu de produtos da construção

O setor da Construção foi escolhido como estudo-caso da implementação conjunta ECOPOL para instrumentos do lado da procura, a qual pressupunha: o exame em detalhe de quatro boas-práticas pré-identificadas (Catálogo Belga de produtos reciclados para compras públicas ecológicas, Programa top-runner Japonês, Decreto Italiano de quotas de compras de reciclados por compradores públicos, e Metodologia comum Europeia para medição do impacto ambiental de CPE); o desenvolvimento de soluções para potenciar sinergias entre esses instrumentos (cross regulation); e, em cada país/região, a partilha de informação entre as entidades públicas nacionais competentes para avaliação da viabilidade da implementação dessas soluções no respetivo contexto (transferência). Neste contexto, a ação-conjunta ECOPOL “Estimular a Adoção de Compras Públicas Ecológicas no Setor da Construção” foi desenhada como ensaio numa proposta de repositório de produtos de construção para servir de guia às entidades públicas adjudicantes no espaço europeu.

As especificações CPE-UE do grupo prioritário produtos de construção segundo o módulo prático GPPtoolkit recomendado pela Comissão Europeia (JOUE, 2008) foram tomadas como referência e, atendendo à recente obrigatoriedade de consideração do requisito básico relativo ao uso sustentável dos recursos no processo de Marcação CE introduzida pelo Regulamento Europeu dos Produtos da Construção (RE 305/2011) e em aplicação desde 01.07.2013, foi também dada atenção especial às formas de prova de cumprimento deste requisito para os produtos de construção - as declarações ambientais do produto tipo III (DAP), ferramentas de comunicação credível e fidedigna enquadradas por normas relevantes (ISO 14025, ISO 21930, EN 15804) que têm por base a avaliação de ciclo de vida (ACV). Neste contexto, dado o Cluster Habitat Sustentável ter em desenvolvimento o projeto dapHabitat para implementação do “Sistema de Registo de Declarações Ambientais de Produto para o Habitat” em Portugal, foram criadas sinergias de oportunidade entre ambos os projetos.

Na fase de comparação e benchmarking os parceiros portugueses constataram a não existência de referências nacionais, da ENCE ou de outras fontes, para critérios ambientais a aplicar a produtos de construção. Assim, as especificações CPE-UE foram tomadas como referência direta e, para inventariar e pré-qualificar os fabricantes PT de produtos de construção potencialmente candidatos ao repositório ECOPOL, recorreu-se a informação ambiental disponível sobre desempenho de empresas e produtos em:

- sistemas de certificação (Rótulo Ecológico UE, Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria EMAS, Sistemas de Gestão Ambiental ISO14001, Sistemas de Gestão Florestal Sustentável PEFC e Sistemas de Gestão IDI) e registos (Marcação CE, REACH e Regulamentos F-gases) potencialmente compatíveis com as especificações dos produtos CPE-UE;
- processos preparatórios das empresas para se candidatarem à obtenção de DAP em desenvolvimento no âmbito do “Sistema de Registo de Declarações Ambientais de Produto para o Habitat”, como potencial ferramenta de demonstração de conformidade CPE-UE.

Este trabalho não foi conclusivo na medida em que a informação dos sistemas de certificação não permitiu, à partida, obter informação sobre o desempenho ambiental dos produtos compatível com os requisitos CPE da EU, e a informação base para as DAP não está orientada para criar evidências de resposta a estes mesmos requisitos. Assim, foi iniciada a interlocução direta com os fabricantes (empresas-amostra pré-qualificadas) através de documentos de trabalho, para explorar o potencial uso da figura de ‘declaração equivalente’ para fins de demonstração de conformidade CPE-EU, por via de documentação de qualificação do produto de que o industrial fosse já detentor (e.g., ficha de produto, rótulos, licenças, declarações de fornecedor, estudos técnicos e/ou laboratoriais).

2.2 Gestão de resíduos e reciclagem – workshops temáticos para eco-inovação

O processo de construção de recomendações para gestão de resíduos e reciclagem incluiu a colaboração do Cluster Habitat Sustentável, sobretudo pelo seu envolvimento na preparação e participação em dois workshops temáticos realizados em 2013: o primeiro, (A) “Eco-inovação e a utilização eficiente de recursos na indústria Portuguesa - Boas práticas e instrumentos de política”, realizado em 17 de Setembro; o segundo, (B) “Eco-inovação e compras públicas em mercados da fileira habitat - Boas práticas e instrumentos de política”, realizado em 5 de Dezembro. Ambos os workshops foram do tipo colaborativo e reuniram um conjunto alargado de peritos, entre os quais o diretor do Cluster.

O workshop A veio reforçar a discussão da necessidade sentida - aproximar as políticas de resíduos com as que promovam a melhor utilização dos recursos por parte da sociedade, e perceber como esta aproximação poderá constituir-se num driver de eco-inovação. O workshop B veio reforçar a discussão da necessidade sentida - aproximar as políticas de compras públicas com as que promovem a melhor eficiência do consumo por parte da sociedade, e perceber como esta aproximação poderá constituir-se num driver de eco-inovação. A fileira Habitat foi tomada como estudo de caso, pois contém um dos fluxos de materiais com maior potencial de contributo para a ineficiência material da economia Portuguesa.

2.3 Internacionalização – Piloto de instrumento de política: Um novo conceito de vales sectoriais de internacionalização

Na implementação piloto de vales setoriais para internacionalização de PME eco-inovadoras foi decidido desenvolver uma abordagem junto de um grupo-alvo de eco-inovadores, de acordo com o princípio de que a “eco-inovação acontece em toda a economia: quando uma empresa adquire um produto, serviço, gestão de um processo de fabrico, ou método comercial com vantagem ambiental essa empresa é eco-inovadora” (Kemp & Pearson, 2008). Este instrumento foi projetado com base nos resultados das análises das lacunas realizadas durante a fase analítica do projeto, relativamente às políticas de internacionalização e regimes de apoio portugueses. Foram identificadas duas dimensões de lacunas que se considerou interessante explorar por meio de um instrumento inovador, como é o caso do vale para internacionalização: a escassa cooperação entre empresas nacionais para mercados internacionais e a recorrente falta de competências em internacionalização nas PME.

Através do estudo das práticas de outros países do consórcio, foram consideradas relevantes boas práticas de suporte à internacionalização que demonstram que as PME podem aumentar a sua competitividade internacional, operando em grupo, acrescentando competências, partilhando conhecimentos e reduzindo custos. Os níveis de cooperação em negócios em Portugal são ainda baixos, tendo sido identificado o instrumento financeiro Finlandês “Business Export Partnership” (Parceria Empresarial para a Exportação) como uma boa referência para a conceção do vale, com vista a reforçar a cooperação entre empresas e fornecer consultoria individualizada. Com base na perspetiva de que as políticas públicas, incluindo os regimes de

incentivos, devem em geral reconhecer a eco-inovação como um tópico estratégico na senda do desenvolvimento sustentável, esta dimensão foi igualmente considerada na conceção do vale.

O programa foi, assim, concebido para apoiar grupos de empresas que pudessem oferecer uma solução portuguesa para uma necessidade num mercado internacional significativo. O objetivo do programa foi apoiar parcerias de empresas com suficiente maturidade para garantir um processo de internacionalização eficiente, cobrindo parcialmente os custos da abordagem inicial a um novo mercado. Nesse sentido procurou-se encontrar um alinhamento coerente de Clusters no âmbito da população de empresas eco-inovadoras. Este caminho suscitou o envolvimento, em grupo de trabalho, dos organismos públicos relevantes com competências em Inovação, Ambiente, Internacionalização e Assuntos Económicos: AdI, AICEP, APA e DGAE.

O desenho do vale foi discutido por este grupo de trabalho com os Clusters que prosseguem ativamente a eco-inovação como alvo fundamental no âmbito das suas atividades, e que têm um historial comprovado de iniciativas ou projetos demonstrativos do seu empenhamento na eco-inovação e, em particular com o Cluster Habitat Sustentável, a sua adequabilidade para as empresas da indústria da construção. Neste contexto foi discutida e aperfeiçoada uma primeira proposta deste instrumento elaborado pela AdI e a AICEP com as contribuições do diretor deste Cluster.

O teste deste novo conceito de vales para a internacionalização foi financiado pelo orçamento atribuído ao projeto, em 12.500 euros para cada parceria, fomentando a aceleração da internacionalização das PME e assim apoiar as empresas envolvidas a lançarem as suas operações e a desenvolverem competências de internacionalização. A meta era permitir que cada empresa envolvida na parceria estabelecesse, de forma independente, as suas operações em mercados-alvo num período de 2-3 anos.

Após a fase de desenho, foi lançado um concurso público para submissão de propostas de projetos de internacionalização de parcerias de empresas eco-inovadoras (3 a 6 empresas), cuja proposta de valor deveria ser desenvolvida a partir da complementaridade das suas competências. Após avaliação de mérito, estas candidaturas (de parcerias) tiveram cerca de 6 meses para desenvolver o seu projeto de internacionalização.

A avaliação dos resultados do piloto de um novo conceito de vales para internacionalização foi realizada por meio de debates durante as reuniões de acompanhamento, bem como da análise dos contributos e opiniões das empresas envolvidas em resposta a questionário elaborado para o efeito. Estes instrumentos foram utilizados para apoiar as conclusões e recomendações.

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos para cada uma das iniciativas no modelo de colaboração com o Cluster são abaixo apresentadas por domínios temáticos.

3.1 Compras Públicas Ecológicas – a experiência Portuguesa para um repositório Europeu de produtos da construção

A partir de um universo potencial de 148 empresas inicialmente identificado, foram selecionadas 16 empresas candidatas ao repositório, as quais submeteram 45 fichas de produtos. Após a análise da fiabilidade (ou compatibilidade) aos desempenhos declarados, foi possível selecionar 24 fichas de produtos de exportação de 8 empresas Portuguesas que integram a proposta de repositório ECOPOL com os seguintes dados:

- Informação de produto: nome do produto, descrição, produtor, origem;
- Declaração de produto: documentação - rótulo, auto-declaração, DAP, declaração equivalente (Tabela 1), compatibilidade ambiental - demonstrativo e justificação, referência;

- Correspondência com critérios CPE (fundamentais e complementares): avaliação geral, avaliação detalhada.

e com a seguinte distribuição por categoria de produto de construção CPE-UE:

- Painéis interiores de parede (gesso): 5 produtos, 1 empresa;
- Painéis interiores de parede (madeira): 9 produtos, 2 empresas;
- Janelas, portas envidraçadas e claraboias: 1 produto, 1 empresa;
- Isolamento térmico: 8 produtos, 4 empresas;
- Revestimentos duros para pavimentos: 1 produto, 1 empresa.

Tabela 1. Documentação para demonstração de conformidade CPE no repositório ECOPOL

Tipo de comprovativo	Nível de confiança
Rótulo Ecológico	ISO14020 tipo 1 é o mais comum nos países ECOPOL, com custos adicionais para os produtores, mas com vantagens conhecidas: garante para consumidor, desenvolvimento de mercado consciente (produto certificado vs convencional) e aumento da competitividade do produtor (compromisso ecológico/responsabilidade ambiental) - NordicEcolabel, natureplus, FSC, PEFC, FLEGT, CITES, ou nacionais, AustrianEcolabel ou Germanblueangel
Auto declaração	ISO14020 tipo 2, normalmente usadas pelo produtor e pelo mercado para pressionar o desempenho ambiental dos produtos
Declaração Ambiental de Produto	ISO14020 tipo 3 (ISO14205 para todos os produtos e ISO21930 para produtos da construção), não garantindo o desempenho ambiental do produto (informação do ciclo de vida não harmonizado) poderá permitir ser utilizado para comparações entre produtos
Declaração equivalente	Declarações não certificadas, com procedimento mais robustecido quando a verificação é feita por recurso a bases de dados do desempenho ambiental de produtos (ÖkokaufWien, IBO, Swedish BASTA) ou a prémios ambientais com reconhecimento de nível nacional

Os resultados obtidos não permitem evidenciar a suficiência da certificação ambiental do produto como garante de conformidade da resposta a CPE, permitindo concluir não ser possível obter um desempenho ambiental do produto padrão, reforçando a necessidade de aprofundar o benchmark das ferramentas-rótulo (CPE, REUE, DAP, entre outros).

3.2 Gestão de resíduos e reciclagem – workshops temáticos para eco-inovação

Os resultados que se apresentam dizem respeito ao processo de construção de recomendações produzidas através das discussões ocorridas em cada um dos workshops temáticos. Numa primeira fase discutem-se os resultados da análise da situação Portuguesa em matéria de produção de RCD e o seu efeito na gestão de fluxos de materiais da fileira Habitat. Numa segunda fase apresentam-se os resultados da análise às políticas de compras públicas associadas a produtos & serviços da fileira Habitat, como driver de eco-inovação, para a promoção de uma melhor eficiência do consumo por parte da sociedade.

No contexto do impulso dado em Portugal pela política de RCD, para a diminuição da utilização de recursos naturais e a minimização da sua deposição em aterro, foram estabelecidas normas complementares para uma efetiva utilização dos materiais reciclados em detrimento dos produtos naturais: taxas mínimas obrigatórias de incorporação de materiais reciclados nas obras; obrigatoriedade de utilização de 5% de materiais reciclados em empreitadas de construção e manutenção abrangidas pelo código dos contratos públicos (CCP); especificações técnicas a aplicar a produtos de construção que incorporem materiais reciclados e aos materiais reciclados a utilizar em obra. Visando estas medidas contribuir para a meta nacional 2020 de encaminhamento para reutilização/reciclagem/outras valorizações dos 70% dos RCD não perigosos produzidos,

Verifica-se contudo que o uso de materiais reciclados ainda encontra alguns obstáculos de natureza económica, cultural e técnica, em que por exemplo, relativamente aos RCD, as estatísticas 2009 do Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente (SIRAPA) indicam que apenas 34% foram valorizados, havendo falta de informação disponível sobre custos associados à sua gestão. Por outro lado, sendo reconhecido pelo setor da construção o papel positivo que têm desempenhado alguns regulamentos (e.g., DL 46/20008 alterado por DL 73/2011 e RE305/2011) para forçar o setor à adoção de boas práticas sustentáveis e, em alguns casos, contribuir para cadernos de encargos que promovam aquisições orientadoras da oferta, a procura pública não é identificada como *driver* para a melhoria de desempenho dos seus produtos & serviços, a não ser em matéria de eficiência energética.

A reflexão alargada proporcionada pelos dois workshops permitiu construir um conjunto de recomendações dirigidas a contribuir para a colmatação das lacunas identificadas, com a possibilidade de interferir ao nível da contratação pública (ou privada) da compra de produtos e serviços da fileira habitat desmaterializados, e disponíveis nos relatórios dos workshops, destacando-se:

- Utilizar a política de compras públicas ecológicas para induzir o conceito de “compra de inovação”, de produtos mais sustentáveis (ex. desmaterializados).
- Rever legislação para eliminação de prescrições limitativas das equipas de projeto em termos de eco-inovação e estimular o alargamento da responsabilidade da equipa de projeto até à fase de comissionamento da obra:
 - a. Adotar procedimentos de concurso público para produtos/serviços/obras que possibilitem uma real valorização dos critérios de qualidade, eficiência e eficácia e ainda otimizar o tempo e custo dos procedimentos, nomeadamente/preferencialmente através da adoção do modelo de duas etapas complementares de seleção nos concursos públicos;
 - b. Valorizar o mérito da oferta qualificada de eco-inovação na elaboração dos cadernos de encargos;
 - c. Apelar à implementação de um Código da Construção que concilie a regulamentação existente e adote critérios qualitativos de performance do edificado abandonando as prescrições limitativas da atual regulamentação.
- Construir um repositório da oferta eco-inovadora para resposta a compras públicas. A oferta eco-inovadora deve ser efetuada com base em ferramentas de ciclo de vida que recorram a informação local.
- Desenvolver um sistema harmonizado de classificação de produtos & serviços da fileira habitat para resposta a CPE (para avaliação dos desempenhos e impactes ao longo do ciclo de vida), promovendo sinergias (bases comuns de âmbito e metodológicas) entre sistemas de certificação (eco).

3.3 Internacionalização – Piloto de instrumento de política: Um novo conceito de vales sectoriais de internacionalização

Os resultados que se apresentam dizem respeito à experimentação de um regime de vales que permitiram a aquisição de serviços e competências externas para os processos de internacionalização de empresas, com o objetivo de reforçar a cooperação entre empresas e fornecer consultoria personalizada, com incidência especial na resposta obtida por parte de empresas do sector da indústria da construção.

Atendendo a que as prioridades mais importantes do Cluster se concentram no desenvolvimento de materiais e produtos para uma construção sustentável e tecnologias e sistemas de conservação, bem como no desenvolvimento de soluções que contribuem para a minimização do impacto energético e ambiental do ambiente edificado, foi possível obter candidaturas de diferentes PME eco-inovadoras da fileira habitat. Uma das candidaturas

aprovadas foi a “Quickbuild”, parceria de exportação composta por três empresas (empresa fornecedora de painéis de cortiça para construção, empresa de consultoria em construção sustentável, empresa industrial integradora do produto), com uma proposta de valor para a internacionalização de uma casa modular, pré-fabricada, sustentável e de baixo custo de manutenção ao longo do seu ciclo de vida. Entre os diversos mercados atraentes possíveis, foi considerado o mercado-alvo do Brasil. Esta parceria contratou um consultor com um conhecimento profundo do mercado brasileiro, que partilhou informações relevantes e explorou com a parceria a estratégia de entrada do produto naquele mercado. A intervenção do consultor e a oportunidade do período em que se desenvolveu o projeto, foram particularmente adequados porque permitiu fornecer informação relevante à equipa do projeto útil para a evolução do desenvolvimento do produto. Ou seja, antes do trabalho realizado pelo consultor a parceria tinha considerado um nível de investimento para abordar este mercado que, após este, foi reequacionado.

Em conclusão, o vale para a internacionalização é um instrumento flexível e muito adaptável para apoiar aquisição de serviços e competências externas em processos de internacionalização de negócios, reforço da cooperação entre empresas e fornecimento de consultoria personalizada. Este tipo de instrumento é especialmente importante para as PME, uma vez que pode prestar apoio a uma importante fase dos processos de internacionalização dos negócios, a fase de desenvolvimento de uma estratégia de entrada num determinado mercado. Portanto contribui para a redução da incerteza dos promotores do negócio e potencia as oportunidades de sucesso da sua internacionalização.

4 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados demonstram a importância da colaboração estreita entre entidades públicas e organizações dinamizadoras da competitividade das empresas. O projeto ECOPOL, como modelo original de parceria europeia com vista à construção e aumento de escala de política pública para o suporte à eco-inovação, estabeleceu uma coordenação que, a nível nacional, estruturou em modo experimental sinergias entre entidades com as competências necessárias de contexto. Este modelo potenciou ‘cross-governance’ e uma coleta mais robusta de contributos de diversos atores e partes interessadas e, com isto, criou condições para desenvolver processos de construção de recomendações para políticas públicas mais suportadas em conhecimento.

Também lógicas de Estratégias de Eficiência Colectiva associadas a cadeias de valor, e que tenham a sustentabilidade como elemento diferenciador nos seus planos de desenvolvimento, permitem desenvolver de forma mais eficaz a construção de políticas públicas que possam atuar como drivers de eco-inovação para um uso e consumo eficientes dos recursos.

As concretizações obtidas nas iniciativas apresentadas permitem considerar o sucesso do modelo sinérgico de colaboração ensaiado entre a equipa ECOPOL e o Cluster Habitat Sustentável, o que recomenda o exercício da sua replicação.

REFERÊNCIAS

O’Brien, M. 2011. Resource-efficient construction: A systemic approach to sustainable construction. In Commission European (ed.), *Eco-Innovation Brief #4*; 12th European Forum on Eco-innovation: Scaling-up Sustainable Construction – Through value chain innovation, Amsterdam, 25-26 April 2012. Brussels.

Silva, G. 2011. *Metabolismo Socioeconómico e recursos materiais na economia portuguesa (1995-2009)*, Departamento de Prospectiva e Planeamento e Relações Internacionais. Lisboa.

Pais, A.S. & Ministro, P. 2012. *Contratação Pública em Portugal 2011*. InCI (ed.). Lisboa.

Joue 2011. COM (2011) 899 final: Comunicação “Inovação para um futuro sustentável – Plano de acção sobre eco-inovação (EcoAP)” da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Jornal Oficial da União Europeia (ed.). Bruxelas.

DR 2007. Resolução do Conselho de Ministros n.º 65/2007, de 7 de Maio. Diário da República (ed.), 1.ª série, n.º 87. Lisboa.

ANCP 2011. Estratégia Nacional de Compras Públicas Ecológicas 2008-2010 - Relatório de Monitorização. ANCP (ed.). Lisboa

Joue 2014. COM (2014) 445 final: Comunicação “Oportunidades para ganhos de eficiência na utilização dos recursos no sector da construção” da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Jornal Oficial da União Europeia (ed.). Bruxelas.

Joue 2008. COM (2008) 400 final: Comunicação “Contratos públicos para um ambiente melhor” da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Jornal Oficial da União Europeia (ed.). Bruxelas.

Kemp, R. & Pearson, P. 2008. Measuring Eco-innovation: Final Report MEI project. UNUMERIT. Maastricht.

Desarrollo de una metodología de evaluación integral de sustentabilidad a nivel urbano

Jocelyn Erandi Reyes Nieto

ISISE, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

jocelyn@student.uc.pt

Luis Simões da Silva

ISISE, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

luisss@dec.uc.pt

Vitor Murtinho

CES, Departamento de Arquitetura, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

vmurtinho@uc.pt

Constança Rigueiro

ISISE, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal

constanca@ipcb.pt

Helena Gervasio

ISISE, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

hger@dec.uc.pt

Antonio Bettencourt

ISISE, Departamento de Arquitetura, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

antonio.bettencourt@iol.pt

ABSTRACT: Sustainable Development has become an important task nowadays. In the urban level, is paramount to create sustainable cities, which represents a balance solution in the environmental, social and economic factors. The construction sector has developed methodologies to assess sustainability at different levels. However at an urban level, there are few of these tools and models developed, and the majority of the existing ones does not present a holistic approach. This mean, they don't take into account all aspects of sustainability with the same degree of importance, being a priority the environmental matters and neglecting the economic, social and administrative factors. This document presents a comprehensive methodology for assessing sustainability at the urban level, named "UISA" (Urban Integral Sustainable Assessment), which is responsible for measuring, assessing and processing information regarding to any community, dividing the methodological analysis in two urban levels: city and district levels. This division arises in order to provide pragmatic solutions regarding the level of assessment and offer more practical recommendations for promoting a better sustainable development at all urban levels. The main objective of this article is to provide an overview of the main indicators used by UISA methodology to promote highly sustainable communities.

Keywords: Sustainable urban development, Urban sustainability, Evaluation of urban sustainability, Sustainability indicators, Urban level.

RESUMÉN: El desarrollo sustentable se ha convertido en un objetivo importante en la actualidad, volviéndose fundamental la creación de urbes sostenibles y soluciones equilibradas con el medio ambiente, el factor social y el aspecto económico. En el sector de la Construcción, se prevén de metodologías para evaluar la sustentabilidad en diferentes niveles. No obstante, a nivel urbano existen muy pocas de estas herramientas y los modelos desarrollados hasta el momento no cuentan con un enfoque integral. Es decir, no toman en cuenta todos los aspectos referentes a

la sustentabilidad con el mismo grado de importancia, atendiendo con mayor prioridad el ámbito medioambiental y descuidando los factores económicos, sociales y administrativos. En este documento, se introduce una metodología de evaluación integral de la sustentabilidad a nivel urbano “UISA” (Urban Integral Sustainable Assessment), la cual se encarga de medir, evaluar y procesar información referente a cualquier comunidad, separando el análisis metodológico en dos niveles urbanos: el nivel ciudad y el nivel distrito. Esta división surge, con la finalidad de brindar soluciones pragmáticas en cuanto al nivel de evaluación y otorgar recomendaciones más prácticas, para promover un desarrollo sustentable más adecuado en todos los niveles urbanos. El objetivo primordial de este artículo, es proveer una visión global sobre los principales indicadores sustentables que la metodología UISA utiliza para propiciar comunidades altamente sustentables.

Palabras clave: Desarrollo urbano sustentable, Sustentabilidad urbana, Evaluación de sustentabilidad urbana, Indicadores de sustentabilidad, Nivel urbano.

1 INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción, es considerada el mayor contribuyente al cambio climático; esto se debe a que los edificios producen un consumo del: 17% de agua potable, 25% de la cosecha de madera, 40% de recursos materiales, 70% de electricidad. Además de generar en gran escala emisiones de CO₂ (el 50%) y residuos sólidos (el 60%). Con estas estadísticas, se muestra que es urgente la generación de cambios importantes que mitiguen tal impacto ambiental, tanto de los edificios ya construidos, así como durante las actividades de su construcción (Sev, 2011).

Desde 1994, la Construcción Sustentable se ha convertido en una tendencia para contribuir en “la creación y gestión responsable de un entorno construido saludable, basado en el uso eficiente de los recursos y principios ecológicos (Kibert, 1997)”; teniendo como una de sus líneas de acción, la generación de estrategias y metodologías de evaluación y promoción del desarrollo sustentable.

Siguiendo este concepto, las metodologías existentes de evaluación ambiental a nivel edificio, en los últimos años han adquirido gran realce en su utilización y a pesar de estar en constante desarrollo, aun siguen presentando algunas limitaciones, las cuales no deben ser subestimadas (Haapio & Viitaniemi, 2008). No obstante, estas metodologías no deben ser consideradas las únicas herramientas a utilizarse, ya que es de vital importancia ampliar el punto de vista y de escala, pues son las ciudades en su conjunto las que tienden a relacionarse más con el ámbito sostenible (Kyrkou & Karthausa, 2011).

Los requisitos de sustentabilidad de las zonas de urbanización han aumentado grandemente. El rápido aumento de la expansión urbana en muchos países del mundo, se ha convertido en una preocupación importante debido a sus efectos perjudiciales sobre el medio ambiente (Jaeger, Bertiller, Schwick & Kienast, 2010). Por tal motivo, el uso de las metodologías que evalúan algunos componentes de los edificios o el edificio por separado, ya no son suficientes, ahora, se tiene que contemplar todo el entorno construido, el transporte público, los servicios, las infraestructuras, etc. (Haapio, 2012).

El camino hacia un desarrollo más sustentable, es cada vez más una cuestión urbana en que las distintas dimensiones del desarrollo económico, social, ambiental, institucional; se unen en la construcción de políticas públicas y la organización del espacio, para aumentar los niveles de bienestar (Barton, Jordan, Mabel León & Solis, 2007).

2 METODOLOGÍAS EXISTENTES DE EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD A NIVEL URBANO

2.1 Descripción

En las últimas décadas, una importancia significativa en la aplicación de aspectos de ámbito

sustentable se ha desarrollado dentro del sector de la construcción, aunado a esto, un gran número de metodologías de evaluación de la sustentabilidad a nivel de edificio, también se han desarrollado. No obstante, en los últimos años el paradigma de las herramientas de evaluación de sustentabilidad, ha ido cambiando desde la escala del edificio a la escala del entorno construido.

Las ciudades europeas y ciudades de todo el mundo están preocupadas con el desarrollo sostenible (Castanheira & Bragança, 2014), teniendo una motivación para crear herramientas de evaluación en diferentes escalas. Las metodologías de evaluación sustentable a nivel Distrito / Ciudad, pueden ser reconocidas como la última generación de herramientas de evaluación de impacto ambiental (Sharifi & Murayama, 2013).

Algunas de las principales metodologías en este ámbito se presentan en la tabla 1:

Tabla 1. Principales metodologías de evaluación de sustentabilidad a nivel urbano.

Tipo de evaluación	Nombre de la metodología	Escala
Metodologías en base a criterios	BREEAM Communities	Nivel Ciudad
	BREEAM ES Urbanismo	Nivel Ciudad
	LEED Neighborhood Development	Nivel Distrito
	SBTool ^{PT} Urban Planning	Nivel Ciudad
	CASBEE City	Nivel Ciudad
	CASBEE Urban Development	Nivel Distrito
	DGNB New Urban Districts	Nivel Distrito
	Green Star Communities	Nivel Ciudad
	BCA Green Mark for Districts	Nivel Distrito
	SILENT	Nivel Distrito
Metodologías con base en encuestas	SPeAR	Nivel Ciudad y Distrito
	Building for Life (BfL) Community	Nivel Ciudad
	The Egan Review	Nivel Ciudad

Podemos observar así, que existe una gran cantidad de esfuerzos para desarrollar y promover este tipo de metodologías.

Los manuales técnicos de estas herramientas han sido publicados recientemente, por lo cual, el número de artículos científicos que analizan estas metodologías es limitado (Haapio, 2012) y todavía existe una falta de profundidad en la evaluación crítica de las mismas (Sharifi & Murayama, 2013); sin embargo, con la información disponible, es posible encontrar limitaciones dentro de las metodologías existentes, estas son presentadas en la siguiente sección.

2.2 Limitaciones

Comparar indicadores y criterios entre las diferentes metodologías de evaluación es un reto. Diferentes herramientas, los evalúan de manera distinta; diferentes partes involucradas, tienen puntos de vista y de opinión variada sobre el mismo tema (Haapio & Viitaniemi, 2008). No obstante, existen algunas similitudes entre los puntos de debilidad y las limitaciones que las metodologías existentes presentan.

Entre las principales limitaciones, podemos observar que es posibles agruparlas en diferentes tópicos, presentados a continuación:

2.2.1 Sobre el concepto de Sustentabilidad

A pesar de que el tema de Sustentabilidad ha sido uno de los tópicos con gran relevancia a desarrollar desde sus orígenes y que existe una clara definición del termino, aún podemos observar que en cuanto a las metodologías de evaluación sustentable a nivel urbano, sólo pocas constituyen un enfoque integral que toma en cuenta los principios de sustentabilidad; en la

mayoría de los casos el enfoque es para uno de sus aspectos en particular, siendo el ámbito medioambiental el más estudiado y con mayor cantidad de indicadores disponibles hasta ahora.

Así bien, también existe el conflicto entre la utilización de la cantidad de dimensiones de Sustentabilidad, encontrando que en países Europeos reconocen solamente tres dimensiones: la ecológica, la económica y la social; pero en países de los continentes Americano y Asiático, le dan una importancia fundamental también al pilar de la Sustentabilidad conocido como institucional, ya que las instituciones tienen un papel esencial en la orientación de las interacciones humanas (Valentin & Spangenberg, 2000) y su desempeño en diversas áreas afecta a la sostenibilidad de la comunidad.

2.2.2 Sobre los indicadores

Las metodologías existentes buscan un enfoque para promover el desarrollo sustentable, no obstante, la mayoría de las veces esto no es posible debido a que la relación entre sus diversos indicadores es muy débil o en ciertas ocasiones no existe, generando así, que las metodologías se conviertan en sistemas subjetivos, lo cual aunado al uso de criterios en lugar de sistemas más cuantitativos, genera una deficiencia en los sistemas actuales.

También, en cuanto a los indicadores respecta, se puede observar que determinados indicadores representan un mayor peso en la evaluación y otros de igual importancia son descuidados, incluso a veces puede un mismo indicador ser cuantificado doble vez dentro de un mismo estudio, esto debido a que las fronteras de las metodologías muchas veces no están bien establecidas o presentan falta de criterio (Wedding & Crawford-Brown, 2007).

2.2.3 Sobre su aplicación

Los retos de la sostenibilidad son diferentes de un lugar a otro (Kyrkou & Karthausa, 2011), por lo que la ubicación del sitio juega un papel crucial en el proceso de certificación. Las condiciones urbanas difieren entre las ciudades y la calidad de vida depende de factores locales (Diamantini & Zanon, 2000).

Hasta el momento, no existe estandarización entre las formalidades de las metodologías existentes, especialmente en el aspecto de adaptabilidad, ya que es posible observar que en varios casos, las metodologías existentes sólo pueden ser utilizadas para la región o el lugar donde se desarrollaron.

Otro factor importante que representa una limitante en el aspecto de aplicabilidad, es que estos sistemas presentan una disparidad entre la implementación de sus indicadores, los objetivos de la metodología, el proceso de evaluación y la cantidad de créditos atribuidos.

2.2.4 Sobre su permeabilidad, transparencia y método de evaluación

Las metodologías de evaluación se basan en diferentes sistemas de calificación, no existiendo una unificación en cuanto a criterios y requerimientos, cada institución es libre de proporcionar criterios diferentes de acuerdo al indicador evaluado. Así bien, los únicos involucrados en el proceso de evaluación son personas dentro de las mismas instituciones (Kyrkou & Karthausa, 2011), por lo que pueden ser consideradas como no transparentes y exclusivas.

En cuanto al aspecto de ponderación, este representa uno de los aspectos más controvertidos teóricamente dentro de los sistemas de evaluación sustentable, ya que implica la importancia de diferentes criterios y a pesar de los esfuerzos realizados para aumentar la objetividad, todas las herramientas están de alguna manera relacionadas con el desafío que le otorga la subjetividad de las evaluaciones (Sharifi & Murayama, 2013).

La frecuente naturaleza subjetiva dentro del ámbito de puntuación y ponderación, ha hecho esta práctica vulnerable a la ambigüedad (Kajikawa, Inoue & Goh, 2011).

2.2.5 Sobre el propósito de la certificación

Las metodologías de evaluación sustentables, están diseñadas con el objetivo de facilitar la toma de decisiones dirigida para promover el desarrollo sustentable, por lo tanto, su competencia para responder a las implicaciones respecto al desarrollo sostenible obliga a ser el primer tema que debería ser abordado (Sharifi & Murayama, 2013), no obstante, esta no es la realidad actual.

Hoy en día el interés por los sistemas de certificación es cada vez mayor entre las autoridades y especialmente entre los inversores globales y promotores inmobiliarios (Rivera, 2009), esto porque se espera lograr certificaciones para llevar publicidad medible a los desarrolladores, por lo que se puede decir que hasta ahora, el objetivo principal de evaluar las zonas urbanas, sería el de generar marketing e incrementar el ámbito de un negocio rentable.

Para finalizar esta sección, cabe mencionar que existe una necesidad imperiosa de introducir nuevas metodologías de evaluación sustentable a nivel urbano, que cubran las limitantes presentadas en los apartados del 2.2.1 al 2.2.5, y que funjan como una solución para las carencias actuales, sin perder de vista su principal objetivo.

3 DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN INTEGRAL DE SUSTENTABILIDAD A NIVEL URBANO – UISA (URBAN INTEGRAL SUSTAINABLE ASSESSMENT)

3.1 Descripción y objetivos

La metodología UISA, es un sistema integral para la evaluación urbana sostenible que surge para resolver los aspectos negativos, fracos y controversiales de las metodologías existentes descritos en la sección anterior.

Su objetivo principal es ser una evaluación integral, equilibrada y justificada sobre los aspectos importantes para generar ciudades sostenibles; por esta razón, los indicadores seleccionados representan variables estudiadas y clasificadas dentro de las cuatro categorías claves para el desarrollo sustentable: ambiental, económica, social e institucional; así como implementa también los principios del nuevo urbanismo, descritos en la “Carta de Nuevo Urbanismo, emitida por el Congreso para el Nuevo Urbanismo en 1997” (Hernández, 2008).

La metodología UISA aplica algunos principios, los cuales son: Mejora continua, adaptabilidad, equidad e inclusión social, pensamiento global con acciones locales, enfoque holístico, implicación de las partes interesadas, responsabilidad, transparencia, participación ciudadana, innovación y tecnología.

La metodología UISA puede ser utilizada, para la evaluación y el incremento del desarrollo urbano sustentable en nuevos proyectos urbanos; así como también, en la valoración de centros urbanos existentes y rehabilitados.

3.2 Estructura

3.2.1 Categorías

La metodología UISA está conformada en base a tres secciones importantes a ser evaluadas dentro de un Distrito, las cuales son:

- Edificios;
- Movilidad;
- Planeamiento Urbano.

Cada una de estas categorías se subdivide en diferentes tópicos, los cuales son evaluados en base a diferentes indicadores dentro de las cuatro categorías de sostenibilidad, como se muestra en la Fig. 1.

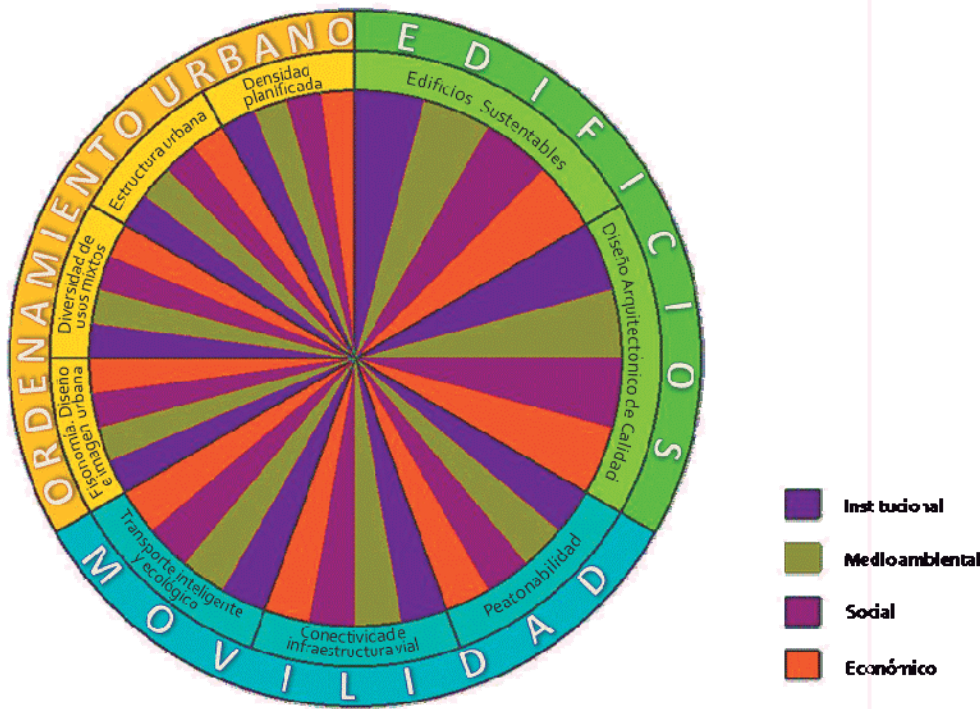


Figura 1. Categorías y subcategorías utilizadas en la metodología UISA.

3.2.2 Indicadores

La selección de los indicadores de la metodología UISA fue basada en la recopilación de indicadores preponderantes de las metodologías existentes, los cuales satisfacen los criterios básicos que conforman un distrito, y contribuyen a la comprensión de la problemática de la sostenibilidad y el diseño de estrategias y políticas en esta área.

Los indicadores de la metodología UISA se presentan en la tabla 2.

En contraste con otras metodologías urbanas de evaluación, la metodología UISA maneja un sistema de valoración de cada indicador como un proceso separado, interconectado con el resto del análisis y de los indicadores. Cada indicador tiene una relevancia con el resto de los indicadores; por lo cual, al final de la evaluación urbana es posible determinar el grado de sustentabilidad general dentro de un Distrito determinado, la calidad del desarrollo sostenible y el cumplimiento del mismo, pero no pueden darse evaluaciones parciales porque el estudio sería presentado incompleto. Cabe mencionar que ningún indicador por sí solo es una medida de sustentabilidad, ya que tiene que ser considerado en conjunto con el resto de los indicadores de la metodología, sólo el compendio de todas las variables puede mostrar una visión completa del desarrollo sostenible de una zona.

Tabla 2. Indicadores metodología UISA. Categorías de sustentabilidad (I) institucional, (MA) medio ambiental, (S) social y (E) económica.

Edificios		Movilidad		Ordenamiento Urbano	
Edificios Sustentables		Peatonabilidad		Fisonomía, diseño e imagen urbana de calidad	
I	Innovación técnica	Plan de transporte y estrategia peatonal		I	Carácter del lugar
MA	Análisis de Ciclo de Vida	Reducida dependencia del automóvil			Aprovechar los recursos existentes
	Reutilización de edificios	MA	Radio peatonal	MA	Sitio y contexto
S	Calidad de viviendas	Calidad de la infraestructura peatonal			Diseño urbano y accesibilidad
E	Fuerza laboral	Red peatonal			Paisaje

Edificios	Movilidad	Ordenamiento Urbano
Diseño arquitectónico de calidad	Accesibilidad peatonal	Radio de espacios verdes e hídricos
I Plan de consulta	Prioridad peatonal	Residuos sólidos urbanos
I Identidad de los edificios	S Calles seguras y atractivas	Red de energía no utilizada
Orientación solar	Movilidad de peatones	Reutilización
MA Diseño en base a topografía	Conectividad e Infraestructura vial	Rehabilitación del ambiente construido
MA Ventilación	Proximidad de tránsito	Iluminación
MA Mitigación de reflexión de la luz	Valoración del transporte	Mitigación de escurrimiento de aguas
Fachadas	Infraestructura para el transporte privado	Protección del patrimonio cultural
Habitabilidad	Infraestructura para el transporte público	Conservación histórica
S Calidad en los edificios	MA Infraestructura para las bicicletas	S Continuidad urbana
	Estacionamiento flexible	Diseño inclusivo
	Estacionamientos inteligentes	Conectividad social
	Instalaciones de transporte público	E Uso eficiente del suelo
	Instalaciones para bicicletas	Diversidad de usos mixtos
	Equipamientos	I Planes urbanos
	Accesibilidad al transporte privado	Recuperación del suelo
	S Accesibilidad al transporte público	MA Proximidad entre vivienda y trabajo
	Transporte inteligente y ecológico	Densidad de edificios y flexibilidad de usos
	Calidad del transporte	Nexo cultural
	MA Capacidad de transporte público	Nexo de lugares de atención de salud
	Red de bicicletas	S Nexos de espacios sociales
		Mezcla social y funcional
		E Empleabilidad
		Tasa empleo-población
		Estructura urbana
		Eficiencia de recursos
		MA Eficiencia de uso de agua
		Eficiencia energética
		Energía renovable
		Estructura urbana
		Calefacción y refrigeración urbana
		Contexto urbano-paisaje
		Infraestructura existente
		Infraestructura para reciclaje
		Instalaciones socio-culturales
		S Escuelas
		Bibliotecas
		Museos

Edificios	Movilidad	Ordenamiento Urbano
		Hospitales y clínicas
		Parques y plazas
		Parques deportivos
		Lugares para el ocio
		Instalaciones recreativas
		Centros comerciales
		Entretenimiento
		Densidad planificada
	I	Gestión medioambiental
		Conservación de recursos
	MA	Reciclar, reusar y reducir
		Estrategia energética
		Estrategia ecológica
		Protección de agua
		Suministro de servicios
		Densidad poblacional
	S	Tasa poblacional
		Esperanza de vida
		Tasa de dependencia
		Viabilidad económica
		Economía local
		Promoción de empleo
	E	Programas de incentivos
		Impacto económico
		Capacitación
		Estabilidad

4 CONCLUSIONES

La generación de esta metodología tiene repercusión en uno de los ámbitos de interés actual, pretende abrir nuevos caminos en el ámbito del desarrollo sustentable futuro, la tecnología y la generación de nuevas políticas para la creación de urbes más evolucionadas.

La metodología UISA presentada aquí, redefine la forma de apreciar un Distrito, generando una guía de acciones para ser realizadas dentro de la zona analizada; otorgando información verídica y cuantificable; fungiendo como un elemento transparente de ayuda a las personas encargadas con la toma de decisiones urbanas; evaluando las acciones de los planes de desarrollo que dirigen un Distrito en un determinado tiempo; otorgando una vertiente con visión a un mediano y largo plazo; e incorporando a los residentes dentro del sistema de planeamiento de un distrito aumentando así la conciencia de los habitantes.

En conclusión, la idea general de esta metodología de evaluación sustentable urbana es mitigar los problemas existentes dentro de nuestras sociedades – ciudades actuales, tales como: desertificación, trastornos a nivel de distrito, degradación del parque de viviendas, barrios con baja eficiencia energética, mala distribución de recursos, congestión, contaminación, delincuencia, ruido, mala calidad de las construcciones, violencia, segmentación social, empobrecimiento, fragmentación de la población, mal transporte, entre otros (Reyes Nieto, Simões da Silva, Murtinho, Rigueiro & Gonçalves, en proceso de publicación). Funcionando como una alternativa viable, sustentable y adaptable, que conduce a la mejora de la calidad de vida de los Distritos analizados.

Cabe mencionar también, que hoy en día la generación de ideas y conceptos para evaluar, rehabilitar y mejorar los distritos urbanos, se ha convertido en una prioridad en el campo de la

planificación urbana, arquitectura, ingeniería y construcción, y este proyecto tiene el potencial de contribuir a este objetivo.

Por último, este artículo presenta el punto de partida de una metodología que se encuentra en una etapa temprana de desarrollo, que necesita más desenvolvimiento y profundidad sobre los indicadores a utilizarse y su proceso de calificación; esto con la finalidad de poder ser empleada en la evaluación de diferentes casos de estudio en un futuro cercano.

REFERENCIAS

ARUP. 2012. SPeAR® Handbook. External version.

Barton, J., Jordan, R., Mabel León, S. & Solis, O. 2007. ¿Cuán sustentable es la Región Metropolitana de Santiago? *Metodologías de evaluación de la sustentabilidad*. CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Documento No. 170. Pp: 178.

BREEAM Communities. 2012. *Technical Manual: SD202*. BRE Global Limited.

BREEAM ES Urbanismo. 2012. *Manual BREEAM ES Urbanismo*. V.β. Instituto tecnológico de Galicia. España.

CABE. 2011. *Building for Life Assessment*. Home Builders Federation, Leicestershire.

CASBEE for Cities. 2012. *Technical manual (2012 Edition)*. Japan Sustainable Building Consortium (JSBC).

CASBEE for Urban Development. 2007. *Technical manual. Tool-21 (2007 Edition)*. Institute for Building Environment and Energy Conservation (IBEC).

Castanheira, G., & Bragança, L. 2014. The Evolution of the Sustainability Assessment Tool: From Buildings to the Built Environment. *The Scientific World Journal*.

DGNB System. 2014. Retrieved from New urban districts: http://www.dgnb-system.de/en/schemes/scheme-overview/neubau_stadtquartiere.php

Diamantini, C., & Zanon, B. 2000. Planning the urban sustainable development — the case of the plan for the province of Trento, Italy. *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. 20 (3). Pp: 299-310.

Green Star Communities. 2014. *Guide for Local Government*. Green Building Council of Australia.

Haapio, A., & Viitaniemi, P. 2008. A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. 28 (7). Pp: 469-482.

Haapio, A. 2012. Towards sustainable urban communities. *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. 32. Pp: 165-169.

Hernández, S. 2008. Introducción al urbanismo sustentable o nuevo urbanismo. *Espacios Públicos*. Pp: 298-307.

Jaeger, J., Bertiller, R., Schwick, C., & Kienast, F. 2010. Suitability criteria for measures of urban sprawl. *Ecological Indicators*. Vol. 10. Pp: 397–406.

Kajikawa, Y., Inoue, T. & Goh, T.N. 2011. Analysis of building environment assessment framework and their implications for sustainability indicators. *Sustain Sci*. Vol. 6 (2). Pp: 233–246.

Kibert, C. 1997. Environmental cost and Sustainable construction. in P. Brandon et al. *Evaluation of the Built Environment for Sustainability*.

Kyrkou, D., & Karthausa, R. 2011. Urban sustainability standards: predetermined checklists or adaptable frameworks? 2011 *International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities*. Vol. 21. Pp: 204-211.

LEED for Neighborhood Development. 2009. *Technical Manual*. The U.S. Green Building Council, Inc.

Reyes Nieto, J., Simões da Silva, L., Murtinho, V., Rigueiro, C., & Gonçalves, A. 2014. Conceptual model for the Sustainable Rehabilitation and Management of European medium size inner cities. Under publication.

Rivera, A. 2009. International Applications of Building Certification Methods: A Comparison of BREEAM and LEED. *PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture*. June 22-24.

Sharifi, A., & Murayama, A. 2013. A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. 38. Pp: 73–87.

Singapore Government. 2012. Building and Construction Authority. Retrieved July 28, 2014, from BCA: http://www.bca.gov.sg/newsroom/others/pr28112012_GMDA.pdf

Sev, A. 2011. A comparative analysis of building environmental assessment tools and suggestions for regional adaptations. *Civil Engineering and Environmental Systems*. Pp: 231–245.

The Egan Review. 2004. *Skills for Sustainable Communities*. Great Britain: RIBA Enterprises Ltd .

The Egan Review. 2007. The National Archives. Retrieved July 2014, from Communities and Local Government: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk>

Valentin, A., & Spangenberg, J. 2000. A guide to community sustainability indicators. *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. 20 (3). Pp: 381–392.

Wedding, G., & Crawford-Brown, D. 2007. Measuring site-level success in brownfield redevelopments: a focus on sustainability and green building. *Journal of Environmental Management*, 85, 483–95.

Yigitcanlar, T., & Dur, F. 2010. Developing a Sustainability Assessment Model: The Sustainable Infrastructure, Land-Use, Environment and Transport Model. *Sustainability*, 2, 321-340.

Caracterização do ruído de tráfego automotor em espaços públicos na cidade de Vitória/ES

Greicikelly Gaburro Paneto

Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Centro Tecnológico, Vitória/ES, Brasil

arquitetando-x@bol.com.br

Paulo Henrique Trombetta Zannin

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Mecânica – Centro Politécnico, Curitiba/PR, Brasil

zannin@ufpr.br

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos – Centro de Artes, Vitória/ES, Brasil

cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: Currently the cities population has been exposed to high and frequent noise levels, that may cause discomfort and health problems. Considering that much of the noise comes from the emission of motor vehicles, the objective of this research was to evaluate the level of exposure of the population in public areas, considering the influence of edificatoria typology. The methodology builds upon the review of the state of the art and computer simulations, taking as a case study a portion of an urban area in the city of Vitória / ES. It appears that the sound propagation obeys the law of propagation in free field, but is also influenced by reflection in mass volumes built around the open spaces in the city, and that the noise levels are above the recommended at Brazilian standard. These results can guide necessary changes to the Plans municipal officers, in order to generate mechanisms of noise control, especially in areas with high urban density.

Keywords: urban noise, simulation, public areas.

RESUMO: A população das cidades atualmente tem sido exposta a altos e frequentes níveis de ruído, que podem acarretar em desconforto e problemas de saúde. Considerando que grande parte desse ruído provém da emissão de veículos automotores, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o nível de exposição da população em áreas públicas, considerando a influência da tipologia edificatória. A metodologia utilizada foi estruturada a partir da revisão do estado da arte e simulações computacionais, tomando como estudo de caso uma parcela da área urbana na cidade de Vitória/ES. Constata-se que a propagação do som obedece à lei da propagação em campo livre, mas que também é influenciada pela reflexão nos volumes da massa edificada do entorno dos espaços abertos na cidade, e que os níveis de ruído encontram-se acima do recomendado pela norma brasileira. Tais resultados podem nortear alterações necessárias nos Planos Diretores municipais, a fim de gerar mecanismos de controle do ruído, especialmente em áreas com alta densidade urbana.

Palavras-chave: ruído urbano, simulação, áreas públicas.

1 INTRODUÇÃO

A poluição sonora, embora seja uma forma de poluição que não gere resíduos, é um dos aspectos relacionados ao impacto ambiental que mais vem se destacando atualmente nos estudos urbanos. Muito além do incômodo gerado, é fato que a exposição ao ruído causa prejuízos à saúde humana, por vezes, irreversíveis. Os problemas podem se manifestar nas pessoas de diferentes formas, seja na função cardiovascular, respiratória, tensão muscular,

impactos psicológicos, entre outros (BISTAFA, 2010). Além disso, podem causar a perda de audição, parcial ou total, através de danos causados nas células pela exposição prolongada. Diferentemente dos outros tipos de poluição, este muitas vezes é subestimado por ser menos diretamente perceptível.

Por sua vez, o veículo automotor está presente na maioria das cidades densamente ocupadas, e na maioria das situações, de forma contínua gerando, conseqüentemente, ruídos ininterruptos.

Um estudo realizado por Paz, Ferreira e Zannin (2005) indica que o ruído de tráfego de veículos é o tipo que causa maior incômodo à população, seja para os moradores de uma região, seja para os transeuntes.

Observa-se que a cidade de Vitória – ES (Brasil), assim como a maioria das cidades brasileiras, tem apresentado indicativos de continuidade no crescimento do número de veículos automotores em suas vias e, por conseguinte, de ampliação dos problemas de tráfego, justificando o recorte do estudo para essa questão específica.

Os estudos relacionados ao tema estão intrinsecamente vinculados ao conceito de propagação do som. Inicialmente, entende-se que para haver a propagação do som devem existir uma fonte, um meio de transmissão e um receptor. As fontes sonoras, conforme Carvalho e Rocha (2008) podem ser classificadas como pontuais ou lineares. A energia propagada pela fonte pontual é a mesma para todos os pontos à mesma distância. Já na fonte sonora denominada linear a energia propagada é a mesma para todos os pontos de mesma distância do eixo que contém a fonte. O tráfego rodoviário é um exemplo do tipo de emissão linear ou por eixo.

Tomando o ar como o meio de transmissão, influenciam na propagação sonora aspectos tais como o clima, a topografia natural, as barreiras construídas e até mesmo a vegetação, os quais em conjunto com os aspectos físicos do som têm a capacidade de reduzir ou ampliar o ruído emitido por uma fonte.

Embora as normas brasileiras tratem das questões do ruído em diversas situações, não há uma quantificação específica de nível de ruído confortável ou aceitável para áreas públicas de convívio. Contudo, a norma NBR 10151/2000 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000), que designa os procedimentos de avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, estabelece Níveis de Critérios de Avaliação para ambientes externos, ou NCA, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Nível de Critério de Avaliação - NCA para ambientes externos, em dB(A). Fonte: ABNT, 2000.

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Considerando que o objetivo principal da pesquisa é a identificação da influência das áreas livres na propagação do som bem como o conforto dos usuários das áreas públicas abertas, adotou-se como parâmetro de análise o proposto pela ABNT (2000) correspondente à área mista, com vocação recreacional.

2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Vitória, capital do Estado do Espírito Santo/Brasil (Figura 1), conta com uma população aproximada de 327.800 habitantes, possui uma extensa faixa litorânea e é caracterizada basicamente como uma ilha que também possui uma parte continental.



Figura 1 - Localização da área de estudo. Fonte: adaptados de IJSN (1990-2014)

A população estimada de Vitória é de 352.104 habitantes, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014?).

Conforme dados da Tabela 2, o crescimento da frota de veículos na cidade, considerando os dados da última década (2004 a 2014), foi de aproximadamente 77% (Pianegonda e Denatran, 2014). Embora os valores estejam inferiores ao percentual de aumento nacional – aproximadamente 119% conforme a Confederação Nacional do Transporte (Pianegonda, 2014) –, ainda assim a situação é preocupante, especialmente considerando as características da cidade, cujos acidentes geográficos e o traçado viário não permitem a ampliação das caixas das vias ou a expansão urbana horizontal, sendo notória também a tendência de ampliação do problema relacionado à produção de ruídos pelo tráfego.

Tabela 2 - Evolução da Frota de Veículos no Espírito Santo e Vitória - 2004 a 2014. Fonte: adaptado de Prefeitura Municipal de Vitória (2014) e complementado por Departamento Nacional de Trânsito (2014).

Ano	Vitória	
	Frota	(%) Crescimento
2004	107.362	5,2
2005	113.837	6,0
2006	121.347	6,6
2007	131.712	8,5
2008	142.819	8,4
2009	153.360	7,4
2010	162.194	5,8
2011	170.533	5,1
2012	178.463	4,7
2013	185.427	3,9
2014*	190.240*	2,6*

* dados de 2014 obtidos do Departamento Nacional de Trânsito (<http://www.denatran.gov.br/frota.htm> em 29/12/2014)

A presente pesquisa teve por objetivo caracterizar o ruído de tráfego nos espaços livres de uso público na cidade de Vitória, visando especialmente identificar a influência do entorno construído considerando que os resultados podem interferir na definição das políticas públicas de ordenamento urbano.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Um dos dispositivos de controle estabelecido pela Lei nº 10.257/2001, conhecida como Estatuto da Cidade (Brasil, 2001), determina que as regras de parcelamento e utilização do solo devem ser estabelecidos pela municipalidade através de seus Plano Diretores. Sob a forma de zoneamento da área urbana, são atribuídas diretrizes específicas de uso e ocupação do solo para cada região, de acordo com suas particularidades. Assim, para o recorte da parcela urbana a ser analisada, foram consideradas as diretrizes e regulamentações propostas pelo Plano Diretor Urbano de Vitória (Prefeitura Municipal de Vitória, 2006) para escolha das áreas de simulação.

Por se tratar de análise da incidência do ruído em áreas públicas, sob o ponto de vista do pedestre, além de considerar o ruído emitido pelo tráfego rodoviário, o recorte foi estabelecido considerando os seguintes critérios:

- Pertencer à porção continental da Ilha de Vitória;
- Estar próximo ou em área definida como Zonas de Ocupação Controlada, sendo esta composta por áreas com uso misto, residencial e não residencial, e com infraestrutura completa de saneamento básico, redes de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto;
- Ser um local de uso público com espaços livres, preferencialmente destinados a praças, parques e áreas verdes, conforme art.189 §4º da Lei 6705/2006 (Prefeitura Municipal de Vitória, 2006);
- Possuir área superior a 200m²; e
- Estar distante aproximadamente 250metros de vias coletoras ou arteriais de fluxo automobilístico.

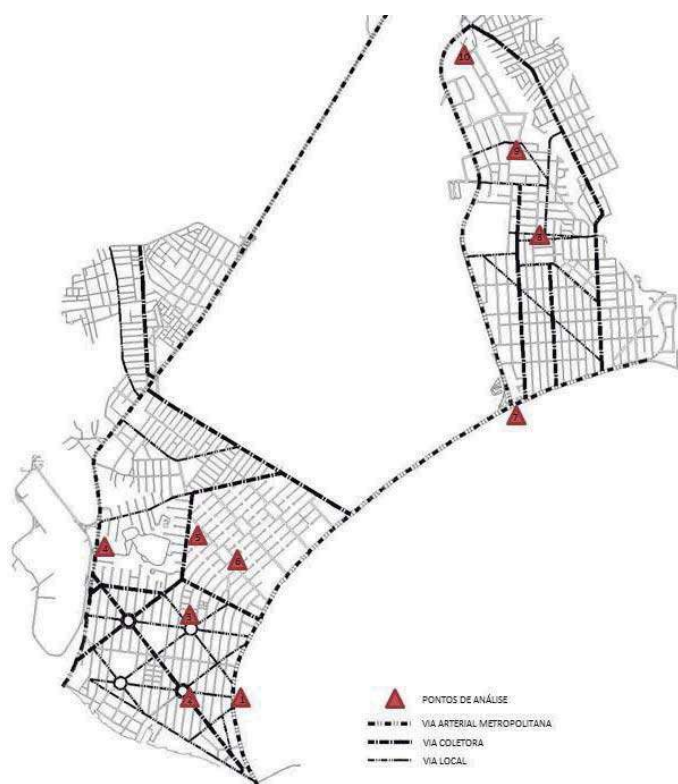


Figura 2 – Mapa de uma parcela urbana da cidade de Vitória com a localização dos pontos selecionados para as medições. Fonte: adaptado de Prefeitura Municipal de Vitória (2006).

As áreas que atendem aos requisitos citados encontram-se ilustradas na Figura 2 e caracterizados conforme Tabela 3.

Considerando-se que a pesquisa objetiva avaliar a condição de conforto para o usuário, foram selecionadas como áreas preferenciais aquelas amplamente utilizadas para recreação e atividades esportivas, ou seja, que requerem espaços agradáveis e saudáveis

Tabela 3 – Caracterização dos pontos selecionados para medições.

Pto	Identificação	Bairro	Caracterização
1	Orla de Camburi	Jardim da Penha	Área pública que acompanha a orla marítima, possui entorno construído de uso misto contendo edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 7 pavimentos
2	Praça Philogomiro Lannes	Jardim da Penha	Praça pública com entorno construído, predominando edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 7 pavimentos
3	Praça Regina Frigeri Furno	Jardim da Penha	Praça pública com entorno construído, predominando edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 4 pavimentos
4	Avenida Fernando Ferrari	Mata da Praia	Via que margeia o Parque da Pedra da Cebola, possui entorno construído de uso misto contendo edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 10 pavimentos
5	Avenida Des. Dermerval Lírio	Mata da Praia	Via que margeia o Parque da Pedra da Cebola, possui entorno construído de uso misto contendo edifícios residenciais multifamiliares, residências unifamiliares e comércio local de até 3 pavimentos
6	Praça Jacob Suaid	Mata da Praia	Praça pública com entorno construído, predominando residências unifamiliares de até 2 pavimentos
7	Orla de Camburi	Jardim Camburi	Área pública que acompanha a orla marítima, possui entorno construído de uso misto contendo edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 12 pavimentos
8	Rua Alcino Pereira Neto	Jardim Camburi	Praça pública com entorno construído, predominando edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 4 pavimentos
9	Av. Issac Lopes Rubim	Jardim Camburi	Praça pública com entorno construído, predominando edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 7 pavimentos
10	Parque Municipal da Fazendinha	Jardim Camburi	Parque vizinho a rodovia, cujo entorno construído ainda é rarefeito, porém predominantemente contendo edifícios residenciais multifamiliares de até 10 pavimentos

3.1 SIMULAÇÕES

Para que pudessem ser avaliados os efeitos do entorno construído em relação ao ruído emitido pelo tráfego de automóveis, foram realizadas simulações nos pontos indicados e posteriormente foram realizadas suas validações.

O *software* selecionado as simulações foi o Predictor versão 8.11, ou Predictor-LimA Software Suite Type 7810 do fabricante Brüel&Kjær, disponibilizado pelo Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico – LAAICA da UFPR, utilizado sob orientação do Prof. Dr. Paulo Henrique Trombetta Zanin durante 20 (vinte) dias.

Para a realização das simulações foram necessários, além da base cartográfica da cidade disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Vitória, as definições de parâmetros de uso do *software*. A base normativa adotada foi a ISO 9313 ½ Road (fonte), que convencionou a altura de 4 (quatro) metros para o receptor do ruído.

Os atributos de fluxo rodoviário foram obtidos com base em contagem de veículos nos 10 (dez) pontos da área de análise, elencados na Figura 2 . A contagem foi realizada no horário entre

17h30 e 19h00, caracterizando o período diurno conforme determina a NBR 10151/2000 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000), e realizado durante 15 minutos ininterruptamente, sendo o valor da contagem extrapolado para uma hora para inserção no *software*. Além disso, visando obter a melhor definição possível, foi adotado um *grid* de 10 metros.

Em seguida os níveis simulados foram validados através de medições *in loco*, por meio de sonômetro Extech 407780 devidamente calibrado e cuja precisão é da ordem de 1,5dB. O procedimento foi realizado de acordo com os procedimentos recomendados pela NBR 10151/2000 (Associação..., 2000) em todos os pontos de análise, considerando o mesmo horário e condições meteorológicas das simulações.

4 RESULTADOS

O dado de saída do *software* Predictor configura um mapeamento sonoro de uma área limitada, que contém as faixas de incidência do ruído de acordo com o *grid* adotado e escalonado através de cores. Tais resultados são ilustrados nas Figura 3 a 6, que representam as melhores e piores situações de exposição, e também nas Figuras 7 e 8 que apresentam uma situação característica do local, de uma área de recreação implementada em uma rotatória.

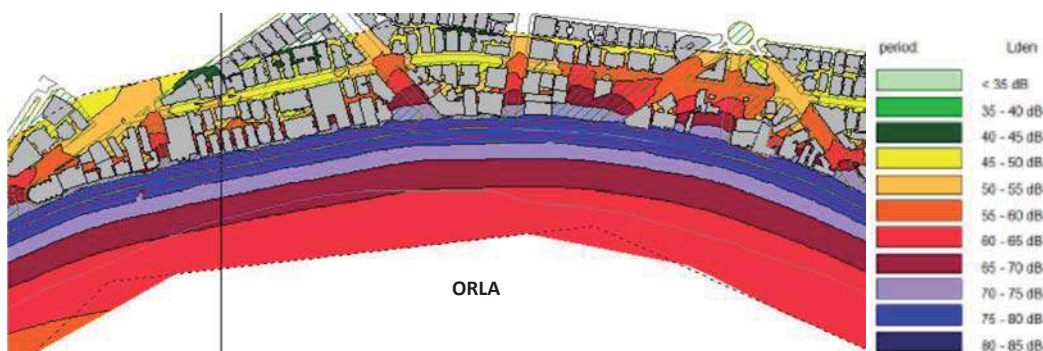


Figura 3 – Ilustração do resultado gráfico da área de estudo 01 gerado pelo software Predictor a partir da inserção dos dados de entrada.



Figura 4 – Ilustração da ambiência local da área de estudo 01.

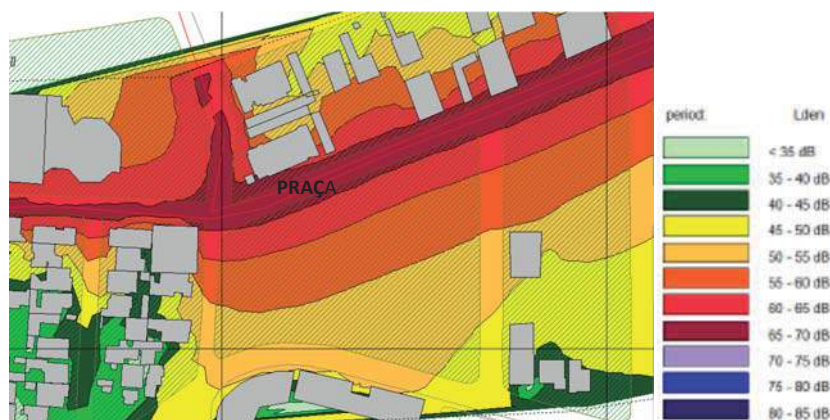


Figura 5 – Ilustração do resultado gráfico da área de estudo 09 gerado pelo software Predictor a partir da inserção dos dados de entrada.



Figura 6 – Ilustração da ambiência local da área de estudo 09.

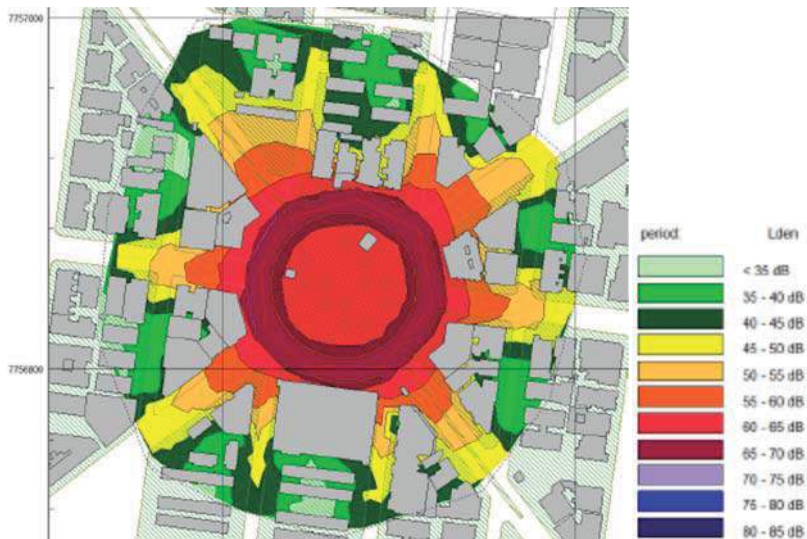


Figura 7 – Ilustração do resultado gráfico da área de estudo 02 gerado pelo software Predictor a partir da inserção dos dados de entrada.



Figura 8 – Ilustração da ambiência local da área de estudo 02.

Visando obter uma caracterização detalhada quanto à produção do nível de ruído a que o transeunte está sujeito nas áreas públicas em estudo, os resultados foram agrupados conforme Tabela .

Tabela 4 - Faixa de níveis máximos de exposição do pedestre simulados por ponto em relação à área pública.

Pto	Nível Via (dB)	Nível Usuário (dB)	Identificação Do Ponto	Bairro	Largura Via (m)
1	75-80	70-75	Orla de Camburi	Jardim da	25
2	65-70	60-65	Praça Philogomiro	Jardim da	10
3	65-70	60-65	Praça Regina Frigeri	Jardim da	10
4	75-80	70-75	Avenida Fernando	Mata da	25
5	70-75	65-70	Avenida Des.	Mata da	13
6	65-70	60-65	Praça Jacob Suaid	Mata da	10
7	75-80	70-75	Orla de Camburi	Jardim	25
8	70-75	65-70	Rua Alcino Pereira	Jardim	10
9	65-70	60-65	Av. Issac Lopes Rubim	Jardim	10
10	65-70	60-65	Parque Municipal da	Jardim	20

5 CONCLUSÕES

Baseado nos valores de NCA da NBR 10151/2000 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000) para área recreacional como parâmetro de análise, observa-se que metade dos pontos poderiam ser considerados como aceitáveis para o conforto acústico, porém o número de locais

inadequados leva a concluir que uma boa parte das áreas utilizadas para recreação em Vitória possui níveis de ruído de trânsito elevado. Considerando ainda a tendência de aumento da frota urbana, esse resultado é ainda mais preocupante.

Observa-se que os dados de saída do *software* Predictor são bastante didáticos, permitindo ao leitor, mesmo com pouca familiaridade em relação ao assunto, possa identificar os pontos críticos e o comportamento sonoro da parcela urbana selecionada. Assim, espera-se que os estudos possam ser considerados nos procedimentos de revisão do Plano Diretor de Vitória visando a adoção de medidas que não ampliem o problema do desconforto acústico na cidade e que, preferencialmente, induzam à medidas de redução dos níveis de pressão sonora nos locais já identificados como poluentes.

6 AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, e da rede URBENERE apoiado pelo CYTED Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 10.151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro. 2000

Bistafa, Sylvio. R. Acústica aplicada ao controle de ruídos. 2ed. Thesaurus, DF, 2010.

Brasil. Presidência Da República. Estatuto da cidade Lei nº10.257/2001. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>. Acesso em 21 out. 2014.

Carvalho, A. P. Oliveira de; Rocha, Cecília. Manual técnico para elaboração de Planos municipais de redução de ruído. Agência Portuguesa do Ambiente, 2008, 255p. Disponível em <http://www.apambiente.pt/_zdata/dar/ruído/notastecnicas_estudosreferencia/pmrr.pdf>. Acesso em 13 mar. 2013.

Departamento Nacional De Trânsito – DENATRAN. Estatística – Frota de veículos- Anuário Frota 2014. Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/frota2014.htm>>. Acesso em 29 dez. 2014.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. CIDADES@. (2014?) Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=320530>>. Acesso em 29 dez. 2014.

Instituto Jones Dos Santos Neves - IJSN . Base de dados. ES em mapas. (1990-2014). Disponível em <http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=109>. Acesso em 21 out. 2014.

Paz, Elaine C. da; Ferreira, Andressa M. C; Zannin, Paulo H. T. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano. In: Revista Saúde Pública. 2005. Disponível em <<http://www.rsp.fsp.usp.br/mensagem/pub/busca.tpl.php>>. Acesso em 21 out. 2014.

Prefeitura Municipal De Vitória – PMV. Plano Diretor Urbano (PDU), Lei municipal 6.705/2006, 2006. Disponível em <<http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/consulta.cfm?id=167650>>. Acesso em 10 abr. 2014.

Prefeitura Municipal De Vitória – PMV. Vitória em dados. Transporte e infraestrutura urbana - Dados - Frota de Veículos 2014. Disponível em <http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/dados_area/transporte/dados/novos/frota/tab1.1.2.asp>. Acesso em 10 abr. 2014.

Pianegonda, Natália. Frota de veículos no Brasil deve crescer 140% em 20 anos. In: Agência CNT de Notícias. 10/11/2014 - Economia e negócios. Disponível em <http://www.cnt.org.br/Paginas/Agencia_Noticia.aspx?noticia=mercado-setor-automotivo-anfavea-projecao-20-anos-2034-10112014>. Acesso em 29 dez. 2014.

The resilience as new paradigma of sustainability

Irina Tumini

University of Bío Bío, Department of Planning and Urban Design, Concepción, Bío Bío, Chile
irina@ubiobio.cl

Sergio Baeriswyl Rada

University of Bío Bío, Department of Planning and Urban Design, Concepción, Bío Bío, Chile
sbaeriswyl@ubiobio.cl

ABSTRACT: Since the 1980s, sustainability has been the watchword of scientists, environmental activists, and indeed all those concerned about the complex, fragile systems on the sphere we inhabit. Sustainability is a seemingly laudable goal, but it's insufficient for uncertain times. In recent years, we have become increasingly aware that climate change, natural or industrial disasters poses in huge risks our cities. We need a new paradigm (Cascio 2009). The resilience suggest an innovative conceptual framework based on the “the capacity of a system to undergo disturbance and maintain its functions and controls”. (Jabareen 2013).

Chile has been seen as a good practice example for facing disasters, emergency and reconstruction, but there is still space for improving process and coordinating approaches (UNISDR 2011). This paper presents the experience of Talcahuano and Dichiato reconstructions, realized after the earthquake and tsunami occurred on 27 February 2010 which devastated several coastal towns in south-central Chile. The Master Plan is seen as the opportunity to improve urban environmental quality, citizen wellbeing, taking emphasis on integrating sustainability and risk protection.

Keywords: Resilience, Urban Sustainability, Risk Protection

RESUMEN: Desde el 1980, la sostenibilidad se ha sido afirmando como el hilo conductor de científicos, ambientalistas y todos aquellos preocupados por el complejo y frágil sistema constituido por la biosfera que habitamos. Aunque la sostenibilidad sigue siendo un objetivo encomiable, en algunos casos puede ser insuficiente. En los últimos años se ha ido tomando conciencia en que el cambio climático, las catástrofes naturales o los desastre provocados por el hombre ponen en gran riesgo nuestras ciudades (Cascio, 2009).

Este innovador paradigma puede encontrarse en la resiliencia que basa su marco conceptual en “la capacidad de los sistemas de someterse a perturbación y mantener sus funcionalidades y control”(Jabareen 2013).

En este documento se presenta la experiencia de reconstrucción de las Comunas de Talcahuano y de Dichato, realizada a raíz de las devastaciones provocadas por el terremoto y el tsunami que ha afectado la costa centro-meridional de Chile el 27 febrero de 2010. En la redacción del Master Plan se ha asumido el proceso como una oportunidad para mejorar el ambiente urbano, la calidad de vida de los ciudadanos, poniendo énfasis en la integración de los conceptos de sostenibilidad con la protección de los riesgos.

Palabras claves: Resiliencia, Sostenibilidad Urbana, Protección de riesgos

1 INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el concepto de sostenibilidad se ha ido confirmando como hilo conductor para la definición de estrategias de desarrollo en los diferentes campos desde el diseño al estilo de vida. Dentro de los sectores en el que se aplica la sostenibilidad, el espacio urbano asume un especial interés tanto por su alto interés a nivel socio-económico (las ciudades son las que

mayormente contribuyen al PIL y se prevé que en el 2030 albergarán el 60% de la población mundial (UNESCO, 2014) como por el elevado impacto ambiental que generan en el medio. Debido a su dependencia con el exterior, las ciudades ejercen un fuerte impacto sobre el medio que las soportan, siendo unos grandes consumidores de recursos y una de las principales causas de empobrecimiento de los sistemas naturales.

El concepto de sostenibilidad está enfocado a la satisfacción de las necesidades del presente sin perjudicar la posibilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus exigencias. Este encomiable objetivo, sobre el cual se basa la misma supervivencia de la civilización, en algunos casos puede resultar insuficiente. La sostenibilidad en su formulación, presupone una cierta estabilidad en la definición del medio y de las necesidades, por lo que a través de un uso eficiente de los recursos y el empleo de la tecnología, se busca una circularidad de los procesos y dar una cierta estabilidad a los sistemas. Sin embargo estos sistemas no están preparados para enfrentarse a un cambio repentino de las condiciones de contexto como pueden ser los eventos catastróficos, donde recursos disponibles y necesidades del presente se pueden ver sustancialmente modificadas.

Entre el 2001 y el 2010 los desastres han afectado alrededor de 232 millones de personas, sido responsables de 106 millones de muertos y causado daños por un valor de 108 billones de dólares, a los que hay que añadir el impacto que ejercen sobre la salud, el bienestar y la supervivencia que se produce a la pequeña escala y que es de difícil estimación (Turnbull, Sterrett, & Hilleboe, 2013).

Si bien los sistemas más sostenibles pueden prevenir ciertos desastres, pueden mantenerse en un estado de riesgo hasta el próximo evento catastrófico. Por eso que los sistemas, y en particular los espacios urbanos, deberían ser más que sostenibles, siendo capaces de aceptar los cambios, de adaptarse a ellos, modificarse y a la vez seguir manteniendo sus funcionalidades. De allí que se desarrolla el concepto de resiliencia (Cascio, 2009).

A partir del concepto de resiliencia como valor añadido a la sostenibilidad y a la experiencia práctica de la reconstrucción de dos localidades de la costa centro-meridional de Chile, se quieren desarrollar las bases metodológicas para crear procesos de diseño de entornos de calidad. El documento se organiza como una revisión del estado del arte sobre los conceptos de sostenibilidad y de resiliencia para la definición de una metodología donde los dos conceptos colaboran y se complementan. Seguidamente se presentan la experiencia práctica de la reconstrucción de las áreas de Talcahuano y Dichato, destruidas por el terremoto y el tsunami del 27 de noviembre del 2010 donde el Plan Maestro se plantea como la oportunidad, no sólo para mejorar la seguridad de las localidades, sino también para mejorar la calidad ambiental y de vida de los habitantes.

2 RESILIENCIA Y SOSTENIBILIDAD

En los últimos años hemos visto como el concepto de resiliencia ha ido imponiéndose en los foros científicos sobre las políticas de gobierno del territorio. Más allá de ser el nuevo concepto de moda, la resiliencia se propone como una evolución de la sostenibilidad aplicada al planeamiento. Esta transición lleva produciéndose varios años, desde que el cambio climático puso la atención sobre la necesidad de producir medidas que reflejaran los cambios a los que la sociedad debe enfrentarse. En el 2003 el "ICLEI – Local Governments for Sustainability" empezó a hablar adaptabilidad en sus planes estratégicos y en el 2010 introdujo oficialmente el término de "resiliencia" en el lanzamiento de una nueva Conferencia "Global Forum on Urban Resilience and Adaptation" que se consolidó cuatro años después en "Resilient Cities 2013"(Stumpp, 2013).

En los años 1990 se impone la protección del medioambiente como requisito fundamental para el planeamiento, sin embargo empiezan a tomar fuerza los discursos que hablan de desarrollo y

de crecimiento junto con la necesidad de añadir los aspectos sociales y económicos en esta visión. Se desarrolla el concepto de sostenibilidad como visión global de la planificación de las perspectivas futuras. Sin embargo los procesos de diseño sostenibles se muestran incapaces de soportar los cambios que se producen constantemente debido a los eventos catastróficos y el calentamiento global. Es necesario entonces considerar la flexibilidad y la capacidad de adaptación al cambio como elementos claves para el planeamiento de las ciudades del futuro.

2.1 El concepto de resiliencia

La resiliencia en el entorno urbano, nace del estudio de las formas en que los sistemas ecológicos hacen frente a las perturbaciones y cambios producidos por los factores externos. De acuerdo al concepto de sistemas podemos definir la resiliencia como “la capacidad de los sistemas: ciudades, comunidades o sociedades expuestas a amenazas de resistir, absorber, adaptarse o recuperarse de los efectos de las amenazas eficientemente y en un tiempo razonable, incluido el mantenimiento y recupero de sus estructuras básicas o funciones” (Jabareen, 2013; Walker, Holling, Carpenter, & Kinzig, 2004).

Haciendo una pequeña revisión del concepto de Resiliencia encontramos que United Nation Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) en su campaña para hacer las ciudades más resilientes (2010), “promueve la toma de conciencia y el compromiso en hacer ciudades más sostenibles que desarrollen prácticas para reducir el riesgo de desastre y así mejorar la calidad de vida y seguridad de su ciudadanos”. Vale y Campanella en su libro *The Resilient City* (2005) hacen hincapié en el valor simbólico del desastre y de la reconstrucción, afirmando que entender la resiliencia urbana presupone una comprensión de como la narrativa humana ha sido construida y la manera de volver a dar forma al espacio urbano.

Existen 4 aspectos cruciales relacionados con la resiliencia:

- La longitud que expresa la distancia máxima que el sistema se puede alejar para volver a la condición inicial.
- La resistencia que indica la dificultad o resistencia que tiene el sistema hacia el cambio.
- La precariedad que valora la condición del sistema en cuanto a posicionarse en el límite del colapso.
- La penarquía que expresa la exposición del sistema a los fenómenos externos que se producen a otras escalas, como por ejemplo cambios geopolíticos o los efectos del mercado global (Walker et al., 2004).

2.2 Diferentes enfoques metodológicos

Entre los numerosos enfoques metodológicos sobre la resiliencia urbana que se encuentran en la literatura podemos distinguir tres principales familias:

- resiliencia y sostenibilidad: el concepto de resiliencia se enfoca a la mejora de la sostenibilidad y en desarrollo del sistema socio-ecológico.
- resiliencia y adaptabilidad: el diseño está orientado a la adaptación del sistema a los cambios que se producen por efecto de los desastre naturales, los riesgos antrópicos o el cambio climático.
- resiliencia y reducción del riesgo territorial: la resiliencia se basa la prevención del riesgo y en la capacidad del sistema de reorganizarse y mantener sus funciones después de un evento catastrófico (Colucci, 2012).

Para los casos de estudio presentado la resiliencia tiene el doble enfoque de reducción del riesgo territorial y de mejora de la sostenibilidad urbana.

En la definición institucionalizada de la sostenibilidad están implícitos los conceptos de desarrollo y de necesidades que llevan a una formulación compleja de los diferentes elementos

que se deben tomar en consideración. La mayoría de formulaciones se orientan hacia el ahorro y el uso eficiente de los recursos para satisfacer las necesidades actuales y futura, pero al añadir la resiliencia como factor determinante, el concepto de eficiencia no es suficiente (Cascio, 2009; Colucci, 2012).

Cuando nos referimos a la sostenibilidad hablamos normalmente de un proceso de desarrollo circular, con una visión a largo plazo y el mantenimiento de las prestaciones. En la resiliencia toman fuerza otras ideas como el funcionamiento en redes, auto-renovación y supervivencia (Stumpp, 2013).

Sin embargo el enfoque circular del *Program Cycle Management* (PCM) usado en los procesos de planeamiento y toma de decisiones, sigue siendo efectivo también en el proceso de planeamiento de la resiliencia urbana. El PCM, a partir del enfoque del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), enfatiza el proceso de diseño circular así como la interdependencia entre las actuaciones a través de las diferentes fases. Existen diferentes metodologías de PCM, pero todas se pueden sintetizar en tres fases principales: Análisis, Diseño e Implementación con una recurrencia cíclica.

Es de subrayar que para reducir la exposición a los riesgos, la vulnerabilidad y mejorar la capacidad de responder a las amenazas, es necesario poner en marcha procesos dinámicos que aúnan esfuerzos a nivel económicos, sociales, culturales, ambientales, políticos e institucionales. El proceso se organiza alrededor de los siguientes hitos:

- Definición del programa o de las líneas guías específicas, así como de la información fundamental del entorno.
- Definición y monitorización de los indicadores de cambio.
- Evaluación y revisión de los progresos y los logros en comparación con los alcances de proyecto, al fin de realizar una revisión e implementación constante del proyecto.
- Retener y transferir el conocimiento generado en el proceso para que sea soporte para el aprendizaje.

En este esquema la fase de análisis es crucial tanto para obtener la información de partida y entender el riesgo existente, como para asegurar su constante actualización siendo así expresión de las necesidades de los ciudadanos. El análisis tiene un doble objetivo de diagnóstico y monitorización de los resultados, estructurándose en cuatro categorías interrelacionadas:

- Matriz de Vulnerabilidad: el primer paso es la identificación de las vulnerabilidades que ponen la ciudad en una condición de exposición al riesgo. Los indicadores de vulnerabilidad deben contemplar los aspectos relativos a la tipología, la demografía, la intensidad, el objetivo y la distribución espacial de los riesgos ambientales, los desastres y las incertidumbres sobre los acontecimientos futuros.
- Gobernanza: una ciudad resiliente es una ciudad inclusiva, transparente, abierta al diálogo y colaborativa donde los ciudadanos toman parte en los procesos de planeamiento y de toma de decisiones. El análisis de este aspecto debe centrarse en estudiar la cultura local, los procesos, la participación y el rol de la ciudad.
- La prevención: este concepto sugiere la necesidad de identificar las amenazas y prevenir los desastres, específicamente con tres acciones: i) mitigación del impacto, ii) flexibilidad y capacidad de la ciudad a reestructurarse a sí misma, iii) capacidad de abastecerse a través de recursos energético alternativos.
- Incertidumbre: hace referencia a la imposibilidad de prever con exactitud los eventos catastróficos y los cambios que se pueden producir, por lo que los sistemas y procesos deben ser flexibles y aceptar modificaciones para adaptarse a las diferentes situaciones que se puedan producir (Jabareen, 2013).



Figure 1. Estructura de planificación para la ciudad resiliente. Fuente: (Jabareen, 2013)

Esto nos lleva a concluir que los procesos y herramientas convencionales de planeamiento no son suficientes para mejorar la resiliencia del entorno urbano, por lo que se hace necesario desarrollar nuevos enfoques y nuevas metodologías de planeamiento.

3 EXPERIENCIA PRÁCTICA

Las características geográficas de Chile hacen que su territorio, en casi su totalidad, esté expuesto a amenazas de desastre de diferente índole. Estas peculiaridades territoriales, conjugada con las características demográficas, sociales, administrativa y política, hacen que la población chilena esté especialmente expuesta a los riesgos que pueden producir importantes pérdidas tanto en vidas humanas como económicas, sociales y ambientales.

La reducción del riesgo es en esta región una de las necesidades prioritarias de las instituciones Chilenas que, en consecuencia de los desastre provocados por el terremoto e tsunami del 27 de febrero del 2010, vigorizaron sus esfuerzos originando un nuevo planteamiento institucional, actualmente plasmado en el proyecto de ley para un nuevo Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil. Este nuevo marco presupone de un sistema de monitorización y control constante además de un programa de financiación para la reducción del riesgo en diferentes áreas del país (UNISDR, 2011).

El trabajo que se presenta a continuación es la experiencia de reconstrucción de las localidades de Talcahuano y Dichato después de las destrucciones del terremoto y tsunami del 2010. Las dos localidades situadas en la costa centro-meridional de Chile, perteneciente a la provincia de Concepción en la región del Bío Bío.

3.1 El caso de Talcahuano y de Dichato

El terremoto del 27 de febrero de 2010 con epicentro a 47,4 km de la costra terrestre en la costa frente a Curanipe y Cobquera alcanzó una magnitud de 8,3 Mw afectando así una extendida área que comprende las regiones desde Valparaíso a La Araucanía, que acomuna más de 13 millones de habitantes, alrededor del 80% de la población chilena. Como producto del terremoto un fuerte tsunami impacto contra la costa chilena, destruyendo varias localidades ya devastadas por el terremoto (Eduardo Aquevedo, n.d.).

Unas localidades entre las más afectadas fueron Dichado y Talcahuano donde la fuerza del mar arrastró navíos, containers y objetos estacionados en el puerto hacia los edificios, cubriendo la ciudad de agua, barro y escombros. Los destrozos provocados afectaron a los edificios, infraestructuras y a los sistemas productivos de las localidades generando así un grave estado de emergencia. Suministros básicos como electricidad, agua y alcantarillado colapsaron y los servicios de emergencia tardaron varios días, y en algunas localidades varias semanas, antes de

poder limpiar las calles de los escombros y lodos y restablecer un servicio mínimo a los ciudadanos.

Lo que se pudo constatar es la real falta de una planificación de los sistemas para responder a las necesidades de eventos de emergencia que superen lo cotidiano en cuanto a organización, definición de los roles, recursos humanos y logístico adecuado. Sobre todo se comprobó una falta de planificación transversal a las empresas y administración para el abastecimiento de recursos, el acceso a ellos, la comunicación y organización interna en la definición de los roles. Problemas como la atención primaria en los hospitales o la distribución de alimentos se fueron resolviendo por las personas que primero pudieron acudir a los puestos de trabajo como por organización de los ciudadanos mismos y de las juntas vecinales (Aravena, n.d.; Bio-Bio Gobierno Regional, 2010a, 2010b).

Esto demuestra la necesidad de pensar en la resiliencia en forma compleja y transversal, considerando los diferentes aspectos no solo de calidad en el espacio construido, sino que también la gestión y el mantenimiento de las funcionalidades.

3.2 El plan maestro

Los graves destrozos provocados por el terremoto-tsunami obligaron a la redacción de un complejo Plan Maestro para la reconstrucción que se propone como objetivos no solo lo de devolver funcionalidad a las áreas afectadas, sino que también mejorar su seguridad y la calidad para los ciudadanos. A tal propósito se activa un complejo plan de acción que tiene como objetivos:

- Una reconstrucción correctiva y de calidad, que permita incorporar agentes de valorización urbana, donde antes no existía.
- Una reconstrucción inclusiva, que refleje de manera auténtica y participativa los anhelos de sus residentes.
- Una reconstrucción que promueva el máximo estándar de seguridad posible, que permita la recuperación del habitar urbano costero, asegurando no sólo las vidas de los residentes, también su patrimonio residencial, mejorando la resiliencia urbana.
- Una reconstrucción que integre indicadores avanzados de sustentabilidad urbana, para promover un uso más eficiente de los recursos y procurar una mejor relación con el medio ambiente.
- Una reconstrucción que fortalezca la identidad, que reconozca lo local y capitalice los valores tangibles e intangibles.
- Una reconstrucción sobre plataformas más diversificadas de actividad económica, a través del otorgamiento de mayor valor a la ciudad y permitiendo el emprendimiento de nuevas actividades.
- Una reconstrucción integrada, que asegure acciones coordinadas de los actores públicos y de éstos con los privados.

El plan se organiza en ocho líneas de acción donde los diferentes agentes interesados colaboran e se integran entre ellos: reconstrucción segura, reconstrucción de la identidad, reconstrucción urbana, reconstrucción y cooperación internacional, reconstrucción de las viviendas, reconstrucción económica-equidad, reconstrucción de las infraestructuras y reconstrucción solidaria. En este complejo programa se integran muchos agentes desde la administración local, los gobiernos regionales, los servicios públicos, las universidades, los privados y la ciudadanía a través de las asociaciones vecinales.

El plan maestro se sustenta en cuatro principios generales:

Seguridad: la reorganización de las infraestructuras, equipamiento y también de las áreas residenciales incorpora necesariamente un requisito de seguridad, que busca atenuar el nivel de vulnerabilidad de la población y mejorar la resiliencia del borde costero.

Sostenibilidad: la mejora de la sostenibilidad apunta principalmente a tres objetivos, limitar la ocupación de áreas sensible ganando espacio para restablecer sistemas naturales, mejorar la eficiencia energética de los nuevos edificios y promover una movilidad sostenible.

Calidad de vida: es el hilo conductor de toda la actuación para el cual se ha trabajado con la ciudadanía para la identificación de los actores más relevantes e factores más incidentes. Estos han dado origen a un sistema de indicadores para cada programa de reconstrucción del Plan Maestro.

Plataforma de futuro: es objetivo de la actuación además de recuperar las actividades productivas existentes, proporcionar una plataforma que permita el desarrollo y emprendimiento de nuevas actividades productivas y de servicios, según las potencialidades de la localidad.

3.2.1 El proceso de participación

La participación ciudadana es un elemento esencia *conditio sine qua non* no es posible lograr la sostenibilidad del proyecto. Se establece entonces un modelo de participación multidimensional con el doble objetivo de construir y validar con la comunidad cada propuesta del Plan Maestro y trabajar para la reorganización y cohesión social.

El programa consiste en una serie de talleres con diferentes agentes y la organización de grupos de trabajos con los ciudadanos con el objetivo de consultarle sobre sus necesidades y carencia antes del terremoto y las expectativas y anhelos futuros sobre su ciudad. También se realizó una encuesta a los ciudadanos para que las ideas recopiladas pudieran integrarse dentro del Plan Maestro.

Entre las consultas avanzadas a los ciudadanos se preguntó sobre la gestión de la emergencia, los fallos y dificultades encontrada, intentando así recopilar sugerencias para una planificación mejor de las intervenciones en caso de desastre.

3.2.2 Estrategias de prevención de riesgos

Después de un análisis de los daños y un diagnóstico de las áreas de intervención, se pasó a la identificación de las causas y la elaboración de las mejores soluciones, principalmente enfocada a reducir la vulnerabilidad de las áreas y mitigar los posibles efectos de eventos catastróficos futuros.

Para la ciudad de Talcahuano los destrozos fueron provocados principalmente por efecto de las embarcaciones y containers colocados en el puerto que fueron proyectados por la fuerza del mar contra los edificios. Además de los edificios, calles y puentes, también las infraestructuras productivas del puerto resultaron inutilizables.

En el caso de Dichato las viviendas afectadas por la ola de agua no fueron capaces de resistir debido a la mala calidad de los edificios. En el lado infraestructural lo más significativo fue la pérdida de 4 puentes peatonales y 3 vehiculares.

Aunque no sea posible evitar el riesgo de tsunami, se puede actuar en la dirección de la resiliencia orientando las acciones hacia la reducción de la vulnerabilidad y la realización de estructura de mitigación de los efectos. La reducción de la vulnerabilidad se alcanza a través de la identificación de las zonas de riesgo y la recolocación de los barrios y las actividades en zonas seguras. Fue así para los barrios residenciales colocados en frente al mar que fueron realojados

por encima de la cota de emergencia y el puerto de Talcahuano que fue reubicado en el sector del molo Blanco, alejando así el puerto pesquero y los depósitos de los containers en zonas residenciales.

Para la reconstrucción de las viviendas se propusieron unas soluciones de casa “Tsunami Resistentes” consistente en un primer piso de albañilería, para contener la fuerza del mar y un segundo nivel construido en estructura liviana, que contenga los recintos en donde las personas podrían subir sus enseres más preciados y así evitar pérdida del patrimonio familiar, o “Anti-tsunami” constituidas por viviendas palafíticas.

El espacio dejado libre por el realojo de los barrios residenciales ha permitido la previsión de franjas de arbolado que constituye una primera barrera de mitigación de la fuerza del mar en el caso se tuvieran que reproducir fenómenos similares. En Dichato también se prevé la realización de un muro de contención en frente de la costa que tiene como objetivo reducir el impacto de la ola.

3.2.3 Medidas para la mejora de la calidad urbana

La reconstrucción de enteros sectores de las localidades afectadas fue percibida como la oportunidad para resolver las carencias existentes antes del terremoto y mejorar así el ambiente urbano.

Sobre todo en cuanto al espacio urbano, ambas localidades registraban una importante carencia de espacios públicos y equipamientos. El espacio liberado por el realojo de las áreas residenciales y el puerto, ha permitido la previsión de nuevos espacios y equipamientos: los bosques de mitigación proporcionan espacios verdes para los ciudadanos y permiten recuperar los frentes costeros. La construcción del nuevo puerto permitiría además utilizar el espacio para la construcción de un paseo turístico con actividades relacionadas con la pesca y los subproductos, reforzando así la identidad comercial.

Se proponen nuevos equipamientos como el centro deportivo en Talcahuano y una casa de la Cultura en Dichato. En ambos casos se da mucha relevancia a las actividades económicas existentes potenciando orientado sobre todo a la pesca y a los servicios, reconstruyendo o incluso creando nuevos paseos turísticos con actividades comerciales para la venta de los productos locales.

Otro aspecto de gran relevancia en el Plan Maestro ha sido la reorganización de la movilidad dentro de la localidad. La necesidad de reconstruir las infraestructuras existentes y de dotar las ciudades de vías de evacuación seguras, lleva a realizar un análisis más profundo sobre las necesidades de las localidades y al replanteamiento del entero sistema de transporte. En ambos casos la reorganización se enfoca a una mayor sostenibilidad del sistema de transporte privilegiando la movilidad alternativa al coche como la bici o la peatonal. En Dichato se propone la realización de un Boulevard peatonal en una de las vías principales de la localidad y la realización de nuevos caminos y ciclo vías al cerro. En Talcahuano uno de los principales logros del nuevo plan de transporte fue la construcción de una nueva carretera en el terreno ganado al mar que, además de constituir una barrera de mitigación, ha permitido mover el tráfico de camiones de salida al puerto que anteriormente circulaban por el centro de la ciudad. También se mejoraron las calles existentes y se crearon nuevos accesos al cerro como vías de evacuación en caso de emergencia. La mejora de las vías de accesos ha permitido dotar la ciudad de un nuevo sistema de comunicación en red, más articulado, pero que permite el mantenimiento de la funcionalidad aunque se produzca el colapso de una vía (Bio-Bio Gobierno Regional, 2010a, 2010b).

4 CONCLUSIONES

El Plan Maestro para la reconstrucción de Dichato y de Talcahuano se plantea como una plataforma para el desarrollo futuro de las actividades productivas y comerciales valorizando los caracteres identitarios de las localidades. Las medidas planteadas se preocupan de proporcionar un ambiente más seguro, pero a la vez de resguardar el patrimonio público y privado urbano y constituir una base para el desarrollo futuro más sostenible.

Es de destacar que este proceso se ha podido llevar a cabo gracia al compromiso de los diferentes actores, que han colaborado para la integración de los numerosos aspectos que intervienen en el proceso de planificación. La participación de los ciudadanos entre los actores fundamentales del proceso es una pieza fundamental para entender las necesidades existentes y lograr una mayor aceptación del plan por parte de los habitantes.

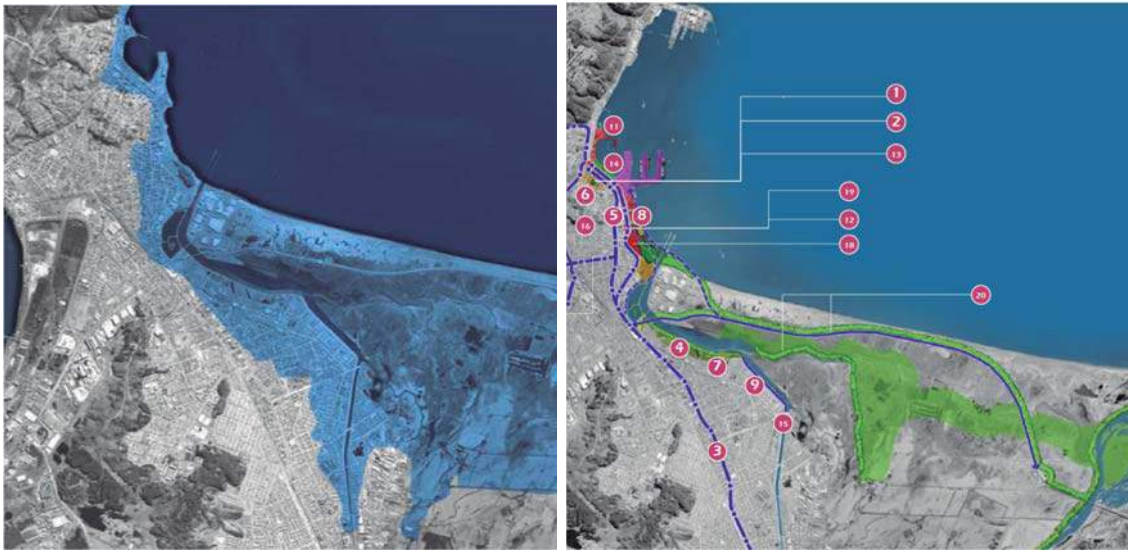


Figura 2. Talcahuano: Área de Inundación y Plan Maestro.

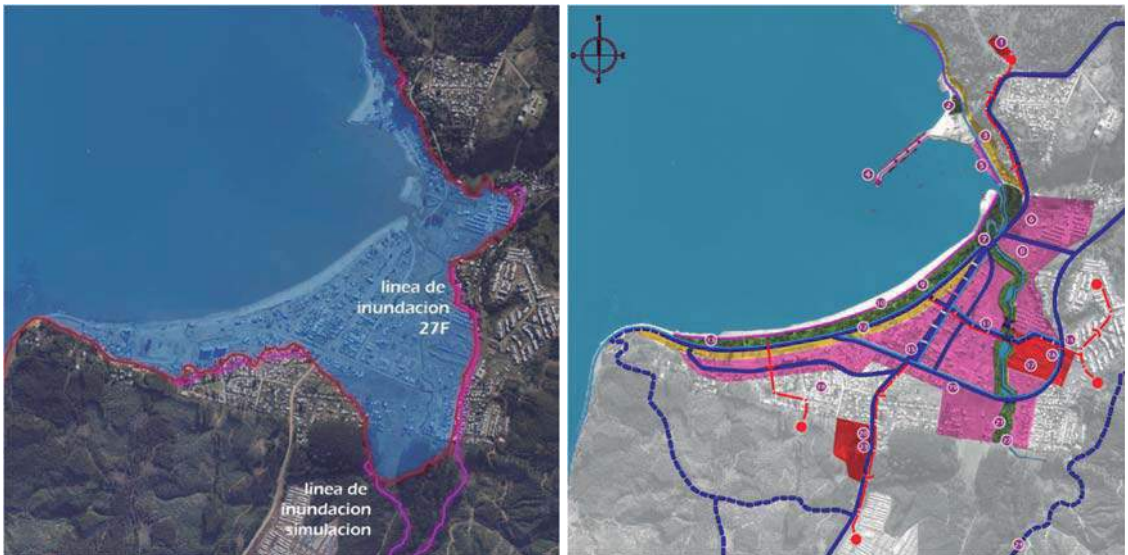


Figura 3. Dichato: Área de Inundación y Plan Maestro.

Tanto el Plan Maestro como la gestión de la emergencia nos hacen reflexionar sobre la necesidad de crear nuevas herramientas de planificación y gestión, específicamente pensada y con carácter transversal. También las soluciones propuestas muestran que la reducción de la vulnerabilidad se traduce en la mejora de la calidad del espacio y que los sistemas más sostenibles son capaces de mitigar los efectos de los desastres. Por todo eso podemos concluir

que la sostenibilidad y la resiliencia son dos conceptos que se integran y se complementan. Por eso y a partir de los conocimientos sobre el diseño sostenible, es necesario desarrollar nuevas herramientas y soluciones tecnológicas que promuevan la resiliencias como medida para la calidad de las ciudades y de sus ciudadanos.

REFERENCES

- Aravena, S. (n.d.). *Orientaciones y Respuestas frente a emergencias de Terremoto-Tsunami*.
- Bio-Bio Gobierno Regional. (2010a). *Plan de Reconstrucción del Borde Costero. Plan Maestro Dichato*.
- Bio-Bio Gobierno Regional. (2010b). *Plan de Reconstrucción del Borde Costero. Plan Maestro Talcahuano*.
- Cascio, J. (2009). The next big thing: resilience. *Foreign Policy*, 15. Retrieved from <http://www.openthefuture.com/media/FP-cascio.pdf>
- Colucci, A. (2012). Towards resilient city. Comparing approaches/strategies. *Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 5.
- Eduardo Aquevedo. (n.d.). CIENCIAS SOCIALES HOY – Weblog. Retrieved October 06, 2014, from <http://aquevedo.wordpress.com/2010/03/08/chile-terremoto-del-27-de-febrero-de-2010/>
- Jabareen, Y. (2013). Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. *Cities*, 31(0), 220–229. doi:10.1016/j.cities.2012.05.004
- Stumpp, E.-M. (2013). New in town? On resilience and “Resilient Cities.” *Cities*, 32, 164–166. doi:10.1016/j.cities.2013.01.003
- Turnbull, M., Sterrett, C. L., & Hilleboe, A. (2013). *Toward Resilience*. Practical Action Publishing. doi:10.3362/9781780440026
- UNESCO. (2014). Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Retrieved October 06, 2014, from <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-30-urban-expansion/>
- UNISDR. (2011). Análisis de riesgos de desastre en Chile. VII Plan de acción dipecho en Sudamérica 2011-2012.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2), 5.

Multi-criteria evaluation for supporting renovation actions in educational buildings

Giulia Olivieri

University of Ferrara, DA – Department of Architecture, University of Ferrara, Italy
giulia.olivieri85@libero.it

Andrea Boeri

University of Bologna, DA – Department of Architecture, University of Bologna, Italy
andrea.boeri@unibo.it

Jacopo Gaspari

University of Bologna, DA – Department of Architecture, University of Bologna, Italy
jacopo.gaspari@unibo.it

Danila Longo

University of Bologna, DA – Department of Architecture, University of Bologna, Italy
danila.longo@unibo.it

ABSTRACT: According to the Directive 2012/27/EU, Member States are required to boost renovation processes involving the public buildings with a 3% rate. In this general framework a key role can be played by educational buildings which in Italy – with 42.000 units – represent a remarkable quota of the existing public building stock. Recent surveys outlined the oldness and obsolescence of this stock, that is affected by a number of deficit, and underlined that renovation actions represent a priority in the very next future. A key topic in this field is to provide adequate tools to allow PA to prioritize interventions according to economic availabilities and to a general plan of scheduled investment. This paper summarizes the first stage of a study aimed at defining a multi-criteria evaluation process useful to prioritize renovation action, with the general goal to provide a speedy detection kit which allow to easily define the obsolescence level and to prioritize actions in schools optimizing costs and benefit.

1 INTRODUCTION

The 2012/27/UE Directive clearly addresses Member States towards the development of effective measure to renovate and retrofit the existing buildings belonging to the Public Administration [PA] according to a minimum threshold of 3% per year.

In Italy the public building stock includes a great variety of building typologies from housing to barracks, from warehouses to hospitals and so on, for a total amount of around 543,000 buildings (CIANCIOTTA, 2013). It is currently quite hard to have reliable data to extract the share by use or typology: combining different sources it can be argued that social or affordable housing is around the 47% while barracks are estimated in approximately 1,000 units (CIANCIOTTA, 2013), offices in 13,700 (CRESME, 2013) and schools in 42,000 (LEGAMBIENTE, 2013).

In this general framework, with the exception of the housing sector, schools clearly represent one of the most relevant and key category. This is the reason why this typology was widely investigated in the last decade, outlining the lacks and the outdated conditions affecting it without maintenance actions being able to face them due to the increasing reduction of available economic resources. It has to be noted that in Italy school buildings are public owned /funded and, of course, they feel the effects of the financial crisis affecting the country as well as a number of EU Member States.

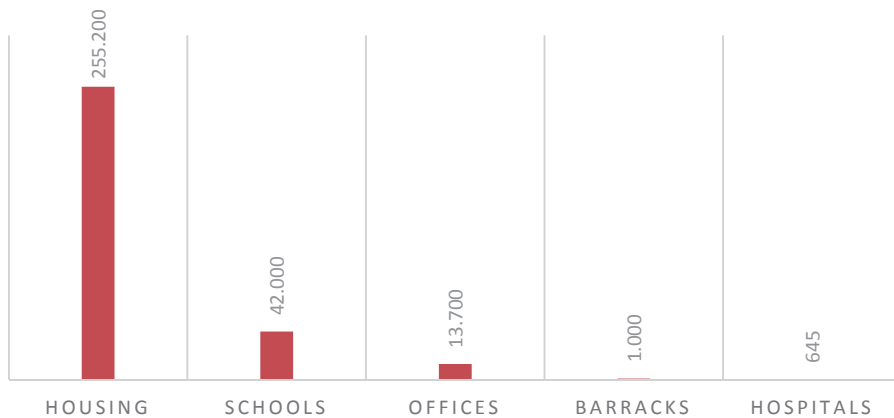


Figure 1. The graph shows the share of some relevant building typologies elaborated from different sources.

This led to a negative trend which impacts both on the quality of the educational offer and the quality of the built environment itself.

buildings mostly date from the 60s and the 70s with a 62% built before 1974 and just 4.8% built between 2001 and 2002. In the last twenty years the average rate of replacement with new constructions was under 0,7% per year (LEGAMBIENTE, 2013).

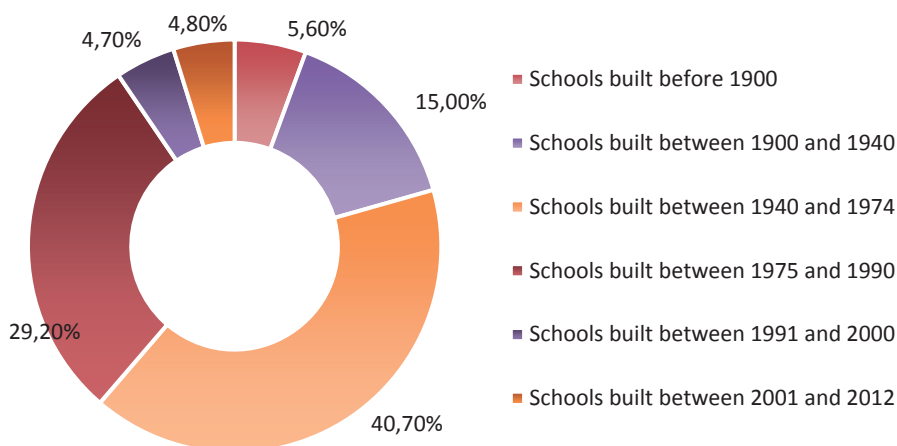


Figure 2. Share according to construction age band.

Censis (the National center on Social Investments) has recently published a report (DIARIO DELLA TRANSIZIONE/5, 2014) concerning the findings of last performed campaign of survey that further outlines the limits of the school building stock: more than 24,000 buildings operate in out of work conditions or out of agreed standards equipments; 3,600 buildings are affected by structural problems; more than the half of the whole stock needs ordinary and extraordinary maintenance activities. In addition to this, the report underlines that, despite the school stock is quite old and out of date especially in terms of functional requirements, a replacement with a new and more adequate building is considered just in the 7% of the cases, while the most widely adopted approach is to renovate the existing buildings.

The general framework is therefore a situation in which most of the stock presents critical conditions but is still in use, and will be in use in the next future, by a huge number of end-users. As a consequence the need to plan and schedule the renovation action represents a key topic for a number of PA in order to achieve more effective initiatives according to the current budget constraints.

The multiple perspective through which the renovation issue can be approached and the great variety of problems affecting the school building stock – from seismic safety to functional arrangement, from energy efficiency to equipments safety – makes the planning activity difficult

and expensive. The actions run in the last years offer a picture of very limited and unsuitable works provided according to the urgency of facing the detected deficit (DIARIO DELLA TRANSIZIONE/5, 2014) rather than to a vision aimed at optimizing and rationalizing the available resources as well as at reducing the construction time.



Figure 3. The pictures shows the result of a study about the potential impacts of a school renovation. The main improvements deal with the energy performances, indoor and outdoor quality, comfort conditions.

Therefore new tools and new approaches to this issue are required to develop a coherent vision involving the stock of each PA as a whole in order to plan improvements, investments and realistic goals.

Most of the studies available in the literature are focused on specific maintenance actions (Earthman G.I., Lemasters L.K., 2013, Hackman Hon Yin Lee, Scott D., 2009, Shen, Q. 1997) and on ex post assessment methods (Sanoff H., 2001) while fast predictive methodologies to evaluate the priority of actions and to address the PAs to plan renovation and refurbishment are still under discussion and development.

This paper offers a synthesis of the findings of a first phase research, dealing with a methodology aimed to manage interventions on school buildings grouped according to PA or geographical area, to define a multi-criteria evaluation tool for supporting decision making processes and for addressing the investment of available resources. PA are not currently able to face all the lacks, both in technical and economical terms, affecting the existing stock and mainly operate according to a non structured scheme. This is due to the great number of variables, parameters, goals and constraints involved in the issue that make the decisional process very complex and usually not allow to associate each single situation to predefined general models based on very few criteria which doesn't represent real operational conditions. Otherwise a multi-criteria approach allow to compare and clear up alternative pathways: the aim of this research is therefore the definition of a multi-criteria evaluation tool able to provide a comprehensive knowledge of the problems of each situation organizing data according to different priority of action (OLIVIERI, 2014).

Planning an extensive renovation program on Public owned building stock, and specifically on schools, requires necessarily an adequate analysis of needed actions and of expected results. Decision makers include or exclude a specific action belonging to the list of planned activities according to the level of urgency. Adopting the envisaged methodology and tool, which allow to compare qualitative and quantitative data providing a hierarchy of actions listed by priority, a faster and more effective planning could be obtained.

The first step of the methodology is focused on pointing out on which school buildings of the stock is necessary to concentrate actions and activities according to a pre-defined set of criteria in order to define a priority check list useful to address the further step in which decisional process and technological choices are taken

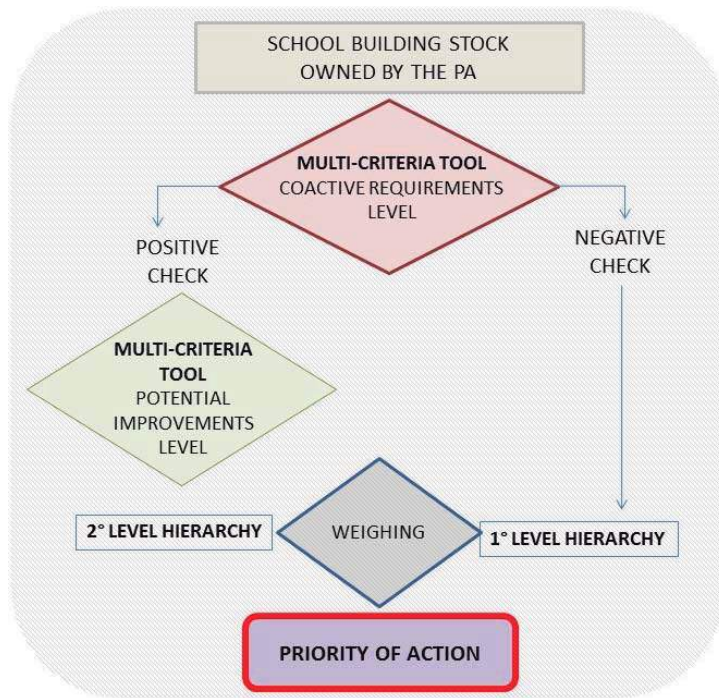


Figure 4. the blocks diagram shows the operation of the methodology

2 MULTICRITERIA METHODOLOGICAL FRAMEWORK

Muticriteria analysis is a method to provide a support to decision makers for achieving a balanced and acceptable compromise between the different pursued objectives. The framework definition requires to clearly draft the demand to be faced by the methodology itself, that means to define how the evaluation tool will be driven according to the expected results.

The main result that is expected to be provided applying the methodology is a hierarchical ranked list of schools in which the position of each building assessed depends by the priority level of intervention. This allow to address the renovation process according to a predefined level of urgency obtained by homogeneously assessing the whole stock.

2.1 Evaluation Criteria Definition

When approaching the renovation of school building stock, the main problem is represented by the multiple perspective generated by the point of views of each involved subject which generate a great complexity in decisional process and in defining the main goals as well as the most suitable solutions to be adopted.

According to the core concept of the proposed methodology, the main goals are defined by comparing the real performances currently provided by the existing Italian stock and the optimal performance expected level. These goals aimed at bridging the existing gap are expressed in a rating system according to specific evaluation criteria. This is a key step of the methodology as it defines the parameter to be used for comparing the buildings with relation to the overall renovation purpose.

Once a preliminary survey of the boundary conditions concerning rules and regulations in force, European policies and indications on school building improvements, educational trends and strategies, was completed and the expected objectives defined, it has been decided to split the methodological structure into two increasingly level of assessment. Detected deficit and weakness concern different categories: on the one hand those dealing with lack of congruity to agreed standards or regulations, which must be satisfied, and on the other hand those dealing

with potential improvements which are not a must but may significantly impact on the functionality and the quality of educational buildings.

Therefore a first level of assessment focuses on coactive requirements that means all those parameters which are expected to be satisfied in order a school can be fully functioning according to standards and regulations in force. The related criteria are defined according to regulation commitments and the scope is just to assess if the investigated building fits the coactive requirements in force. In addition to this a further criterion dealing with energy savings is included: despite this issue is not a needful condition to let the building being operative according to current standards, it is considered a key factor with relation to a sustainable vision of built environment development which will be included in coactive regulation in the next future. All the criteria belonging to this first assessment level, can be verified through a speedy yes/no system. This choice is due to avoid the risk a more detailed credit system could address the findings of the analysis while the scope of the assessment process is to obtain a clear picture of running conditions. Some criteria required a number of specific indicators in order to correctly describe the investigated performances.

Criteria were divided into the following categories:

- Functional appropriateness (D.M. 18/12/1975, D.P.R. 380-06/06/2001, D.P.R. 503-24/07/1996), expressed by three indicators. The involved parameters deal with: the assessment of conformity to the standards in force with reference to the minimum surface required for the envisaged activities according to the school level; the accessibility, that means to avoid architectural barriers that could influence the use of the spaces; the availability of certification that declares the building complies with safety standards;
- Hygiene, health and environment (D.M. 18-12-1975), that is referred to a larger scale than the single school building and that is aimed to prevent end users could be exposed to pollutant sources or agents;
- Seismic safety (O.P.C.M. 3274-20/03/2003), that means to assess the safety level of the bearing structures towards potential seismic solicitations;
- Fire safety (D.M. 16/09/1992), that includes the evaluation of a number of actions, measures, devices and indications to prevent fire and to limit its impact;
- Energy savings (D. LGS 311-29/12/2006), dealing with the assessment of educational building energy demand.

The methodology envisages a second level of assessment aimed at pointing out the potential improvements with relation to accessibility of services, comfort levels, optimized building management. It includes a number of criteria strictly connected with the results of design process such as the quality of indoor and outdoor spaces which these kind of structure would be required to provide. More detailed data concerning the energy and thermal behavior are also investigated in order to draft a more comprehensive picture of the running conditions of the school stock as a whole. Main indicators are aggregated to the following criteria:

- Use appropriateness, that is assessed by indicators concerning the aptitude of the building to provide adequate conditions to perform educational activities, including additional and extraordinary ones, both inside and outside the building.
- Urban quality, that is expressed by indicators aimed at evaluating the integration and the relation of the building with the surrounding context with reference also to the availability of safe connections, efficient mobility, availability of public green areas and car park.
- Architectural quality, that deals with the assessment of the building aptitude to be adapted to new configuration in order to answer to new educational approaches and to future further educational guidelines.

- Energy efficiency, assessed by a number of indicators linked to all those active and passive solutions aimed at reducing the operational energy demand while increasing comfort and living conditions as well as to those technological elements which can be implemented or adapted to increase the current performance level.

FIRST LEVEL - COACTIVE REQUIREMENTS			SECOND LEVEL - POTENTIAL IMPROVEMENT		
CRITERION	INDICATOR	ASSESSMENT	CRITERION	INDICATOR	ASSESSMENT
FUNCTIONAL APPROPRIATENESS	1. MINIMUM CLASSROOMS' AREA	SQUARE METERS	USE APPROPRIATENESS	1. ADDITIONAL SPACES	YES - SPECIFIC ROOMS AVAILABLE/NO - ROOMS CAN BE ADAPTED/NO
	2. AVAILABILITY OF CERTIFICATION	YES/NO		2. GREEN AREAS	2. GREEN AREAS
	3. ACCESSIBILITY	YES/NO	URBAN QUALITY		1. CONNECTIONS
HYGIENE, HEALTH AND ENVIRONNEMENT	1. EXPOSITION TO POLLUTANT SOURCES	DISTANCE IN METERS FROM POTENTIAL POLLUTANT SOURCES		2. PARKING	SQUARE METERS
SEISMIC SAFETY	1. POTENTIAL SEISMIC SOLLECITATION	VULNERABILITY CLASS		3. PUBLIC GREEN AREAS	DISTANCE FROM GREEN PUBLIC AREAS
FIRE SAFETY	1. FIRE PREVENTION	YES/NO	ARCHITECTURAL QUALITY	1. POTENTIAL EXTENTIONS	YES/NO
ENERGY SAVINGS	1. ENERGY DEMAND	ENERGY CLASS		2. TYPOLOGICAL INTEREST	VALORIZATION OF TYPOLOGY USE
				3. FLEXIBILITY	YES/NO
4. INTERNAL TRASFORMABILITY	YES/NO				
ENERGY EFFICIENCY	1. ENVELOPE	HIGH / CONVENTIONAL / LACK OF THERMAL INSULATION	ENERGY EFFICIENCY	2. GLAZED STRUCTURES	HIGH/ CONVENTIONAL PERFORMANCES
	2. EQUIPMENTS	HIGH/ MEDIUM/ LOW EFFICIENCY			

Figure 5. the table shows the structure of the methodology with criteria and indicators

This two-level assessment divides the evaluation methodology between coactive requirements and potential improvements allowing a very speedy survey of ongoing working conditions. All those buildings which don't fit the first level criteria require urgent interventions as they are affected by deficit and limits able to compromise their safety and operational level.

2.2 Indicators

All the defined criteria are described by one or more indicators, that means a number of assessment parameters (qualitative and quantitative) are applied to each investigated building. A numerical value is associated to each indicator according to a rating system. All the parameter involved are defined according to the following principles:

- Goal – it is explained why a specific issue is investigated and which is its relation and impact with the overall school building survey process.
- Rating system – it reports the minimum and maximum score threshold for each criterion.
- Score system structure – it clarifies the relation between the assigned score and the assessed performance.
- Evaluation level – it takes into account the heterogeneity of indicators that can strongly differs in terms of scale and effectiveness, where the scale represents the complexity of

the involved processes to be assessed. Two main scale are considered: the one including the building as a whole or a part of it when lack of homogeneity can affect the reliability of evaluation. This is a useful solution when a great school complex is assessed or more than one educational level is hosted in the same structure. In these cases the criteria are associated to homogeneous part of the building referring to each institution.

- Assessment method – it defines the method used to measure the involved parameter according to an objective and homogeneous methodology.
- References to rules, regulations and guidelines.

3 APPLICATION ON CASE STUDY

The proposed multi-criteria evaluation process was tested on a case study including the whole school building stock of the municipality of Bologna. Bologna is medium-large scale city of north Italy with the seventh population at national scale. The survey was based on the data made available by the municipality after a preliminary investigation focused on the ageing of buildings, the construction systems adopted and the current energy performances, as related to the Emilia Romagna region deliberation n. 156 del 04/03/2008. For each school plans and pictures were provided as a support.

The stock includes 121 school buildings, very different for what concerns age of construction, typology, age band of end users, arrangement of different educational level in the same complex, volumetric configuration, construction technologies adopted, etc.

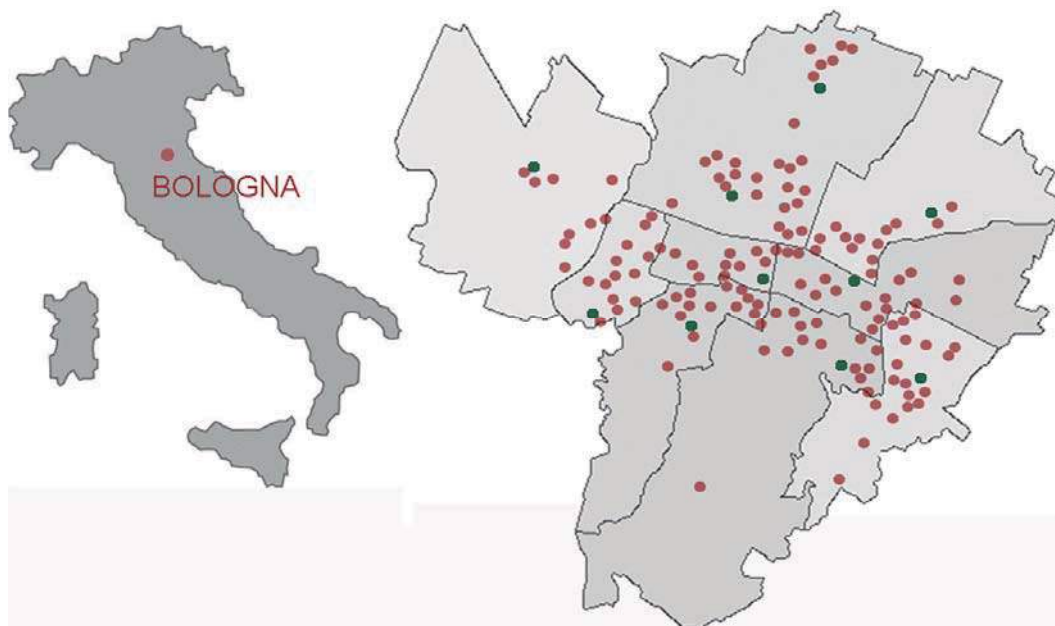


Figure 6. Geographical location of Bologna city, the school building in the city area involved in the survey and in green bullets the one selected for testing phase.

After all the data were systematically analyzed and classified, the multi-criteria evaluation methodology was tested on a selected group limited to 10 buildings in order to verify the applicability of the envisaged iterative process and to implement indicators and parameters if needed as well as to discuss the utility of findings with decision makers and PA. The schools were selected with the cooperation of the Bologna PA, and they represent good samples of different building typologies owned by the municipality as well as of the deficit range. The limited number of involved building is due to the intention to test and tune the methodology and to not answer to a quantitative evaluation. Once the methodology is refined it will be easily be extended to the whole school stock of the city.

The main advantage is that the proposed tool allows to investigate the existing stock moving through different scale, from the building to the general framework, in order to support renovation scenario definition. The main output is a rating system organized on two levels which provides a score for each building in order to compare the detected condition level and prioritize interventions according to a general renovation plan impacting on the whole stock.

4 CONCLUSIONS

The expected impact of the research is to provide a speedy tool able to support the decision making process involving the PA working on educational building renovation. As the test run with the Municipality of Bologna proved, this could be a very useful system to prioritize interventions in order to schedule the activities to be provided on the educational stock as a whole during a predefined range of time according to evidence supported references.

The development of the methodology allowed to point out the minimum data set needed to be collected by a PA in order to correctly assess the condition of the investigated stock. The test performed in cooperation with the Municipality of Bologna represents an encouraging result in order to optimize and rationalize further surveys and studies to collect useful data.

The other main finding of the research is that a number of alternative intervention scenarios can be considered according to the obtained priority list and to a reliable knowledge framework in order to discuss the most effective way to increase the average quality of the investigated stock. Doing that, PA might find the most promising scenario to maximize the improvements according to their available resources.

REFERENCES

D.M. 18/12/1975 Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica - Updated technical standards on school buildings, including educational functionality, construction and urban planning index, to be complied with the construction processes of school buildings.

D.P.R. 380-06/06/2001 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia – Comprehensive text of laws and regulations on construction sector.

D.P.R. n. 503-24/07/1996, Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici – Rules to avoid architectural barriers in public buildings, spaces and services.

O.P.C.M. 3274-20/03/2003, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica - First elements about general criteria for the seismic classification of the national territory and of technical regulations for construction in seismic areas.

D.M. 16/09/1992, Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica - Fire prevention regulations for school buildings.

D. LGS 311-29/12/2006, Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia – Amendments and supplementary provisions to the legislative decree of 19th August 2005, n. 192 implementing Directive 2002/91 / EC on the energy performance of buildings.

Alberto Franco L., Montibeller G. 2009. *Problem Structuring for Multi-Criteria Decision Analysis Interventions*. London: The London School of Economics and Political Science

AA. VV. 1994. *Usa razionale dell'energia nel settore scolastico*. ENEA

AA. VV. 2007. *Creating excellent secondary schools. A guide for clients*. London: The Commission for Architecture and the Built Environment - CABE

Bresso M., Gamba G., Zeppetella A. 1992. *Valutazione ambientale e processi decisionali*. Roma: Nis

- Biamonti A. 2007. *Learning environments. Nuovi scenari per il progetto degli spazi della formazione*. Milano: Francoangeli
- Buvik K., Engelund Thomsen K., O. Mørck, Rolland J. 2009. *Innovative retrofit to improve energy efficiency in public buildings*. in Eceee 2009 summer study proceedings , Act! Innovate! Deliver! Reducing energy demand sustainably
- Canizares G. A. 2008. *Kindergartens schools and playgrounds*. Barcelona : LOFT Publications
- Charlot-Valdieu C., Outrequin P. 2002. *Global HQE²R Methodology*. HQE²R Deliverable 4: Sophia Antipolis.
- Cianciotta S.. 2013. L'alienazione del patrimonio pubblico. In *Il nuovo cantiere*. n.8. Milano: pp.52-54
- Cepi G., Zini M. 1998, *Bambini, spazi, relazioni. Metaprogetto di ambiente per l'infanzia*. Reggio Emilia: Reggio Children
- Ciribini A., De Angelis E., Ferro A. (a cura di) 2002. *Linee guida per la qualificazione del procedimento dei lavori pubblici. Programmazione e progettazione degli interventi*. Roma: DEI s.r.l. – Tipografia del Genio Civile
- Cresme, 2014. *Rapporto Cresme RI.U.SO 03 - ristrutturazione edilizia, riqualificazione energetica, rigenerazione urbana*. Roma
- Earthman G.I., Lemasters L.K.. 2013. *School Maintenance and Renovation: administrator policies, practices & economics*, Lancaster, USA: DEStech Publications
- Hackman Hon Yin Lee, Scott D. 2009. Overview of maintenance strategy, acceptable maintenance standard and resources from a building maintenance operation perspective. In *Journal of Building Appraisal* n. 4, pp. 269–278
- Fabbi K., Conti M. 2008. *Progettazione energetica dell'architettura: il progetto: involucro-impianti, comfort e ambiente*. Roma: DEI
- Legambiente. 2013. *Ecosistema scuola 2013, XIV Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi*. Roma
- Olivieri G., 2014, *Patrimonio di edilizia scolastica: pianificazione strategica degli interventi di riqualificazione funzionale ed energetica. School building stock: strategic planning of functional and energy retrofitting interventions*, PhD thesis, University of Ferrara, Italy
- Perkins, B. 2001. *Building Type Basics for Elementary and Secondary Schools*, New York: Wiley.
- Pless S., Shekhar D., Hendron R. 2013. *Advanced Energy Retrofit Guide: Practical Ways to Improve Energy Performance. K-12 Schools*. United States
- Sini Meskanen. 2009. *Future School - Designing With Children*. Helsinki University of Technology, Publications in Architecture 2009/100: Helena Teräväinen
- Sanoff H. 2001. *School Building Assessment Methods*. Washington DC: National Clearinghouse for Educational Facilities
- Shen, Q. 1997. A comparative study of priority setting methods for planned maintenance of public buildings. In *Facilities* n. 15 (12/13) Bingley: pp. 331–33

Procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade para construções na Antártica

Dielly Christine Guedes Montarroyos

Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Vitória/ES, Brasil
diellyguedes@live.com

Márcia Bissoli-Dalvi

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória/ES, Brasil
marciabissoli@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória/ES, Brasil
cristina.engel@ufes.br

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The indicators of sustainability are variables that summarise relevant information in order to identify the level of building sustainability in the urban environment. Most of the available and recognized assessment tools adopt indicators related to urbanized reality where buildings are located. Thus, this research has aimed to propose procedures for the definition of sustainable indicators compatible with the peculiarity of Antarctic constructions, considering specially its characteristic of environmental fragility. The method consisted in the survey of Antarctic conditions and study of environmental assessment tools for buildings; preparation of lists of indicators for the specific situation; grouping of lists; and achieving the final set of indicators. The result of the analyses obtained 92 indicators and pointed out the relevance of the indicators of environmental sustainability aspects, with emphasis on challenging themes such as logistics, material selection, environmental impacts and user comfort.

Keywords: Antarctic, indicators, sustainability, assessment tools

RESUMO: Os indicadores de sustentabilidade são variáveis que condensam as informações relevantes visando identificar o nível de sustentabilidade em edificações no meio urbano. As ferramentas de avaliação disponíveis e reconhecidas adotam, em sua maioria, indicadores vinculados à realidade urbanizada em que as edificações se inserem. Assim, esta pesquisa objetivou propor os procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade voltados para construções compatíveis com a peculiaridade das edificações Antárticas, considerando especialmente sua característica fragilidade ambiental. O método consistiu no levantamento dos condicionantes Antárticos e estudo das ferramentas de avaliação ambiental de edifícios; confecção das listas de indicadores e ajustes para a situação específica; agrupamento das listas; e obtenção do conjunto final de indicadores. O resultado das análises obteve 92 indicadores e apontou a relevância dos indicadores nos aspectos da sustentabilidade ambiental, com ênfase a temas desafiadores para tal realidade como logística, seleção de materiais, impactos ambientais e conforto dos usuários.

Palavras-chave: Antártica, indicadores, sustentabilidade, ferramentas de avaliação.

1 INTRODUÇÃO

Os indicadores de sustentabilidade podem ser entendidos como variáveis que condensam as

informações relevantes para a realização de avaliações nos âmbitos ambiental, social e econômico. São desenvolvidos com o propósito específico de esclarecer um fenômeno a partir da síntese de dados obtidos, devendo ser de simples execução e entendimento, verificáveis e reprodutíveis. Conforme DESA (2007), são variáveis que podem focalizar a atenção sobre importantes tendências, apontar sinais de mudanças e fornecer um aviso antecipado para evitar retrocessos econômicos, sociais e ambientais. Os indicadores funcionam como um sistema de códigos que facilitam a incorporação de informações e avaliações na evolução de países, estados, cidades, localidades específicas ou edificações, com foco nas metas promulgadas pelo desenvolvimento sustentável (Quiroga 2001).

De acordo com a ISO 21929-1 (2011), os indicadores devem apresentar sua definição, seu potencial impacto sobre as questões sociais, ambientais e/ou econômicas, e a explicação dos métodos de aquisição dos dados. Os indicadores podem conter informações de forma quantitativa, qualitativa ou descritiva, não sendo obrigatoriamente um número, mas sim uma variável que possibilita atribuição de um valor. Podem ser utilizados como objeto de avaliação, registro, monitoramento, diagnóstico, comparação temporal entre outros. Os indicadores utilizados como objeto de ponderação compõem as ferramentas de avaliação de desempenho ambiental das edificações e são adotados mundialmente.

As ferramentas de avaliação foram desenvolvidas em resposta aos questionamentos do atendimento dos edifícios aos requisitos de desempenho para o qual foram planejados (Kibert 2005), sendo consideradas em diversos países como participantes ativas na produção de edificações mais sustentáveis. Pela capacidade de transmissão do conhecimento de sustentabilidade aplicado às edificações, as ferramentas de avaliação podem se tornar importantes incentivadores para a criação de projetos sustentáveis (Baratella 2011). Diante da especificidade de cada região ao qual a edificação está inserida, a maioria das ferramentas têm sido estruturada para localidades específicas, não admitindo completa reprodução em outras realidades (Alyami & Rezgui 2012). Nas ferramentas há um considerável número de indicadores que buscam consonância com as características do local avaliado, e a combinação com seus devidos pesos é uma das estratégias adotadas para a realização de avaliações adaptadas a cada realidade. Ressalta-se, no entanto, que o panorama da construção sustentável mundial, no que tange as ferramentas de avaliação, indica preocupações diretamente relacionadas às edificações de centros urbanos densificados, visto serem os locais de maiores impactos associados, sejam ambientais ou mesmo nos demais ramais da sustentabilidade.

Por outro lado, tendo em vista a riqueza natural e a fragilidade ambiental da Antártica em concordância com os esforços científicos para monitorá-la e preservá-la, observa-se a inexistência de ferramentas de avaliação de sustentabilidade que abordem os aspectos específicos para suas edificações. É comum ao ser humano alterar o ambiente por meio da arquitetura para atender às suas necessidades, contudo este fato exibe uma lacuna quando analisado o ambiente Antártico, cuja fragilidade e possíveis alterações podem comprometer o equilíbrio ambiental e, também, as importantes pesquisas científicas desenvolvidas se ocorrerem mudanças no ambiente. Apesar de haver bases científicas edificadas na Antártica e legislação específica que regulamenta as atividades na Antártica – como o Tratado de Madri –, não há um instrumento regulamentador que forneça parâmetros para as construções, especialmente direcionados para a proposição de edificações de baixo impacto ambiental. Observa-se que nos últimos anos a quantidade de bases e estações construídas naquele continente tem aumentado substancialmente e há também um expressivo incremento das atividades turísticas (IAATO 2012), enfatizando a importância da elaboração de indicadores visando o desenvolvimento sustentável do denominado Último Continente.

Considerada a “Terra dos Superlativos”, área mais remota, desértica, estéril, com alta velocidade de ventos – que chegam a 200 km/h –, e superfície média elevada – altura 3 vezes maior que qualquer outro continente – a Antártica, apresenta uma das piores condições de habitabilidade

do planeta (Alvarez 1995). Os principais aspectos considerados para a elaboração e planeamento de edificações nesta área são, ou deveriam ser, a procura por soluções que culminem na eliminação ou minimização dos impactos ambientais decorrentes da ocupação humana, de curto ou longo prazos.

Entre outros fatores que interferem no processo de projeto para a infraestrutura desses locais, destacam-se as dificuldades logísticas para a implantação, operação e manutenção das edificações, sejam elas voltadas para atividades científicas, de fiscalização ou de recreação (Alvarez 2003). Assim, o conjunto de indicadores de sustentabilidade adotados para o desenvolvimento de projetos nesse sítio, requerem a aplicação de conceitos diferenciados dos tradicionalmente adotados nos meios urbanos, eventualmente exigindo maior rigor em sua aplicação efetiva.

Em muitas situações, os indicadores de sustentabilidade usados em centros urbanos densificados não se aplicam às áreas de interesse ambiental, advertindo-se ainda que alguns aspectos de grande importância para estes locais, podem ser desprezíveis nos meios urbanos e, por isso, não são considerados nas ferramentas de avaliação. O mesmo pode ocorrer no sentido inverso, ou seja, aspectos de fundamental importância nos aglomerados urbanos perdem o seu sentido quando se trata da Antártica. Destaca-se ainda que a Antártica recebe uma grande atenção da mídia, fazendo com que suas edificações sejam frequentemente citadas como exemplos, sejam para as boas ou más práticas. Deste modo, a seleção de indicadores de sustentabilidade para construções especificamente para a área de difícil acesso e interesse ambiental, com foco específico para a Antártica, torna-se necessária na medida que fornece subsídios para projetos de novas edificações, visto também a possibilidade dos indicadores servirem de elemento multiplicador para a difusão das boas práticas.

2 OBJETIVO

A pesquisa teve por objetivo propor procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade para fase de planeamento e projetos, voltados para construções compatíveis com a peculiaridade das edificações Antárticas, considerando especialmente sua característica fragilidade ambiental.

3 MÉTODO

Para o alcance dos resultados, previu-se inicialmente o levantamento dos condicionantes ambientais, além dos fatores limitantes e das potencialidades do local de estudo, considerando a Antártica como recorte territorial. Em paralelo, foi necessário realizar a revisão bibliográfica tanto de conceitos amplos ou específicos, como em relação aos indicadores de sustentabilidade extraídos das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de edifícios, selecionados a partir do efetivo reconhecimento nos âmbitos mundial e/ou local. A sistematização destas informações permitiu a definição e a formulação dos indicadores ajustados à realidade Antártica, conforme o processo metodológico sintetizado na Figura 1.

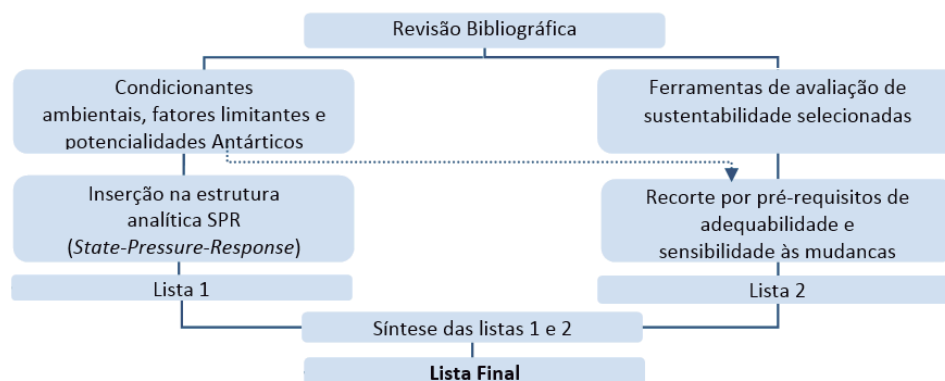


Figura 1. Síntese da metodologia da pesquisa

3.1 Definição da Lista 1 - Indicadores resultantes da análise da especificidade das condições existentes na Antártica

Para definição da Lista 1, foram relacionados os condicionantes, os fatores limitantes e as potencialidades para construções na Antártica. Para tanto, foi utilizada como metodologia de suporte a estrutura analítica PSR - *Pressure-State-Response* (OECD 2003). Uma estrutura analítica contribui para organizar o conjunto de indicadores de forma a facilitar sua interpretação e garante que todos os aspectos propostos pelos indicadores sejam levados em consideração, além de auxiliar a compreensão de diferentes questões inter-relacionadas (Segnestam 2002).

A estrutura PSR se caracteriza por uma situação dinâmica onde pode ser identificada a causa, o efeito e as possíveis medidas compensatórias ou mitigadoras para uma determinada situação. A mesma é passível de ser adaptada, e diante da flexibilidade que apresenta, esta estrutura passou por variações como, por exemplo, o DSR (*Driving forces-state-response*) e o DPSIR (*Driving forces-pressure-state-impact-response*), onde foram inseridos indicadores para atendimento de outros propósitos (OECD 2003). Não obstante, para o uso da estrutura PSR nesta pesquisa foi necessário proceder a um ajuste, pois além da estrutura corresponder à um instrumento de aquisição de indicadores especialmente ambientais, algumas questões não são compatíveis com as especificidades inerentes da Antártica.

A adequação da estrutura analítica foi realizada por meio da adaptação de *Pressure* e de *State*, por não representar a realidade de uma área de preservação, cuja fragilidade ambiental não permite pressões ou alterações no estado do ambiente durante as atividades de construção, uso e desmonte de edificações. Neste sentido, a estrutura analítica foi adaptada e os elementos de análise considerados foram *SPR - State-Pressure-Response* (Tabela 1).

Tabela 1. Estrutura analítica SPR (*State-Pressure-Response*) adaptada PSR (*Pressure-State -Response*). Fonte: Adaptado de OECD (2003)

Tipologia	Definição original (diretamente relacionada às questões ambientais)	Definição adaptada à pesquisa (diretamente relacionada ao ambiente construído)	Exemplo
S - <i>State</i> ou Estado	Se caracteriza pelo estado físico, biológico e/ou químico do ambiente resultante das pressões sofridas pelo ambiente.	Se caracteriza pelo estado do ambiente, condicionantes ambientais e os acontecimentos físicos, químicos, biológicos e/ou geográficos que se apresentam como fatores limitantes à construção de edificações na Antártica.	Velocidade do vento
P - <i>Pressure</i> ou pressão	Descreve a pressão sofrida pelo ambiente causada pelas ações humanas.	Descreve a possível pressão que o Estado do ambiente Antártico pode ocasionar nas edificações e nos usuários, como também a possível pressão que a implantação de edificações pode ocasionar no Estado do ambiente.	Acúmulo de neve na fachada que funciona como bloqueio à passagem do vento dominante
R - <i>Response</i> ou Resposta	As respostas à proposição de decisões projetuais que contribuem para a resolução ou medida mitigadora do impacto que pode ser causada pela construção.	As respostas à proposição de decisões projetuais que contribuem para a resolução da pressão que pode ser causado pela edificação.	Concepção de forma aerodinâmica, que auxilie na passagem do vento.

A partir dos procedimentos propostos pelo *SPR - State-Pressure-Response* foi elaborada a Lista 1 de indicadores.

3.2 Definição da Lista 2 – Indicadores adaptados das principais ferramentas de avaliação de sustentabilidade

A Lista 2 foi estruturada a partir da apreciação dos indicadores propostos nas principais ferramentas de avaliação de sustentabilidade, selecionadas a partir de sua relevância mundial ou no contexto regional. Foi considerado no processo seletivo, a disponibilidade de informações, sendo descartadas as ferramentas que exigiam pagamento para a disponibilização das informações necessárias para a pesquisa e que não constavam no banco de informações do Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo. Os indicadores foram coletados, especialmente, das seguintes ferramentas: AQUA – Alta Qualidade Ambiental/Brasil (FCAV 2014); ASUS – Avaliação de Sustentabilidade/Brasil (Alvarez & Souza 2011); BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*/Reino Unido (BREAM 2009); CASBEE – *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*/Japão (CASBEE 2014), HQE – *Haute Qualité Environnementale*/ França (Guide 2014); LEED – *Leadership in Energy & Environmental Design*/Estados Unidos (USGBC 2014); e SBTool – *Sustainable Building Tool*/ Consórcio Internacional (Cole & Larsson 2002). As justificativas técnicas para escolha destas ferramentas de avaliação foram o reconhecimento das mesmas a nível mundial ou por sua característica de flexibilidade para as questões locais; a abrangência conceitual apresentada; a organização do sistema em relação às categorias; e a definição clara do propósito de cada indicador. A estratégia utilizada foi o emprego da SBTool como fonte primária de aquisição dos indicadores, por ter sido considerada a base de outras ferramentas e por apresentar flexibilidade no uso, e as demais como ferramentas auxiliares que contribuíram para o enriquecimento dos dados.

Conforme preconizam Alwaer & Clements-Croome (2010) para a avaliação de situações peculiares, como é o caso da Antártica, torna-se necessário proceder o recorte dos indicadores visando identificar aqueles realmente aplicáveis para a área de estudo. Desta forma, considerando a complexidade do assunto e a necessária seleção dos aspectos de maior relevância a serem considerados no processo de escolha dos indicadores, os pré-requisitos utilizados neste recorte foram: 1) Adequabilidade à realidade Antártica; e 2) Sensibilidade às mudanças, diante da importância da adaptabilidade da edificação ao longo dos anos em áreas de suscetibilidade ambiental. Assim, a partir dos indicadores levantados, foi realizada uma correlação de pertinência a esses dois conceitos e os indicadores selecionados a partir deste recorte foram dispostos na lista 2.

3.3 Estrutura Organizacional

Para cada lista pré-definida foi feita uma análise dissociada, com o objetivo de identificar similaridades e diferenças. Como método de análise foi utilizada a estrutura organizacional *CSD Theme Indicator Framework* (DESA 2007), sendo possível a identificação dos indicadores de maior influência na sustentabilidade local, e o reconhecimento das questões relevantes para inserção em edificações Antárticas.

O *CSD Theme Indicator Framework* é uma estrutura que organiza os indicadores de acordo com as 3 dimensões elementares da sustentabilidade – ambiental, social, econômica – e as subdivide em temas e subtemas. Segundo DESA (2007), esta é uma estratégia flexível que permite o agrupamento de dados, bem como a exclusão de itens. Deste modo, a inserção dos indicadores contidos nas listas numa estrutura organizacional padronizada permitiu a apreciação das diferenças e similaridades dos indicadores bem como facilitou o agrupamento.

Com os conceitos preconizados pela estrutura adotada, as dimensões e categorias foram selecionados a partir das ferramentas de avaliação de sustentabilidade. Na dimensão ambiental as categorias são: relações entre o edifício e o entorno; água; energia; materiais; resíduos; e emissões. Na dimensão social apresentam-se as categorias: conforto; segurança; e gestão da edificação. E na econômica foi selecionada a categoria custo. Com a análise e compilação das 2 listas, foi elaborado um conjunto de indicadores ajustados à realidade Antártica.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Análise dos resultados da Lista 1

Edificar em áreas de difícil acesso e de interesse ambiental como a Antártica, se caracteriza não somente pela busca de atividades de mitigação ou eliminação dos impactos ambientais e busca pela conservação do ambiente, como também deve ser levado em consideração que os condicionantes ambientais observados se caracterizam pelas piores condições para execução de edificações com as desejáveis condições de habitabilidade. Deste modo, os elementos resultantes na Lista 1 foram ponderados em função dos condicionantes e fatores limitantes, gerando eventualmente um ou mais indicadores resposta, conforme síntese na

Quadro 1.

Quadro 1. Exemplos dos indicadores oriundos da estrutura analítica SPR

Estado	Pressão	Resposta
Ventos fortes	Acúmulo de neve na fachada por a edificação funcionar como bloqueio à passagem do vento	Adoção de técnica de elevação ou de construção da edificação abaixo do nível do solo/gelo
Baixo índice de umidade absoluta	Favorecimento à propagação ao fogo	Adoção de estratégias adequadas à fuga de emergência
Variações climáticas	Curto espaço de tempo para construção	Adoção de sistema modular ou pré-fabricado, ou outro de rápida execução
Temperatura extremamente baixa	Alto consumo energético com sistemas de aquecimento	Aproveitamento do calor emanado dos equipamentos e dos ocupantes

A estrutura analítica SPR representa um ciclo de entendimento das pressões causadas pelos condicionantes na edificação e a reflexão das possibilidades de resolução. O processo de análise dos indicadores da estrutura também contribuiu para o enriquecimento dos dados, uma vez que permitiu ao usuário conjecturar sobre novas resoluções, técnicas ou materiais, mostrando-se como uma estrutura de possível adequabilidade temporal. Ressalta-se que os elementos colocados no Quadro 2 referem-se a exemplos considerados ilustrativos para o entendimento do processo de análise dinâmica, que se inicia com o entendimento dos fatores limitantes e/ou condicionantes que impactam na execução de edificações Antárticas, não significando que tais elementos de pressão ocasionem somente a pressão e a resposta registrados como exemplos.

Ao final, a Lista 1 de indicadores de sustentabilidade provenientes da estrutura analítica SPR contemplou 63 indicadores qualitativos. Estes foram agrupados numa estrutura organizacional em dimensões e categorias, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Quantitativo de indicadores da lista 1

Dimensão	Categoria	Quantidade de indicadores	
		Por categoria	Total
Ambiental	Relações entre o edifício e o entorno	7	39
	Água	6	
	Energia	6	
	Materiais	12	
	Resíduos	5	
	Emissões	3	
Social	Conforto	9	22
	Segurança	6	
Econômica	Gestão da edificação	7	2
	Custo	2	
Total de indicadores lista 1			63

Os indicadores oriundos da estrutura SPR relacionados às questões ambientais se mostraram mais numerosos, como era o esperado considerando se tratar de uma área de preservação ambiental. Ao analisar o quantitativo por categorias, as questões referentes aos materiais empregados alcançaram um número maior de indicadores. Tendo em vista que os indicadores finais são as respostas às pressões causadas pelos condicionantes ambientais, o quadro organizacional da Lista 1, permitiu afirmar que a pressão causada pelos condicionantes ambientais e pela distância geográfica da Antártica nos materiais é um dos aspectos de maior influência no processo construtivo das edificações.

4.2 Análise dos resultados da Lista 2

O levantamento feito nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade previamente selecionados gerou 134 indicadores passíveis de aplicação para as condições antárticas. Com o recorte a partir dos pré-requisitos de adequabilidade e sensibilidade às mudanças, o número de indicadores reduziu para 50. Ao inseri-los na estrutura organizacional, os indicadores se apresentaram conforme Tabela 4.

Tabela 4. Quantitativo de indicadores da lista 2

Dimensão	Categoria	Quantidade de indicadores	
		Por categoria	Total
Ambiental	Relações entre o edifício e o entorno	3	29
	Água	4	
	Energia	2	
	Materiais	12	
	Resíduos	3	
	Emissões	5	
Social	Conforto	11	19
	Segurança	3	
	Gestão da edificação	5	
Econômica	Custo	2	2
Total de indicadores lista 2			50

Alguns resultados divergiram dos resultados de maior destaque na Lista 1. A quantidade de indicadores relacionados às questões de alterações do ambiente e logística se apresentou inferior na Lista 2. No entanto, tal divergência vem ao encontro do pressuposto teórico que justifica o desenvolvimento dessa pesquisa, considerando que as ferramentas de avaliação são essencialmente voltadas para objetos inseridos no contexto urbano densificado. Por se tratar de outra realidade, os indicadores relacionados à sensibilidade ambiental e às dificuldades logísticas da Antártica não poderiam ser plenamente representados pela lista 2. Portanto, o agrupamento das 2 listas, com adição dos indicadores representativos contidos em cada lista e a exclusão dos indicadores ambíguos, representa o conjunto completo de indicadores direcionados à sustentabilidade de edificações na Antártica (Tabela 5).

Ainda que o conjunto final de indicadores se caracterize pela ênfase ao aspecto ambiental da sustentabilidade, foi na categoria conforto que os indicadores se destacaram, em particular, aqueles oriundos em sua maioria da Lista 2. Destaca-se que Antártica já contempla edificações construídas que abrigam pesquisadores por longos períodos, em condições climáticas extremas, onde é eminente a necessidade de preocupações inerentes aos aspectos de conforto do usuário. Deste modo, pode-se afirmar que a união dos resultados do procedimento metodológico e, conseqüentemente, das 2 listas correspondeu ao atendimento das questões, fornecendo as diretrizes fundamentais para que as novas construções na Antártica possam ser projetadas com base nos conceitos sustentáveis, inerentes ao lugar.

Tabela 5. Quantitativo final da lista de indicadores – agrupamento lista 1 e 2

Dimensão	Categoria	Quantidade de indicadores	
		Por categoria	Total
Ambiental	Relações entre o edifício e o entorno	9	57
	Água	6	
	Energia	7	
	Materiais	21	
	Resíduos	7	
	Emissões	7	
Social	Conforto	17	33
	Segurança	8	
	Gestão da edificação	8	
Econômica	Custo	2	2
Total de indicadores			92

Importa referir que numa análise superficial os 92 indicadores resultantes da conjugação das duas listas podem parecer um número excessivo, quando comparado com o número de indicadores usualmente utilizado nas ferramentas comerciais de avaliação da sustentabilidade, as quais se destinam a fazer avaliações rápidas de projetos mais ou menos tipificados em áreas urbanas densificadas. No entanto, se compreende que na realidade não é um número excessivo tendo em consideração toda a pesquisa e detalhamento necessários ao desenvolvimento e implementação dos projetos na Antártica, dadas a especificidade e severidade das condições locais, quando comparadas com os condicionantes existentes nas áreas urbanas convencionais.

5 CONCLUSÕES

As diretrizes para a proposição de indicadores na Antártica fornecem subsídios para o planeamento de projetos alicerçados nos princípios da sustentabilidade, uma vez que alcançou a aquisição dos indicadores referentes às principais preocupações inerentes a tal realidade, ou seja: logística, seleção de materiais, impactos ambientais causados pela inserção da edificação, e conforto dos usuários. Destaca-se que os estudos foram direcionados para a condição ambiental e geográfica verificada na Antártica, com a obtenção dos indicadores a partir da adaptação de estruturas analíticas reconhecidas, observando a necessidade de flexibilidade da proposta visando a aplicabilidade da metodologia em outras situações semelhantes.

O total de 92 indicadores representa um conjunto aproximado à realidade da Antártica. O prosseguimento da pesquisa passa pela avaliação da efetiva exequibilidade dos indicadores selecionados e posterior refinamento por meio da definição das unidades de medidas e pesos, de acordo com a importância do indicador no contexto específico de inserção.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio à pesquisa

REFERÊNCIAS

Alvarez, C. E. de. 1995. *Arquitetura na Antártica: ênfase nas edificações brasileiras em madeira*. Dissertação. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU/USP): São Paulo.

Alvarez, C.E. de & Souza, A. D. S. (coord.). 2011. *ASUS: Avaliação de sustentabilidade*. Disponível em: <<http://www.lppufes.org/asus/ferramenta.php#>>. Acesso em: 12 abr. 2014.

Alwaer, H. & Clements-Croome, D.J. 2010. Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings. *Building and Environment* v. 45, n. 4, p. 799–807.

Alyami, S. & Rezglu, Y. 2012. Sustainable building assessment tool development approach. *Sustainable Cities and Society*, 5, 52-62.

Baratella, P. 2011. *Análise do desenvolvimento de indicadores para avaliação de sustentabilidade de edifícios brasileiros*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas: Campinas.

Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM). 2009. *BRE Environmental & Sustainability Standard*. [S.l.]: Global.

Cole, R. J. & Larsson, N. 2002. *Building challenge 2002: GBTool user manual*. Disponível em: <http://www.iisbe.org/download/gbc2005/GBC2k2/GBC2k2_Manual_A4.pdf>. Acesso em: 28 Maio, 2014.

Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE). 2014. Assessment Tool. Disponível em: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE>. Acesso em: 28 Julho, 2014.

United Nations Division for Sustainable Development/ Department Of Economic And Social Affairs (DESA). 2007. *Indicators of sustainable Development: Framework and methodologies*. DESA/DSD/2007. Background Paper 3rd Ed.

Fundação Carlos Alberto Vanzolini (FCAV). 2014. *Referencial técnico de certificação "Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA"*: Escritórios e Edifícios escolares. São Paulo: FCAV.

Guide pratique du referentiel pour la Qualité Environnementale des Bâtiments. 2014. Paris: Gertivéa.

International Association of Antarctica Tour Operators (IAATO). 2012. Estatística do Turismo. Disponível em: <<http://iaato.org/tourism-statistics>> Acesso em: 15 set. 2014.

International Organization for Standardization (ISO). 2011. ISO/ TC 59/ SC 17. *ISO 21929-1 - Sustainability in building construction — Sustainability indicators —Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings*: Geneva.

Quiroga, R. 2001. *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. Santiago de Chile.

Ricardo Mateus, Luís Bragança; "Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBTool^{PT-H}", *Building and Environment*, Volume 46, Issue 10, October 2011, Pages 1962-1971, ISSN 0360-1323.

Segnestam, L. 2002. Indicators of Environment and Sustainable. *The World Bank Environment Department*. Washington.

US Green Building Council (USGBC). 2014. *LEED v4 User Guide*. Disponível em: <http://www.usgbc.org/resources/leed-v4-user-guide>. Acesso em: May 28, 2014.

Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). 2003. OECD environmental indicators: Development, measurement and use. Disponível em: <<http://http://www.oecd.org> > Acesso em: 13 out. 2013.

Cost optimal strategies for the renovation of residential neighbourhoods towards energy and emissions neutrality – Rainha Dona Leonor case study

Marco Ferreira

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, State/Province, Portugal
marcoferreira@civil.uminho.pt

Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, State/Province, Portugal
malmeida@civil.uminho.pt

Ana Rodrigues

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, State/Province, Portugal
anarocha32846@yahoo.co.uk

ABSTRACT: Buildings are one of the major consumers of energy in Europe. This makes them an important target when aiming to reduce the energy consumptions and carbon emissions. The majority of the European building stock has already some decades and so it needs renovation in order to keep its functionality. Taking advantage of these interventions, the energy performance of the buildings may also be improved. In Portugal the renovation techniques, both regarding energy efficiency measures as well as measures for the use of renewable energy sources, are normally planned at the building scale. It is important to explore the possibility of having large scale interventions, has it has been done in other countries, namely at neighbourhood scale with district energy system in order to optimize the results in terms of costs and environmental impact.

Keywords: European Building Stock; Energy Performance of Buildings; Cost Optimal Strategies; residential renovation

1 INTRODUCTION

Climate changes are affecting peoples' life and are expected to severely increase their impact over the next years. In Europe, the European Commission has been taking some measures in order to mitigate the climate changes. Most of these measures are regulations which aim at reducing the greenhouse gas emissions. One of these policies is known as the 20-20-20 (EC, 2008). The 20-20-20 targets consist of reducing the primary energy consumption by 20%, reducing the carbon emissions by 20% and increasing the contribution of renewable energy by 20%, until 2020 (CEC, 2008). Besides this, there is also the intention of increasing the interconnection of the electric net among the EU member states by 10% (European Commission, 2014). In the meantime, other targets have been set for 2030, such as reducing the greenhouse gas emissions by 40%, when comparing with 1990 values, increase the energy efficiency in 27%, increase the contribution of the renewable energy in 27% and finally increasing the completion of the internal energy market by developing an electricity interconnection between the member states of 15% (EC, 2014). To achieve these values it is necessary to act in different sectors, such as transports, buildings, agriculture, electricity production and industry (EC, 2011). Buildings sector is one of the sectors that presents a great potential for reducing the carbon emissions, of around 90% below 1990 levels until 2050 (EC, 2011).

The building sector represents a long-lasting physical capital and any measures taken or not taken today will leave a legacy for many decades to come. There is some evidence that updates

and mandatory energy-efficiency standards in buildings are the most effective instruments to increase the energy efficiency. These standards may refer to different elements of a building (UN, 2011). As an example, the European Commission made public a mandatory regulation for all member states, the Energy Performance of Buildings Directive, EPBD (EP/EC, 2010), that introduces two main concepts, namely, cost-optimal energy performance and nearly-zero energy buildings. The cost-optimal energy performance is regulated by a common methodology framework to evaluate the cost effectiveness of the constructive solutions for buildings or buildings elements, which balances the global costs of renovation with energy needs that come from a certain renovation process. The nearly zero building is a concept mainly related to buildings with very low energy needs. The EPBD states that each member state should define their requirements to classify a building as nearly zero (EP/EC, 2010).

Despite the fact the energy performance of buildings depends much on the systems for heating, cooling and DHW, the buildings envelope must not be underestimated, once it reduces the temperature exchanges with the outside environment, contributing not only to the optimized performance of the systems (OECD/IEA, 2013) but also to a better indoor environment. The roadmap 2050, states that a balance between an efficient envelope and advanced equipment needs to be established at the regional or local level (OECD/IEA, 2013).

In what concerns the systems for heating, cooling and DHW, and considering they are responsible for the biggest amount of energy consumption within buildings energy use, it is predicted that energy efficient heating and cooling technologies have the potential of reducing CO₂ emissions by up to 2 Gt by 2050. These technologies may include solar thermal, combined heat and power (CHP), heat pumps and thermal energy storage, photovoltaic, urban wind energy and biomass (OECD/IEA, 2011).

According to OECD and IEA, district heating is the most energy-efficient heating solution in densely-built areas. In rural areas, where there are mostly detached houses, the heating systems will be replaced by heat pumps, electric heating and wood fuels (OECD/IEA, 2011).

The key to answer to the current energy demands with their consequent carbon emissions seems to be the use of renewable sources of energy, such as hydroelectric, wind, solar photovoltaic, solar thermal or geothermal. These types of energy sources do not involve direct greenhouse gas emissions (UN, 2011).

The problem is when the intervention at building scale is constrained by the buildings specific characteristics or low cost effectiveness, not allowing the introduction of some technics which are available for new buildings. This situation is encouraging some cities to go to the next level on the effort of achieving more energy efficient buildings by using district energy systems. The increase in the energy efficiency of the neighbourhood always depend on the energy mix. However, it can help to increase the efficiency in about 20% considering the neighbourhoods buildings as a whole. District energy systems creates the opportunity of reducing the carbon emissions and increases the energy efficiency in buildings in ways that could not be possible when done at building scale, especially when renewable energy sources are involved.

To better understand the potential of energy performance improvement on existing buildings using the district energy technologies, namely renewable energy sources, the case of a social neighbourhood has been analysed. Based on the cost-optimal methodology, following the Delegated Regulation nº 244/2012 (EC, 2012), the cost-optimal solutions including renewable systems at building and district scales, are compared.

2 DISTRICT TECHNOLOGIES FOR HEATING, COOLING AND DHW

From the energy production until the final consumer a great amount of energy is lost by conversion. These losses affect seriously the balance between the energy supply and the energy consumption. In the European Union 30% of the energy is used in transformation before it is

available for consumption. According to the European Environment Agency, in 2009, conventional power plants had an average transformation efficiency of 50% (EEA, 2014). If the efficiency levels of the energy conversion increase 75%, 10% of the EU greenhouse gas emissions could be avoided (EEA, 2014).

Most of the times the buildings systems are designed to be applied at the building scale (a single house or fractions). However, the neighbourhood scale is gaining its role in the energy efficiency issues. The current Combined Heat and Power plants (CHP) also known as co-generation, are gaining relevance in district energy systems (UN, 2011). The district technologies may include a variety of fuels, such as biomass, surplus heat, wastes, solar and wind (IDEA, 2012). For example, the waste incineration, releases steam which is used to heat and cool water that circulates in pipes and then it is connected to buildings heating/cooling grids. Another possibility is geothermal fields, which take advantage of the earth heat. The heat is brought to surface by underground water circulation and by intrusion into earth's crust. A geothermal plant pumps the steam or hot water from the cavities beneath the earth surface (RNP, 2014). Biomass can also generate electricity and combined heat and power via steam turbines in the power plants. Generally this plants are ten times smaller than coal plants, but it all depends on the size of the district it has to serve. These technologies are used to dispose large amounts of residues and wastes. With the right quality of wood chips in modern CHP plants, electric efficiency can reach 34% (IEA, 2007). Another technology that is used is the district solar energy, which uses the solar irradiance to produce electricity using photovoltaic panels and concentrating solar power to produce thermal energy. There is also the wind energy, where electricity is produced by the use of wind turbines located onshore or offshore (IPCC, 2012).

These district technologies have led to the creation of neighbourhood concepts such as: energy positive neighbourhood and carbon neutral communities. The first concept is when the neighbourhood generates more energy from renewable sources than it consumes. The surplus energy is exported or stored. In what concerns carbon emissions, these neighbourhoods show a significant decrease on their values. The second concept is when the neighbourhood has zero carbon emissions due to on-site energy production based on renewable energy sources.

Cases like the Western Harbour, Malmo, Sweden, where the thermal aquifer was used to supply energy to the buildings are good examples of it. The aquifer system is supported by heat pumps for heating and cooling and also cooling machines. The system produces 3900MWh heating per year and 3400MWh cooling per year. To supply electricity in the near-by areas, wind power and photovoltaics are being used (INTERREG/IVC, 2014).

The BedZED in the United Kingdom uses wood-fuelled combined heat and power plant. It is an example of small scale carbon neutral technologies. Figure 1 shows the general scheme of combined biomass power plant.

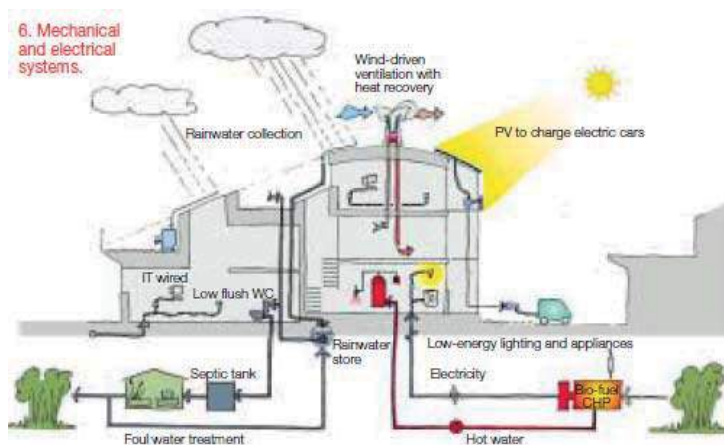


Figure 1 Generic scheme of the BedZED (Twinn, 2003)

A CHP like this works based on proprietary gasifier system which converts woodchips into a wood-gas that will fuel the CHP spark ignition engine (Twinn, 2003).

There are other examples like the Vatican. In the Vatican auditorium there have been installed photovoltaic panels, which produce 300 MWh per year (Inhabitat, 2009). The energy produced is used in the auditorium and when it is not being used, the power is stored in the Vatican's power network (BBC, 2008)



Figure 2 Photovoltaic panels in Vatican city (Inhabitat, 2014)

In Denmark, Samsø Island has gone from a great consumer of coal and oil into an energy exporter. It uses wind turbines to produce electricity, solar panels and biomass to produce heat. Nowadays the island produces 10% more than it uses. Some of the wind turbines are off-shore (Biello, 2010).



Figure 3 Wind turbines off-shore in Samsø, Denmark (Edinenergy, 2014)

Other example is Masdar city in Abu Dhabi, in which in the project phase was established zero-carbon, zero-waste, car-free municipality goals for 50 000 residents. This is a whole new city yet into construction process. The city electricity needs are intended to be supplied by photovoltaic panels and wind towers.

Another example is the district heating in Sheffield, which is based on the process of co-generation which is the use of heat that results from transformations processes such as incineration, and use it to heat water that circulates in pipe grids which supply the buildings. Figure 4 shows a generic scheme of the Sheffield cogeneration process.

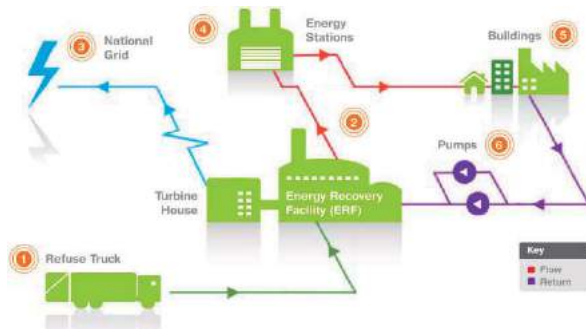


Figure 4 Key components of district heating process in Sheffield (Finney, Swithenbank & Sharifi, 2011)

Table 1 summarizes the characteristics of the district technologies above mentioned. The case of Masdar has not been included, once it is still in construction and there is not a feedback of the cities real performance.

Table 1 Summary of the district technologies above mentioned

Name	Dimensions	Type of system	Produced energy
Western Harbour, Malmo, Sweden	Serves 1000 dwellings	Thermal aquifer supported by heat pumps with COP 3.15; 120 m ² of photovoltaic; 1400 m ² solar collectors and wind power	3900MWh/y for heating, 3400MWh/y for cooling and the PV and wind power produce 100% of the electrical energy
BedZED, UK	Serves 220 residents (99 homes) and 100 office workers	130 kW biomass combined heat and power plant (CHP); 777m ² of photovoltaic panels	88.000 kWh of electricity from the PV panels. CHP is not working properly 300 MWh/y of electrical energy
Vatican	2400 photovoltaic panels	Photovoltaic systems	(equivalent to annual needs of 100 households)
Samso, Denmark	11 onshore and 10 offshore wind turbines (34 MW)	Wind turbines for electricity/ solar panels and biomass for DH	1 MW wind turbine powers 630 homes
Sheffield, UT	Network Pipelines with 44 km, serving 140 buildings and 3000 residential environments	Combined heat power plant (CHP)	60MW of thermal energy and 21MW of electrical energy

3 COST OPTIMAL METHODOLOGY

To evaluate the potential of energy performance improvement on existing buildings, the case of a social neighbourhood has been analysed. Using the cost-optimal methodology (EC, 2012), the cost-optimal solutions including renewable systems at building scale and at district scale, are compared. The analysis starts with the energy characterization of each building, with the calculation of the energy needs following the Portuguese thermal building regulation, which is based on the ISO-13790.

After this energy characterization it is necessary to establish renovation measures which are able to improve the energy performance of the buildings. Usually these measures are targeted to improve the energy efficiency of the components of the buildings envelope (walls, roof, floor and windows). The chosen renovation measures always affect more than one of the buildings elements. For each package of energy efficiency measures, different combinations of building integrated technical systems (BITS) for heating, cooling and DHW are tested and individual and

district renewable energy systems are considered. For each building renovation scenario, the energy use for heating, cooling and DHW is calculated and the non-renewable primary energy use is derived. The conversion factors are $2.5\text{kWh}_{PE}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ per kWh/m^2 for electricity and $1\text{kWh}_{PE}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ per kWh/m^2 for gas (MEE, 2013).

The next step is to calculate the global costs for each renovation scenario. The global costs depend on the initial investment and on the costs related to the measures during the buildings life cycle (EC, 2012). The energy evolution of costs follows the predictions of the UE trends 2030 (European Commission, 2009) and 2050 Roadmap for the electricity and the IEA Energy Outlook 2011 for the gas (IEA, 2011). The biomass costs are based on the Portuguese market costs. The initial investments and maintenance costs were based on the Cype® software for generating prices (CYPE, 2014). The costs of the district solution with solar panels follow a reference value from CANSIA Solar Thermal Community Action Manual (CANSIA, 2008). The solution with the lowest global cost is the cost-optimal solution.

With the calculation of the primary energy use and global costs for each renovation measure, it is possible to determine the cost optimal measures for each building, by comparing it to other analysed renovation measures. This process is based on the cost optimal methodology proposed by the European Commission Delegated Regulation nº 244/2012 (EC, 2012). The same methodology can be used at a neighbourhood scale with the right adjustments on the investments and maintenance of the district system.

At the end it is possible to compare the global costs, at building scale and at neighbourhood scale, for each renovation solution.

4 CASE STUDY

4.1 Buildings characterization

The analysed case study is a social housing neighbourhood called Rainha Dona Leonor. It is located in Porto, Northwest of Portugal, and it was built in 1953. It has blocks of apartments and villas. The part of the neighbourhood used for the study consists of twenty two villas, which used to have four apartments each, divided by two floors.

The villas no longer comply with the current living patterns and the four apartments were converted in two, one in each floor. Besides these changes, the project also includes improvements on the buildings envelope. Most of the villas are semi-detached houses or row houses. The envelope did not have any insulation and there were wooden window frames with simple glazing and external plastic shutters. The system for DHW production was an electric heater with storage tank and there were no heating/cooling systems apart from portable electric heaters or fan coils. Figure 5 shows the horizontal plant of the neighbourhood.



Figure 5 Neighbourhood horizontal plan

4.2 Renovation process and alternative scenarios

The implemented renovation solution includes ETICS with a 6 cm thick layer of EPS in the exterior walls, XPS with 5 cm in the roof, wooden frame windows with double glazing and a new electrical water heater with storage tank. For heating, the renovation solution considered HVAC system with multi-splits. It also includes solar panels for DWH pre-heating. Table 2 shows the energy needs, the primary energy use and emissions for the initial situation of the building and considering the above mentioned renovation solution (after renovation).

Table 2 Summary of energy needs and carbon emissions before and after renovation

	Heating needs (kWh/m ² .a)	Cooling needs (kWh/m ² .a)	DHW (kWh/m ² .a)	Primary energy use (kWh/m ² .a)	Emissions (Ton eq CO ₂)
Before renovation	84	17	29	478	24
After renovation	33	11	29	292	14

Table 3 Summary of the analysed measures for the buildings envelope

	Roof	Wall	Floor	Window
Base	XPS 5cm	EPS 6cm	–	–
M1	RW 8cm	–	–	–
M2	RW 14cm	–	–	–
M3	RW 14cm	–	RW 4cm	–
M4	RW 14cm	–	RW 8cm	–
M5	RW 14cm	EPS 4cm	RW 8cm	–
M6	RW 14cm	EPS 10cm	RW 8cm	–
M7	RW 14cm	EPS 10cm	RW 8cm	PVC 2,4
M8	RW 14cm	EPS 10cm	RW 8cm	PVC 2,1
M9	RW 14cm	EPS 10cm	RW 8cm	PVC 2,0
M1a	ICB 4cm	–	–	–
M2a	ICB 8cm	–	–	–
M3a	ICB 8cm	–	ICB 4cm	–
M4a	ICB 8cm	–	ICB 8cm	–
M5a	ICB 8cm	ICB 4cm	ICB 8cm	–
M6a	ICB 8cm	ICB 8cm	ICB 8cm	–
M7a	ICB 8cm	ICB 8cm	ICB 8cm	wood 2,9
M8a	ICB 8cm	ICB 8cm	ICB 8cm	wood 2,5
M9a	ICB 8cm	ICB 8cm	ICB 8cm	wood 2,4

Taking the implemented renovation solution as base solution, alternative renovation scenarios were analysed. The analysed measures and BITS are presented in tables 3 and 4. The alternative scenarios result from the combination of each BITS with each one of the envelope solutions. In table 3, the base solution is the chosen renovation solution. Given the buildings thermal inertia and the implementation of insulation in the roof, the thermal regulation does not consider the cooling energy needs. Therefore the BITS combinations do not present a system to deal with the cooling needs.

The results of the cost-optimal analysis at building scale are presented in figure 6. In the figure, each group of markers corresponds to each one of the BITS combinations. Inside each group of markers, each point is one of the analysed combinations for the buildings envelope.

Table 4 Summary of the analysed BITS at building scale

	Heating	Cooling	DHW	Renewable
BITS 1	Gas boiler	–	Gas boiler	–
BITS 2	Heat pump	–	Heat pump	–
BITS 3	Heat pump	–	Heat pump	PV
BITS 4	Biomass boiler	–	Biomass boiler	–
BITS 5	Electric heaters	–	Electric heater	ST

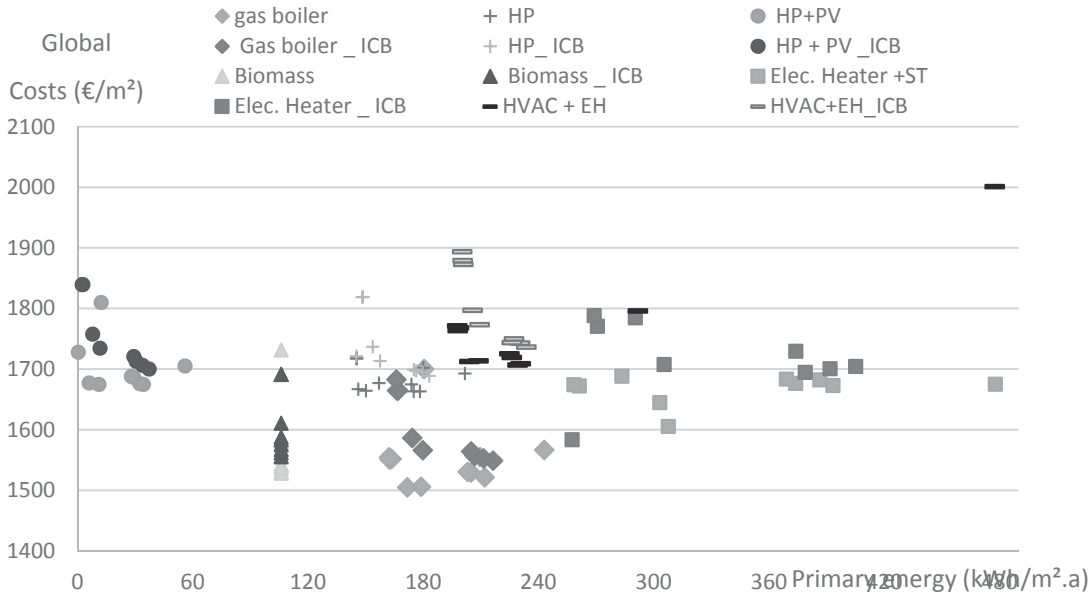


Figure 6 Cost optimal results for the analysed renovation scenarios at building scale

Looking at figure 6 it is possible to see that the cost optimal solution (marker with lowest global costs) includes the gas boiler for heating and DHW, with ETICS with 10cm of EPS for the external walls, 14cm of rock wool in the roof and 8cm of rock wool on the floor. The window solution is similar to the existing one. The second best solution concerning the BITS is the biomass boiler for heating and DHW.

4.3 Cost optimal for neighbourhood scale

Considering the same renovation measures for the buildings envelope this analysis intended to understand the potential of applying community solutions to fulfil the energy needs for heating and DHW. The most common solutions in Portugal are photovoltaic panels and solar thermal panels. The heat district and CHP are just giving their first steps. For this study, a solution of solar thermal panels that produce DHW to the whole neighbourhood, including a storage tank, was considered. This system is backed by individual electric heaters in each of the dwellings. The results are presented in figure 7, with the analysed renovation measures with solar thermal system at building scale and also at neighbourhood scale.

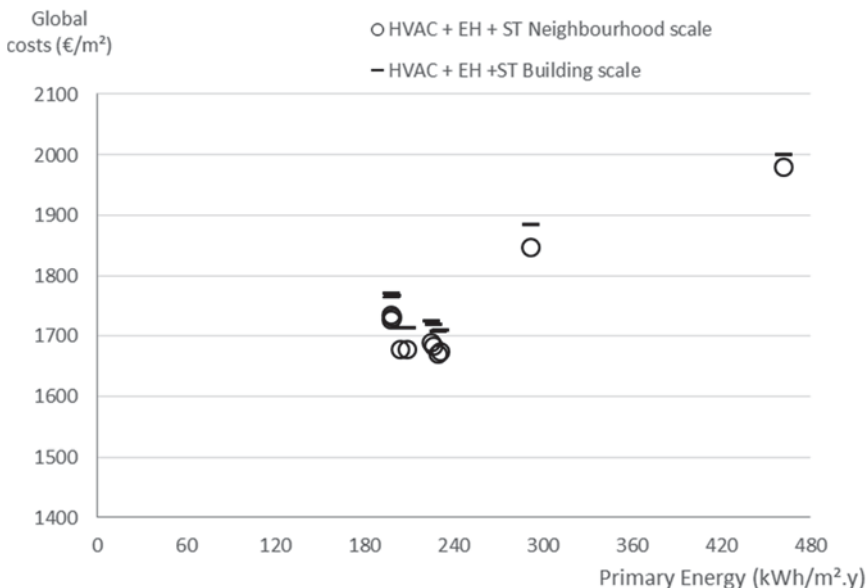


Figure 7 Cost optimal results for the analysed renovation scenarios at neighbourhood scale

Comparing the results of the building scale and the neighbourhood scale, it is possible to see that for the same combination of BITS, with a solar thermal system for the whole neighbourhood, the global costs are lower around 40 €/m² at the neighbourhood scale. The cost-optimal solution for the renovation of the building envelope does not suffer changes with the introduction of this neighbourhood scale system meaning that the cost optimal solution is the same considering either the building or the neighbourhood scale.

5 CONCLUSIONS

District energy is not new, with many systems implemented during the 20th century in several countries around the world, but has been recently gaining interest because of the increasing emphasis on energy efficiency, environmental performance, and the growth of on-site renewable energy sources that present challenges regarding their integration in global grid.

The district energy systems have the ability of tackling large-scale energy problems on a local level, with local resources allowing providing energy more efficiently, more resiliently, and emitting less carbon into the atmosphere than building scale systems. The benefits of district energy systems include lower investment costs for building owners or promoters as they do not need to provide individual systems, elimination of space normally used in buildings for individual systems and might result in cheaper energy for the end users due to economies of scale, higher operating efficiencies, and the potential to use lower-cost, primary-energy sources.

Major problems with the diffusion of these systems are the high investment costs and the economic risks related to building loads not happening as planned or reduction of building loads due to changes in the use of energy by the buildings users. In Portugal, although the traditional cultural accommodation to low comfort levels block the opportunity of using these systems for heating or cooling, for DHW preparation (as presented in this paper with solar thermal) or electricity generation, the solar potential of our climate and the high energy prices present a real opportunity that worth exploring to deal with the growing demand for energy, the dependency on depleting fossil fuels, and climate change.

REFERENCES

- Canadian Solar Industries Association- CANSIA. 2008 . Solar Thermal Community Action Manual –OSEA. Ontario:CANSIA.
- Commission of the European Communities – CEC. 2008 Directive of the European parliament and of the council on the promotion of the use of energy from renewable sources.
- European Commission - EC. 2008 Europe's climate change opportunity In *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - 20 20 by 2020 -*
- CYPE Ingenieros S.A. 2014 Gerador de preços <http://www.geradordeprecos.info/> Accessed on: 16-10-2014
- European Parliament – EP. 2012 Delegated Regulation (EU) N° 244/2012 of 16 January. Brussels: EP.
- European Parliament/ European Council – EP/EC. 2010. Directive 2010/31/EU. Brussels: EP/EC.
- European Commission- EC. 2011 Energy Roadmap, 2050 Impact assessment and scenario analysis. Brussels: EC.
- European Commission- EC. 2014 Energy and climate goals for 2030. Brussels: EC. http://ec.europa.eu/energy/2030_en.htm Accessed on 17-11-2014
- European Environment Agency- EEA. 2012. Energy efficiency in transformation - ENER 011. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/energy-efficiency-in-transformation/energy-efficiency-in-transformation-assessment-3> Accessed on 22-10-2014
- European Parliament/ European Council – EP/EC. 2010 Directive 2010/31/EU Energy Performance Building Directive (recast), OJEU. Brussels: EC.
- Interregional Cooperation Programme - INTERREG IVC. 2014. Geo power project. <http://geopower-i4c.eu/index.php?page=bpview&id=16> Accessed on 17-11-2014

International District Energy Association – IDEA. 2005 IDEA Report: The district Energy Industry. Westborough: International District Energy Association. http://www.districtenergy.org/pdfs/IDEA_Industry_White_Paper.pdf Accessed on 23-11-2014

International Energy Agency - IEA. 2007. The Biomass for Power Generation and CHP. In IEA Energy Technology Essentials <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/essentials3.pdf> Accessed on 23-11-2014

IPCC, 2012 Renewable energy sources and climate changes mitigation, Summary for policymakers and technical summary.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico/ International Energy Agency - OCDE/IEA. 2013 Technology Roadmap Energy efficient buildings envelopes, France

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico/ International Energy Agency - OCDE/IEA. 2011 Technology Roadmap Energy-efficient Buildings: Heating and cooling Equipment, France

Di Justo, P. 2010. Nine of The World’s Most Promising Carbon Neutral Communities. In *Popular Science* <http://www.popsci.com/science/article/2009-06/nine-worlds-most-promising-carbon-neutral-communities?dom=PSC&loc=recent&lnk=1&con=nine-of-the-worlds-most-promising-carbonneutral-communitie> Accessed on 24-10-2014

Renewable Northwest Project – RNP. 2006 Geothermal Power. Portland

Biello, D. 2010. Percent Renewable? One Danish Island Experiments with clean Power In *Scientific American* <http://www.scientificamerican.com/article/samso-attempts-100-percent-renewable-power/> Accessed on 18-11-2014

Twinn, C. 2003. BedZED, Arup Journal last viewed 24-10-2014
http://www.arup.com/_assets/_download/download68.pdf

United Nations – UN. 2011. Climate Neutral cities, How to make cities less energy and carbon intensive and more resilient to climate challenges. In *Economic Commission for Europe 2011* New York, Geneva.

Zero Energy Development - Zed Factory. 2014. BEDZed. <http://www.zedfactory.com/zed/?q=node/102> Accessed on 22-10-2014

Espaços livres privados e legislação urbanística: interferências na qualidade urbana

Renata Mattos Simões

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Colatina, Coordenadoria de Edificações, Colatina, Espírito Santo, Brasil

renatamattos@ifes.edu.br

Flavia Lethicia Prando Torezani

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Colatina, Coordenadoria de Arquitetura e Urbanismo, Colatina, Espírito Santo, Brasil

flavialpt@gmail.com

ABSTRACT: This research proposes to study the private open spaces, coming from the vertical batch within occupations at its maximum extent permitted by local legislation, specifically on Noêmia Vitali district, allotment arose in 2008, regarded as noble area and only residential and the Honório Fraga district, already consolidated and dense, mixed occupation. The methodology adopted consists of analyzing the current situation and possible simulation of vertical fills these areas. As a result, will be presented images and comparisons showing how the vertical constructions are not root causes of disorders, if the free space within the lot compensate for these constructions.

Keywords: occupation, legislation, vertical.

RESUMO: A presente pesquisa propõe-se a estudar os espaços livres privados, oriundos das ocupações verticais intralotes em seu limite máximo permitido pela legislação local, especificamente no Bairro Noêmia Vitali, loteamento surgido em 2008, visto como área nobre e somente residencial e o Bairro Honório Fraga, já consolidado e adensado, de ocupação mista. A metodologia adotada consiste na análise do quadro atual e da simulação de possíveis preenchimentos verticais dessas áreas. Como resultado, serão apresentadas imagens e comparativos que mostram como as construções verticais não são fonte causadora de transtornos se o espaço livre dentro do lote compensar essas construções.

Palavras-chave: ocupação, legislação, verticalização, espaço-livre privado.

1 INTRODUÇÃO

Ao observar as cidades, notamos o surgimento de construções verticais surgindo constantemente. São edificações únicas ou em conjunto ocupando um espaço e modificando a paisagem do entorno. Essas ocupações, em sua maioria, visam sempre construir nos limites máximos permitidos. E não há um entendimento de que o planejamento do espaço livre privado é parte de sistema de espaços que poderiam qualificar o ambiente urbano.

Os espaços livres podem ser definidos como o espaço que não é construído, seja ele público ou privado. Segundo Tardin (2008), geralmente os espaços livres são o que “sobra” do espaço ocupado.

Os municípios estabelecem, cada um à sua maneira, um conjunto de normas a fim de orientar as construções e a ocupação das áreas da cidade. Mas, como seria se todo o espaço passível de construção fosse ocupado?

O pensamento que sustenta tais questões e a metodologia adotada para esta pesquisa partem de uma análise do presente e de uma simulação eletrônica das diferentes possibilidades de ocupações de áreas privadas e seus espaços livres intralotes que podem surgir se tivermos uma ocupação máxima. Mostramos também, por meio de prospectiva, as condições de insolação, céu visível e ventilação que são indispensáveis ao conforto e bem estar nessas variações de ocupação.

Ao final, as autoras concluem que o problema não está na verticalização, mas no adensamento.

2 OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo demonstrar que as possíveis mudanças da paisagem construída têm pouca (ou nenhuma) relação com os espaços livres gerados. As condições de planejamento e ordenação do uso e da ocupação do solo, contidas no Plano Diretor Municipal de Colatina, Lei nº 5.273, de 12 de março de 2.007, apresentam dados restritivos que limitam o desenho das edificações e não garantem a qualidade espacial e a qualidade da paisagem da cidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para os estudos com simulação gráfica presentes neste trabalho, foram escolhidas duas áreas que serão chamadas de unidades de paisagem, que configuram, segundo Campos, 2011 p. 132, o conjunto de variáveis “junto dos espaços livres, do sistema viário e dos espaços livres intralotes, a morfologia das ocupações, variando de acordo com a tipologia, a taxa de ocupação do lote a área total edificada.”

Para a simulação dos modelos volumétricos, determinados a partir do estudo da área dos lotes e dos índices urbanos fixados pela legislação vigente, foram usados os programas SketchUp e AutoCAD, e para a simulação de túnel de vento foi usado o Vasari.

Os procedimentos metodológicos para a pesquisa foram: revisão bibliográfica acerca do tema proposto; levantamento de dados, fornecidos pela Prefeitura Municipal de Colatina; seleção das Zonas urbanas de Colatina-ES para pesquisa de campo a fim de selecionar as unidades de paisagem com variáveis significativas para o estudo proposto; e simulações gráficas.

Para cada unidade de paisagem foram feitas 3 simulações de ocupação, utilizando sempre a primeira como referência:

- na primeira foi representada a situação que caracteriza a atual tendência de ocupação;
- na segunda, a Taxa de Ocupação (TO) foi alterada (unindo dois lotes) e o Coeficiente de Aproveitamento (CA) foi mantido;
- na terceira, foi mantida a Taxa de Ocupação (TO) e o Coeficiente de Aproveitamento (CA) foi explorado ao máximo permitido pela legislação urbanística.

Sobre as simulações de ocupação foram geradas imagens de impacto das volumetrias nas paisagens, máscaras de obstrução indicando o céu visível, diagramas verticais de insolação e simulações de ventilação.

4 DADOS GEOGRÁFICOS

Localizada no Noroeste do Espírito Santo (Fig. 1), na região do Vale do Rio Doce, a 135 km da Vitória, Colatina conta hoje com uma média de 120 mil habitantes numa área de 1439 m², sendo 80% da população habitante da zona urbana e 20% da zona rural da cidade (<http://www.colatina.es.gov.br/acidade/?pagina=geografia>; acesso 17/02/2014).

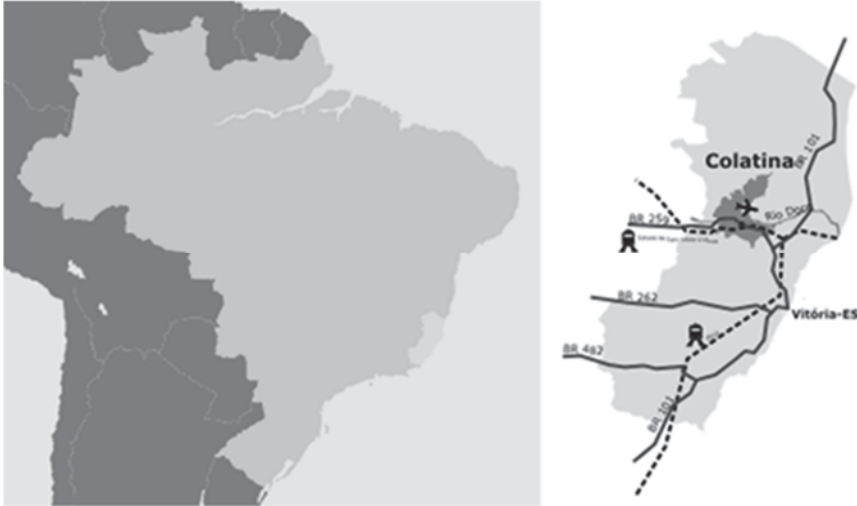


Figura 1. Localização de Colatina.

A topografia da cidade varia de ondulada a montanhosa, com altitudes entre 40 e 600 metros. A ocupação da cidade acontece tanto nas áreas de baixo quanto nas de alto relevo.

5 DESENVOLVIMENTO

As unidades de paisagem escolhidas (Fig. 2) para serem analisadas durante a pesquisa pertencem a bairros com diferentes características de consolidação urbana. A primeira, no bairro Noêmia Vitali, apresenta uma morfologia ainda não consolidada, pertence ao zoneamento urbano ZRI-2 e surgiu de um loteamento novo, que passa por visíveis transformações. A segunda, no bairro Honório Fraga, apresenta adensamento definido (mas não definitivo) e pertence ao zoneamento urbano ZR3.

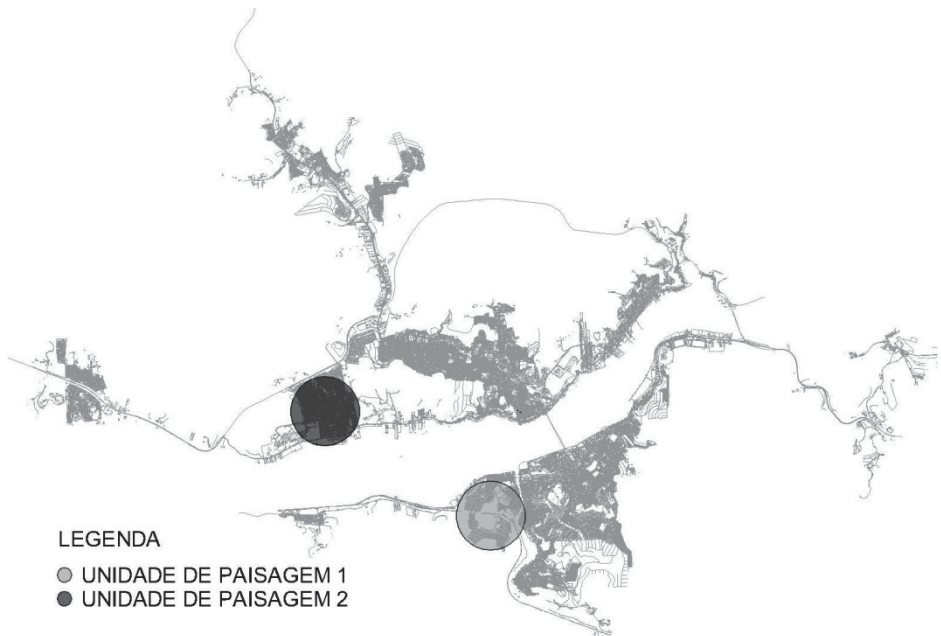


Figura 2. Localização das Unidades de Paisagem.

5.1 Unidade de paisagem 1

Foi considerado, para a análise, o terreno padrão do loteamento, com medidas de 14.3x22 e área de 314m², e os dados para as 3 simulações de ocupação (Tabela 1) são:

Tabela1. Índices

Taxa de ocupação	Afastamentos mínimos (m)			Área mínima	Testada mínima	Gabarito	C.A
%	Frete	Fundos	Laterais	m ²	m		
70	3,0	3,0	1,5	300	12	6	4,8

- Na primeira foi representada a situação que caracteriza a atual tendência de ocupação: residências unifamiliares com gabarito de 2 pavimentos (Fig. 3);
- na segunda, o gabarito passou a ter 4 pavimentos, mas o Coeficiente de Aproveitamento (CA) da primeira situação foi mantido com a união de dois lotes. Pode-se observar, nesse caso, que a área livre aumentou 3 vezes em relação à primeira situação (Fig. 4);
- Na terceira, foi mantida a Taxa de Ocupação (TO) da primeira situação e o Coeficiente de Aproveitamento foi explorado ao máximo (3,4), gerando edificações com gabarito de 6 pavimentos (Fig. 3).

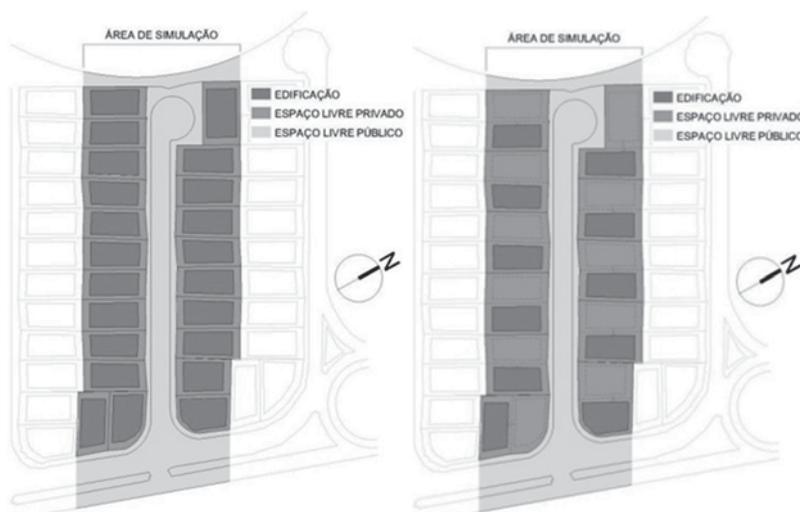


Figura 3. Situações 1 e 3. Figura 4. Situação 2.

Os dados numéricos dessas ocupações constam na seguinte tabela (Tabela 2):

Tabela2. Simulações de ocupação

Situação	área do lote	área ocupada	taxa de ocupação	área livre	gabarito	C.A.
	m ²	m ²	%	m ²		
1	314,0	175,50	55,90	138,50	2	1,11
2	628,0	175,50	28,40	442,50	4	1,11
3	314,0	175,50	55,90	138,50	6	3,4



Figura 5. Paisagem Situação 1. Figura 6. Paisagem Situação 2. Figura 7. Paisagem Situação 3.

Os diferentes impactos na paisagem das 3 situações de ocupação podem ser percebidos na Figura 5, 6 e 7.

Para a máscara de obstrução de céu visível (Fig. 8) e diagramas verticais de insolação (Fig. 9), o ponto de análise foi localizado na calçada esquerda, considerando que o observador tem 1,80m de altura.

Na máscara de obstrução de céu visível (Fig. 8), as 3 situações foram sobrepostas sendo:

- situação 1 (2 pavimentos), representado por cinza escuro;
- situação 2 (4 pavimentos), representado por cinza médio;
- situação 3 (6 pavimentos), representado por cinza claro.

Percebe-se que há uma perda gradual de quantidade de céu visível, principalmente quando comparamos as situações 1 e 3.

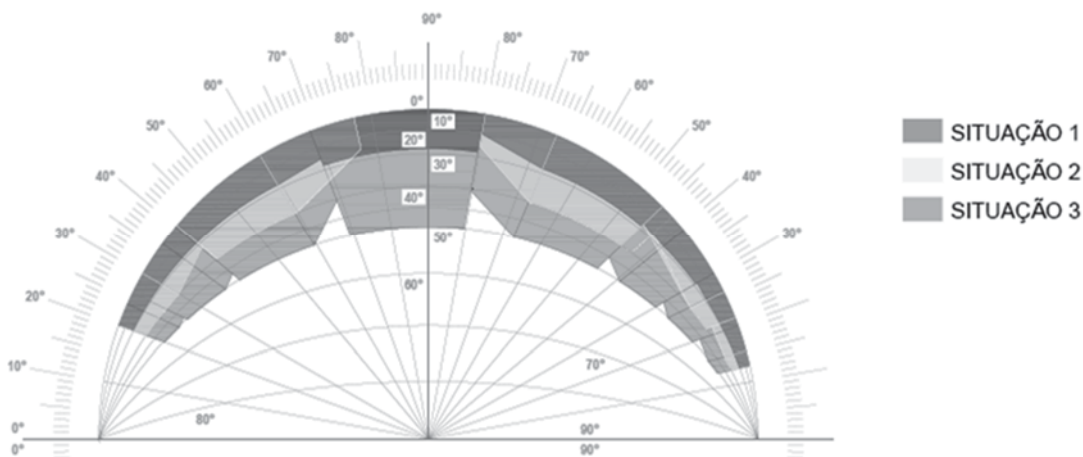


Figura 8. Máscara de obstrução do céu visível situações 1, 2 e 3.

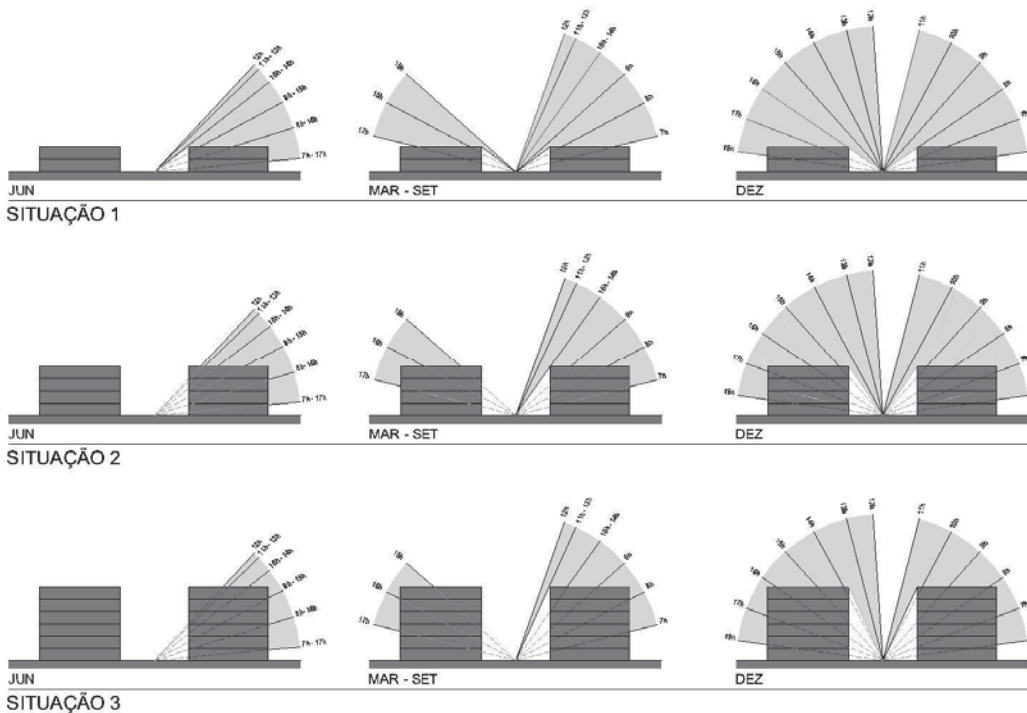


Figura 9. Diagramas verticais de insolação.

Já nos diagramas verticais de insolação foram feitas simulações de insolação para o dia 22 dos meses de junho, março/setembro e dezembro, para cada uma das 3 situações (Fig. 9).

Com auxílio do Vasari, obtivemos imagens que mostram a ventilação em sua direção e intensidade por meio das edificações. Segundo o programa, a velocidade do vento é maior nas áreas

mais claras, diminuindo nas áreas cinza clara e as áreas cinza escuro possuem pouca ou nenhuma ventilação. Na imagem que mostra as edificações de 4 pavimentos (Fig. 11), que estão mais afastadas umas das outras, podemos perceber que há mais ventilação do que na imagem que retrata as edificações de 2 pavimentos (Fig. 10) e 6 pavimentos (Fig. 12). Isso acontece devido a diferença entre os espaços vazios e edificados, que favorecem a permeabilidade do vento ou funcionam como obstáculo.

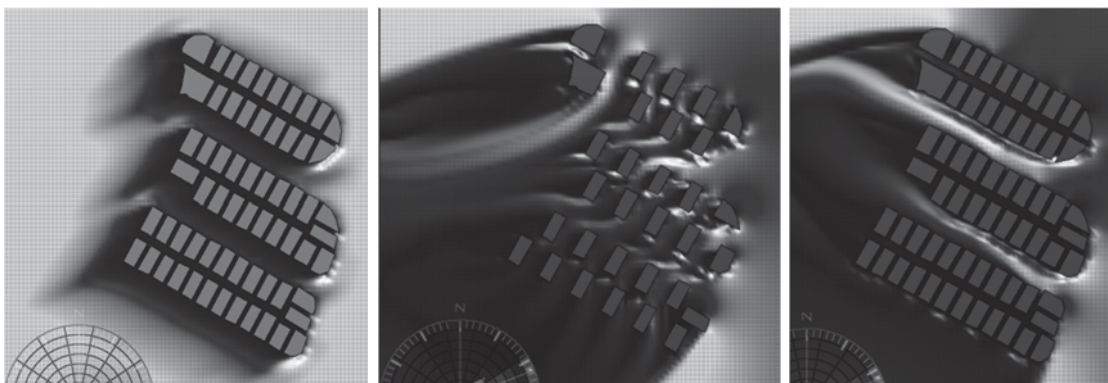


Figura 10. Ventos Situação 1. Figura 11. Ventos Situação 2. Figura 12. Ventos Situação 3.

5.2 Unidade de paisagem 2: Bairro Honório Fraga

Considerou-se para análise, o terreno de medidas 9x15 e área de 135m² e os dados para as 3 simulações de ocupação (Tabela 3) são:

Tabela 3. Índices

Taxa de ocupação	Afastamentos mínimos (m)			Área mínima	Testada mínima	Gabarito	C.A
%	Frente	Fundos	Laterais	m ²	m		
70	3,0	livre	1,5	300	12	livre	4,8

- Na primeira situação temos o quadro atual de ocupação: residências unifamiliares de 1 pavimento 3).
- Na segunda, o gabarito passou a ter 2 pavimentos, mas o Coeficiente de Aproveitamento (CA) da primeira situação foi mantido com a união de dois lotes (Fig. 14);
- Na terceira, foi mantida a Taxa de Ocupação (TO) da primeira situação e o Coeficiente de Aproveitamento foi explorado ao máximo (2,77), gerando edificações com gabarito de 4 pavimentos (Fig. 13).

Na tabela a seguir (Tabela 4), estão os dados dessas ocupações:

Tabela 4. Simulações de ocupação

Situação	área do lote	área ocupada	taxa de ocupação	área livre	gabarito	C.A
	m ²	m ²	%	m ²		
1	135,0	93,63	69,35	41,37	2	1,40
2	270,0	93,63	34,67	176,37	4	1,40
3	135,0	93,63	69,35	41,37	6	2,7

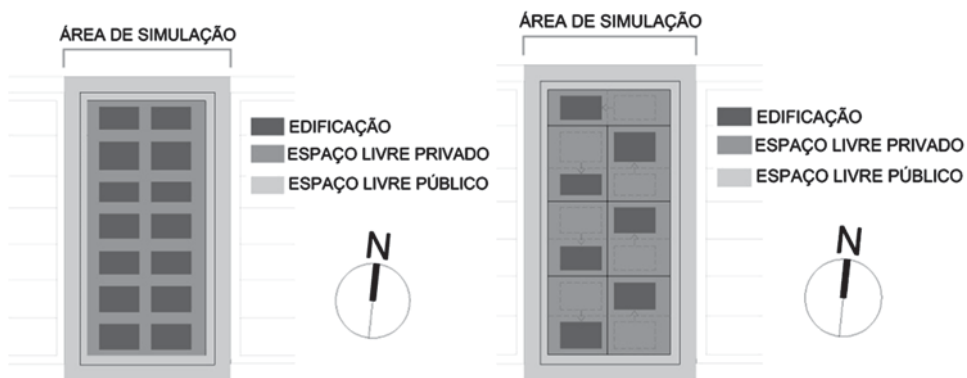


Figura 13. Situações 1 e 3. Figura 14. Situação 2.

Os diferentes impactos na paisagem das 3 situações de ocupação podem ser percebidos nas Figura 15, 16 e 17.

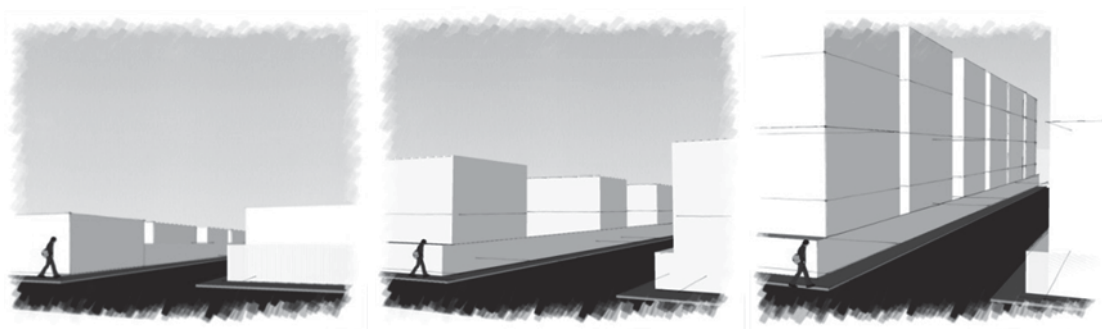


Figura 15. Paisagem Situação 1. Figura 16. Paisagem Situação 2. Figura 17. Paisagem Situação 3.

Novamente, para a máscara de céu visível (Fig. 18) e diagramas verticais de insolação (Fig. 19), o ponto de análise foi localizado no meio da rua.

Na máscara de obstrução, as 3 situações foram sobrepostas sendo:

- situação 1 (1 pavimento), representado por cinza escuro,
- situação 2 (2 pavimentos), representado por cinza médio e
- situação 3 (4 pavimentos), representado por cinza claro.

Percebe-se novamente que há uma perda gradual de quantidade de céu visível, principalmente quando comparamos as situações 1 e 3.

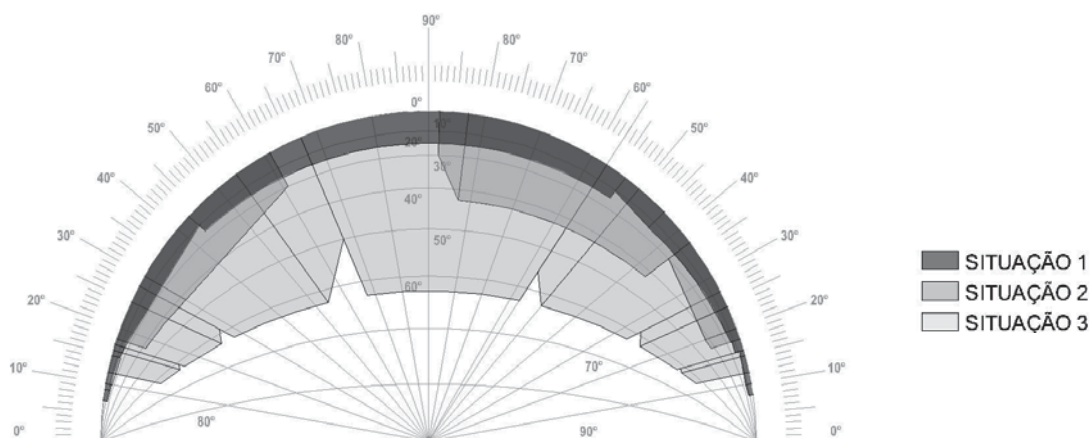
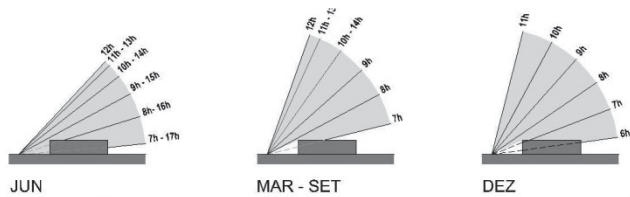
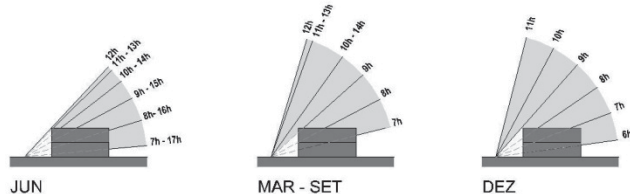


Figura 18. Máscara de obstrução de céu visível Bairro Honório Fraga.

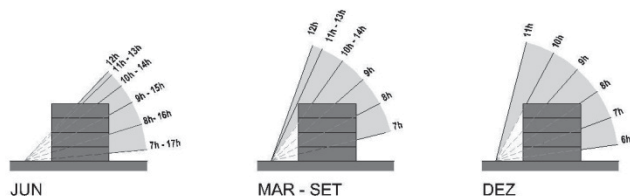
E para os diagramas verticais de insolação foram feitas simulações de insolação para o dia 22 dos meses de junho, março/setembro e dezembro, para cada uma das 3 situações.



SITUAÇÃO 1



SITUAÇÃO 2



SITUAÇÃO 3

Figura 19. Diagramas verticais de insolação.

Usando novamente o Vasari, foram geradas as imagens que mostram as condições de ventilação nesta unidade de paisagem. Os resultados são bem próximos a unidade de paisagem anterior. Na situação com maior afastamento (Fig. 21), percebemos melhor ventilação se comparado a ocupação atual (Fig. 20) e com 4 pavimentos (Fig. 22).



Figura 20. Ventos situação 1. Figura 21. Ventos situação 2. Figura 22. Ventos situação 3.

Após a obtenção desses resultados foi feita uma comparação entre as máscaras de obstrução de céu dos bairros, e a redução que aconteceu de modo progressivo e diferente em cada situação se encontra na tabela abaixo (Tabela 5):

Tabela 5: porcentagem de céu visível

Unidades de paisagem	Situação 1	Situação 2	Situação 3
1	74,70%	60,00%	38,40%
2	83,33%	65,12%	59,06%

6 CONCLUSÃO

Estudando a relação entre a legislação urbana e a ocupação, percebe-se que, com o mesmo coeficiente de aproveitamento e seguindo as orientações legais para a ocupação dessa área da cidade, é possível variar a altura das construções e manter um espaço livre bem significativo

dentro do lote. Quanto à verticalização, entende-se que ela não é de fato o grande problema, mas sim o pouco espaço que se tem para construir, e a ampla ocupação permitida. A densidade não está diretamente ligada à verticalização e a combinação de verticalização e densidade torna-se preocupante quando interfere na paisagem, no conforto ambiental, na sobrecarga do sistema viário, dos equipamentos e serviços públicos. Rolnik defende que “o debate que realmente precisamos fazer quando falamos de verticalização é: verticalizar como, onde, para quê e para quem?” Percebemos essa melhora na condição espacial quando 2 lotes com uma edificação cada se transformam em um 1, com uma edificação e o dobro de pavimentos das anteriores. O ganho de área livre é maior, há uma suavização do adensamento e, conseqüentemente, uma tendência na melhoria da qualidade ambiental urbana e, eventualmente, não induz a situações de comprometimento do potencial de aproveitamento da luz natural.

REFERENCIAS

Campos, Ana Cecilia Arruda (Org.). 2012. *Quadro dos sistemas de espaços livres nas cidades brasileiras*. São Paulo: FAUUSP.

Campos, Ana Cecilia Arruda (Org.). 2011. *Sistemas de espaços livres: conceitos, conflitos e paisagens*. São Paulo: FAUUSP.

Colatina (Município). Lei nº 5.273, de 12 de março de 2007. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano do município de Colatina - estado do Espírito Santo e dá outras providências.

Rolnik, Raquel. *Verticalização: para além do debate do sim ou não*. Publicado em 27/03/14. Disponível em <http://raquelrolnik.wordpress.com>. Acessado em 10/06/14.

Tardin, Raquel. 2008. *Espaços livres: sistema e projeto territorial*. Rio de Janeiro: 7 Letras

Qualidade do Ar Interno (QAI) em edificações na Antártica: identificação de fontes e estratégias de controle

Érica Coelho Pagel

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Ambiental, Vitória, ES, Brasil.
erica.pagel@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória, ES, Brasil.
engelalvarez@hotmail.com

Neyval Costa Reis Júnior

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Ambiental, Vitória, ES, Brasil.
neyval@gmail.com

ABSTRACT: The scientific stations in Antarctica configure real situations of building operation, which makes them a potential object for the investigation of Indoor Air Quality (IAQ). In this context, this paper diagnosed for the first time, the main air pollution sources in the Comandante Ferraz Antarctic Station (EACF) and determined IAQ control strategies for Brazilian Antarctic buildings. These strategies were used for the reconstruction project of EACF after the fire in February 2012 that destroyed the main body of the station. The most important points proposed by the new project, in relation to indoor air quality, were the implementation of blocks, an efficient air exchange system and the specification of materials with low emission of Volatile Organic Compounds (VOC). However, due to the confined characteristics of a station, the specification of materials containing adhesives and resins, even if they are certified, is still worrying for human health.

Keywords: Indoor Air quality, Internal sources, Scientific stations, Antarctica Architecture.

RESUMO: As estações científicas na Antártica configuram situações reais de funcionamento de um edifício, o que as torna um potencial objeto na investigação da Qualidade do Ar Interno (QAI). Neste contexto, o presente trabalho diagnosticou pela primeira vez, as principais fontes de contaminação aérea na Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) e determinou estratégias de controle da QAI para edificações brasileiras antárticas. Essas estratégias foram incorporadas ao projeto de reconstrução da EACF, necessário após o incêndio em fevereiro de 2012 que destruiu o corpo principal da Estação. Dentre os pontos positivos propostos pelo novo projeto, em relação à qualidade do ar interno, tem-se a implantação por blocos, um sistema de renovação de ar eficiente e a preocupação na especificação de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (COV). No entanto, em função das características de confinamento de uma estação científica na Antártica, a especificação de materiais que incluam colas e resinas, mesmo certificadas, é preocupante para a saúde humana.

Palavras-chave: Qualidade do ar Interno, Fontes internas, Estações científicas, Arquitetura na Antártica.

1 INTRODUÇÃO

A Qualidade do Ar de Interiores tornou-se um tema de grande relevância na literatura científica nos últimos 35 anos, sendo recentemente considerado como um importante parâmetro de conforto ambiental em inúmeros estudos de Qualidade do Espaço Construído (Dérbez et al. 2014). O ar dentro das edificações é contaminado por uma variedade de poluentes que podem chegar a níveis de concentração cinco vezes maiores do que ao ar livre, gerando efeitos adversos

à saúde que podem ser mais sérios do que exposições em exteriores de cidades industrializadas (Crook & Burton 2010).

Atividades humanas, tais como cozinhar, varrer, fumar, usar cosméticos, materiais de limpeza, de higiene pessoal, acender incensos e velas, assim como o funcionamento de sistemas de aquecimento, guarda e trânsito de veículos, a própria presença humana e outras atividades estão diretamente relacionadas com a contribuição de elevados níveis de concentração de poluentes dentro das edificações (Weschler 2009).

Da mesma forma, os materiais de construção têm-se mostrado como sendo responsáveis pela emissão de até 40% dos poluentes internos do edifício, podendo algumas dessas emissões ter um curto tempo de vida no ambiente e outras se manifestando por longos períodos (Missia et al. 2010). Uma das principais fontes de emissão de poluentes é a utilização de resinas aderentes na composição de produtos de madeira industrializada. Mobiliários, produtos de acabamento, revestimentos e elementos de decoração são fontes de emissão de substâncias químicas, principalmente de Compostos Orgânicos Voláteis, tais como, formaldeído, benzeno e tolueno.

A Estação Antártica Comandante Ferraz - EACF localiza-se na Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica. Em 25 de fevereiro de 2012 houve um incêndio de grandes proporções que destruiu as edificações que compunham o corpo principal da Estação fazendo com que o Programa Antártico Brasileiro - PROANTAR, promovesse um concurso internacional para a escolha do projeto e posterior construção das novas edificações da EACF, visando, entre outros aspectos relacionados ao conceito de sustentabilidade, a preocupação com a qualidade do ar interior (Instituto de Arquitetos do Brasil 2013). As instalações existentes antes do incêndio permitiam a estadia de um grupo de aproximadamente 65 pessoas entre civis e militares por períodos que variavam de um mês a um ano de permanência. O projeto para as novas edificações prevêem a ocupação máxima no inverno de 34 pessoas e, no verão, de 64 usuários entre civis e militares.

É perceptível a pouca importância dada para os aspectos inerentes à QAI na construção de Estações Científicas na Antártica, mesmo considerando o caráter de confinamento da maioria dos ambientes, em virtude das características ambientais de clima extremo no continente que acaba por determinar a concepção de arquiteturas enclausuradas, longos períodos de permanência da sua população em seu interior e o desenvolvimento de potenciais fontes de poluição atmosférica oriundas do próprio funcionamento da edificação.

Desta forma a preocupação com a saúde dos ocupantes fez com que esse parâmetro fosse incluído pela primeira vez como diretriz projetual das novas edificações brasileiras na Antártica. Além disso, o novo projeto também deve minimizar o impacto humano, já que a Antártica é uma área do planeta com seu habitat natural preservado e o crescimento das atividades humanas a partir da implantação de várias estações pode influenciar a composição da atmosfera em escala local (Mishra et al. 2004).

Este artigo apresenta o resultado do diagnóstico de um dos principais problemas de QAI constatados nas antigas instalações da Estação Antártica Comandante Ferraz através dos estudos e medições *in loco* desenvolvidos por Pagel et al. (2012). Esses resultados formaram a maior parte das diretrizes de controle da qualidade do ar, publicadas no Termo de Referência (TR) da licitação pública internacional – na forma de concurso de projetos – para as novas edificações da EACF (Instituto de Arquitetos do Brasil 2013). Por fim, o trabalho faz um levantamento dos principais pontos de melhoria alcançados pelo novo projeto de arquitetura da EACF, assim como levanta alguns questionamentos de pontos que ainda podem ser melhorados na nova construção em relação à qualidade do ar.

2 METODOLOGIA

2.1 A Estação Antártica Comandante Ferraz

A Estação Antártica Comandante Ferraz (LAT 62°05'S; LONG 58°24W) foi fundada em 6 de fevereiro de 1984 inicialmente composta por oito contêineres metálicos e uma área total de 150m² podendo abrigar até 12 pessoas. Durante os anos seguintes, devido ao crescimento do número de pesquisas, a Estação sofreu diversas reformas e ampliações, descaracterizando a construção por contêineres (Alvarez et al. 2007). Até fevereiro de 2012, a EACF contava com um corpo principal único com cerca de 2500 m² (Fig. 1). Internamente a Estação possuía diversos ambientes que atendiam a seus usuários, alguns com calefação e outros não. De forma geral, estes ambientes possuíam um sistema deficiente para a renovação do ar, e quando possível, as janelas eram os elementos mais utilizadas como mecanismo de controle.



Figura 1. Vista externa frontal da EACF em janeiro de 2012.

2.2 Coleta de dados

Os dados para o diagnóstico e identificação das fontes de poluição interna da antiga edificação principal da EACF foram levantados durante a XXX Operação Antártica, operacionalizada pela Marinha do Brasil e pela Força Aérea Brasileira no período denominado como verão antártico – quando ocorre a maior ocupação da Estação –, especificamente entre os dias 13 de janeiro a 04 de fevereiro de 2012. Foram feitos monitoramentos da concentração de poluentes de onze ambientes internos, selecionados de forma a representar os espaços com maior permanência e com possíveis fontes de poluição (Pagel et al. 2012).

Estes ambientes foram agrupados da seguinte forma: 1) locais dotados de calefação, representados por três espaços de uso geral (Sala de estar, Biblioteca e Academia); espaços de uso íntimo (Alojamento do Arsenal, Camarotes 10 e 21); e espaços de serviço (Cozinha). 2) locais sem calefação, compostos por quatro ambientes de serviço (Carpintaria, Incinerador, Garagem e a área de transição entre os setores de operação denominada Ferrazão).

De acordo com o método proposto (The European Standard 2006) foram registradas as condições de ventilação, os materiais de construção, as últimas reformas, os mobiliários, equipamentos e as condições de cada ambiente. As atividades dos usuários e o horário das suas realizações no ambiente também foram relatados. Foi contabilizado o número de ocupantes, presença ou não de fumo e registrados os produtos de limpeza, frequência de utilização, cuidado com limpeza e manutenção dos mobiliários e cosméticos manipulados.

2.3 O projeto da nova Estação

O projeto vencedor do concurso para as novas edificações brasileiras na Antártica foi o da equipe “Estudio41”, com sede em Curitiba, Brasil. A concepção obedeceu rigorosamente ao Termo de Referência (TR), elaborado por uma equipe multidisciplinar e interinstitucional, cujo conteúdo enfatizava a necessidade de soluções tecnologicamente adequadas às exigências ambientais, à segurança e à cultura nacional (Alvarez et al. 2013).

A implantação foi organizada em blocos de até dois pavimentos, resultando em uma área total de 3.952 m² (Fig. 2) englobando usos semelhantes e capacidade ampliada em relação ao antigo

corpo principal da EACF. Houve um substancial ganho de área principalmente no setor de laboratórios, uma vez que, um dos principais objetivos da existência da Estação é a pesquisa científica.



Figura 2. Representação gráfica do novo projeto da EACF. Fonte: Estudio41 2013.

3 RESULTADOS

A análise dos dados e informações coletadas foi dividida em três etapas:

- diagnóstico e identificação das principais fontes de emissão de contaminantes aéreos decorrentes do funcionamento da antiga Estação Antártica Comandante Ferraz;
- síntese das principais estratégias de controle de QAI em edificações antárticas;
- análise dos aspectos positivos e negativos propostos no novo projeto da Estação brasileira em relação à QAI.

3.1 Diagnóstico

A Figura 3 destaca dentre os ambientes onde foi feito o monitoramento da concentração de poluentes aéreos (Pagel et al. 2012), aqueles em que foram localizadas as principais fontes de contaminação do ar interno na edificação principal da antiga EACF. A maior parte dos problemas encontrados foi associada aos materiais construtivos e à falta de setorização física entre as atividades de trabalho e áreas de convivência da Estação.

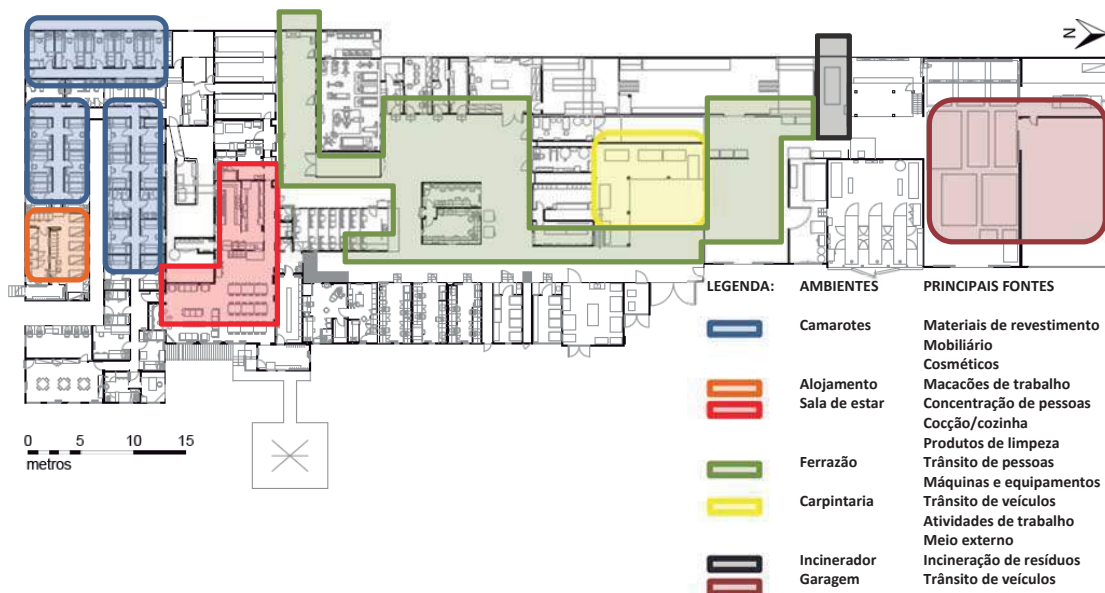


Figura 3. Planta baixa da EACF com destaque para suas respectivas fontes de contaminação do ar.

Os Camarotes caracterizam-se por serem ambientes pequenos e de permanência prolongada, principalmente, no horário noturno, justificando a maior preocupação em relação à qualidade do ar interior. As principais fontes nesses ambientes provêm da presença de materiais de revestimento e acabamento com alta emissividade, tais como pisos laminados e mobiliários em MDF (Missia et al. 2010). Observou-se que a ausência de banheiros privativos faz com que a

utilização de produtos de uso pessoal neste pequeno espaço seja uma fonte potencial de poluição, principalmente quando associada a um sistema de renovação de ar deficiente. Conforme Weschler (2009), esses produtos têm evoluído o seu número de fragrâncias incluindo uma complexa quantidade de compostos orgânicos voláteis, embora ainda tenham notavelmente uma menor atenção como contaminantes internos.

Por se tratarem de espaços muito pequenos e que permanecem a maior parte do tempo com suas portas e janelas fechadas, permitem que a infiltração de poluentes provindos de outras partes da Estação fique por mais tempo retidos no ar do ambiente, considerando a baixa taxa de renovação do ar.

No Alojamento do Arsenal - caracterizado por ser um dormitório de até 16 pessoas em um único espaço –, a presença da sala de secagem dos macacões de trabalho integrada com a ala de dormitório mostrou-se como uma fonte de contaminação absolutamente indesejável para um ambiente de permanência prolongada (Pagel et al. 2012).

A Sala de Estar por ser o ambiente de maior utilização da Estação, por si só já apresenta uma maior concentração de pessoas como potencial fonte de contaminação do ambiente. A presença humana e suas respectivas atividades ocupacionais são um dos maiores contribuintes para a poluição do ar em ambientes fechados, não apenas pela liberação de dióxido de carbono através da respiração ou de substâncias químicas pela transpiração, mas também pelo transporte de microorganismos, tais como bactérias, fungos, vírus e ácaros (Brickus & Aquino Neto 1999).

A integração deste espaço com o ambiente da cozinha, associado também ao fato de um sistema de renovação de ar deficiente, indicaram uma potencial contaminação principalmente provinda da atividade de cocção. Outro ponto peculiar desse ambiente é a limpeza rotineira após cada refeição – minimamente, três vezes ao dia –, que faz com que contaminantes provindos destes produtos sejam uma preocupante fonte de poluição do ar (Weschler 2009).

No ambiente denominado Ferrazão, localizavam-se as câmaras de refrigeração e estocagem de mantimentos, ocasionado um trânsito esporádico de veículos, principalmente em dias de carga e descarga. É importante citar que os veículos utilizados em Ferraz são movidos a gasolina comum e a óleo diesel, o que os tornam potenciais fontes de contaminantes perigosos à saúde humana. Nessa área havia também máquinas e equipamentos a óleo diesel o que provavelmente contribuiu na concentração de poluentes aéreos detectados nesse local.

A Carpintaria caracteriza-se por ser uma área de trabalho principalmente pelo Arsenal de Marinha e pelo Grupo Base de militares, com atividades de soldagem, pintura, marcenaria e outras, características de manutenção e de obras civis da Estação. Essas atividades específicas do setor foram detectadas como potenciais fontes de emissão de poluentes.

A presença do Incinerador de lixo dentro do corpo principal da Estação, contíguo às áreas de permanência, mostrou que contaminantes específicos emitidos por essa atividade contribuem na elevação da concentração de poluentes em outros ambientes da Estação. Da mesma forma, contaminantes característicos da combustão veicular foram detectados na área da Garagem.

Já a Biblioteca e a Academia não apresentaram concentrações significativas que pudessem ser passíveis de correção, provavelmente por não possuírem fontes internas de poluição do ar, associado ao fato de serem locais mais isolados e de ocupação esporádica pelos usuários.

3.2 Estratégias de controle da qualidade do ar para edificações antárticas

As Estações Científicas na Antártica são construções que podem ser comparadas ao funcionamento de uma cidade de pequeno porte e suas respectivas fontes de contaminação do ar. Possuem aspectos inerentes ao funcionamento de edificações residenciais, no que se diz respeito às áreas de habitação, alimentação e recreação; assim como aspectos de edificações de trabalho, com áreas administrativas e laboratórios, e até mesmo, aspectos de edificações

industriais, com áreas, por exemplo, de tratamento de esgoto, resíduos, fornecimento de água e geração de energia. Adicionalmente não se pode esquecer o fato da presença veicular, mesmo que mínima, mas necessária ao desenvolvimento das atividades das Estações.

Em se tratando de um conjunto de métodos de controle da QAI que atenda a um edifício tão multifuncional quanto o da Estação, levando ainda em conta o clima extremo do local, algumas das estratégias utilizadas comumente em outros meios – como, por exemplo, a ventilação natural direta – deve ser descartada, mas um sistema eficiente de renovação de ar deve ser priorizado. A eliminação ou redução de potenciais fontes pode ser alcançada por uma setorização dos espaços assim como pela utilização de materiais e equipamentos com baixa ou zero emissividade.

A tabela 1 mostra uma síntese dos principais métodos de controle da QAI direcionados a edificações antárticas que devem ser adotados nas fases de projeto, construção e operação da edificação. Destaca-se que a maior parte desses métodos, em função especificamente dos resultados desse estudo, fizeram parte da seção de critérios e diretrizes relacionados à qualidade do ar interior descritas no TR da licitação do concurso de projetos da nova EACF.

Tabela 1. Métodos de controle da QAI direcionados a edificações antárticas.

A	Métodos de controle
Projeto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Setorização dos ambientes de acordo com sua função, principalmente na separação física entre os locais de habitação, trabalho e industriais. 2. O layout construtivo deve ser desenvolvido de maneira a minimizar o tráfego de veículos no interior da Estação. 3. Seleção de materiais com baixa ou zero emissividade, principalmente de cloro, bromo, compostos orgânicos voláteis (COV), fibras, material particulado e demais gases comprovadamente nocivos à saúde humana. Preferencialmente, especificar os materiais que possuam essa classificação por testes de emissões e programas de avaliação de certificação. 4. Evitar ou minimizar a especificação de revestimentos – piso, parede e teto –, e mobiliários que possuam colas, adesivos ou resinas para sua fixação e que possam emitir COV no ambiente ao longo da sua vida útil. 5. Minimizar a especificação de produtos derivados de materiais como PVC e outros plásticos, borrachas e outros materiais flexíveis por serem produtos petroquímicos de difícil degradação (Keeler & Burke 2010). 6. Evitar especificar produtos com retardantes de chamas brominados e halogenados, principalmente o cloro e determinados halogênios bromados usados em fios de tecido de estofamento (Keeler & Burke 2010). 7. Evitar especificar materiais fibrosos ou que possam emitir pequenas partículas nocivas ou não a saúde humana tais como lãs de vidro, lãs de rocha, amiantos e fibras minerais. 8. Evitar tintas a óleo e esmaltes sintéticos, assim como, tintas e vernizes que contém metais, priorizando utilizar tintas, solventes, laqueados e vernizes, à base de água ou ecológicos que possuem um menor nível de emissão de poluentes no ar, principalmente de COV. 9. Privilegiar a especificação de materiais com boa durabilidade e menor exigência de limpeza. 10. Especificar materiais que minimizem o crescimento de fungos, bactérias e acúmulo de umidade, assim como, evitar materiais muito porosos tais como veludos e carpetes para revestimento e estofamentos de mobiliário. 11. Prever sistema de ventilação e renovação de ar eficiente de forma a garantir a taxa de renovação mínima recomendada pela ANVISA RE N°9/2003 para ambientes climatizados e pela ASHRAE Standard 62/2001, que estabelece a taxa de ventilação aceitável para QAI, incluindo um sistema de climatização que garanta a filtragem e limpeza do ar ambiente, caso necessário. 12. Os sistemas de ventilação para a cozinha devem seguir a NBR 14518. Deverão ser instaladas sobre a área de cocção, coifas metálicas com geometria apropriada ou sistema semelhante. 13. Adotar um sistema de cortina de ar nas aberturas externas das áreas de serviço, e que possam ficar a maior parte do tempo abertas, de forma a evitar a entrada da poeira do solo externo.
Construção	<ol style="list-style-type: none"> 1. Considerar a construção como sequência do projeto, respeitando a instalação de materiais certificados com baixa emissão de poluentes e evitar uso de adesivos, colas e selantes tóxicos, minimizando o acúmulo de contaminantes durante a obra. 2. Vedar externamente a edificação visando dar estanqueidade ou minimizar a entrada de ar e infiltração de água no seu interior.

A	Métodos de controle
Operação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estabelecer um plano de manutenção e limpeza periódica dos filtros e sistemas de climatização. 2. Adotar métodos limpos de cocção tais como assar e grelhar em lugar de frituras com óleo. 3. Adotar materiais de limpeza não tóxicos e com baixa emissividade comprovada. 4. Recomendar aos habitantes o uso de produtos de higiene pessoal e cosméticos livres de aerodisperssóis, além da recomendação da utilização desses produtos em local de permanência não prolongada, tais como banheiros e vestiários. 5. Proibir a atividade de fumo internamente ao edifício. 6. Minimizar o uso de motores de combustão interna em veículos, máquinas e equipamentos nas proximidades da Estação substituindo, sempre que possível, por tecnologias mais limpas com fontes de energia renovável. Se necessária a utilização do diesel, adotar produto com baixo teor de enxofre. 7. Estabelecer um plano de monitoramento contínuo da QAI.

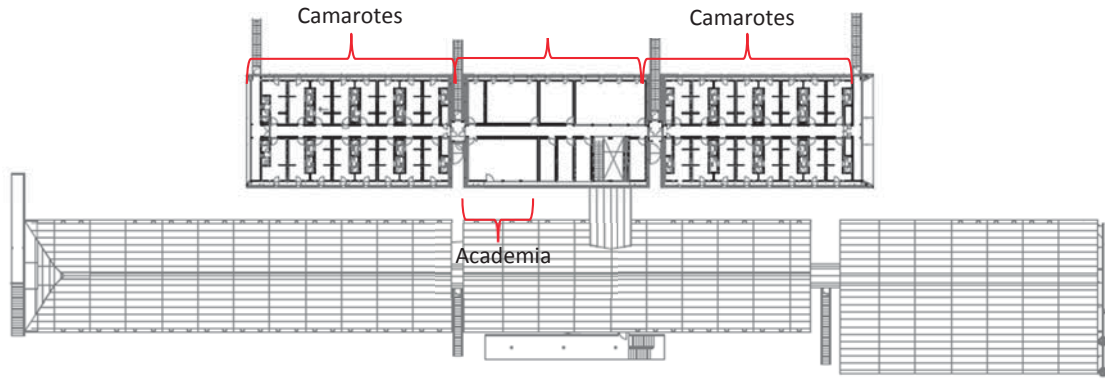
3.3 Análise do novo projeto para a EACF

Dentre os pontos positivos alcançados pelo projeto vencedor, no que se diz respeito à melhoria da qualidade do ar de interior têm-se a implantação das novas edificações da EACF organizada em blocos funcionais que distribuem os usos. O bloco superior é destinado às atividades privativas e sociais – tais como Camarotes, Sala de vídeo, Reuniões, Biblioteca e Academia – enquanto o bloco inferior concentra as zonas de Laboratórios (ala Sul), o setor de Operação/Manutenção (ala Norte) e ao centro localiza-se os setores de Serviço, a Cozinha e a Sala de Estar/Jantar. No setor de Operações/Manutenção, foi destinada uma área para as Garagens, Geradores e área de Incineração, conforme se mostra na Figura 4.

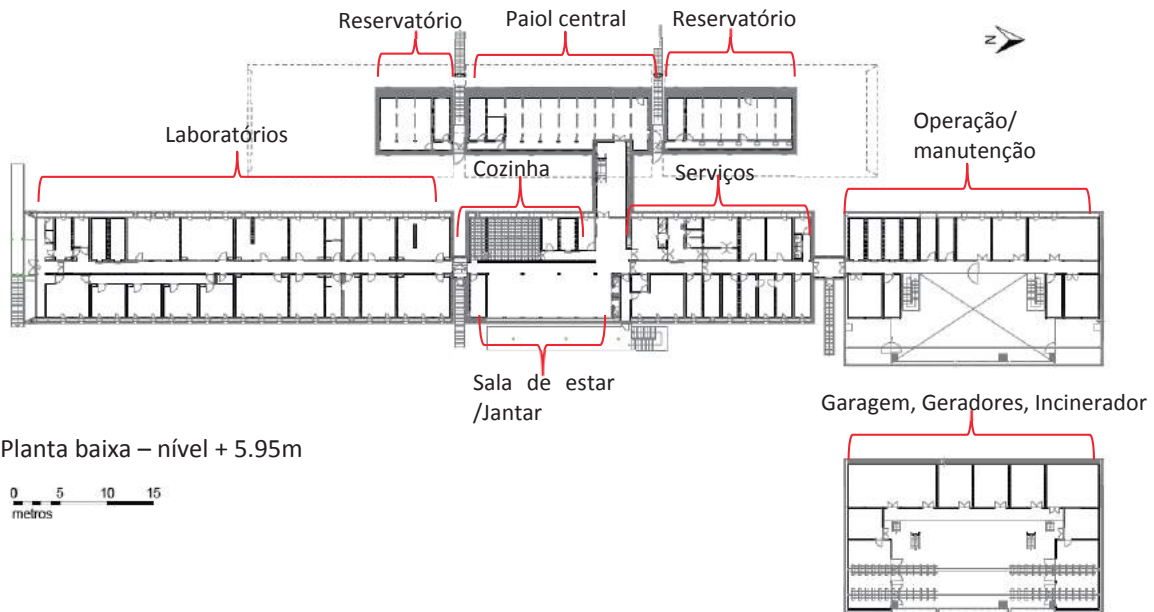
Salienta-se que foi extinto o ambiente do Alojamento do Arsenal e a sala de secagem de macacões de trabalho – considerando que as novas edificações serão mais eficientes e com menor necessidade de manutenção –, sendo propostos, em sua maioria, apenas Camarotes com banheiros privativos, o que pode minimizar o impacto da utilização dos produtos de higiene e cosméticos nesse pequeno espaço de permanência prolongada. As salas de secagem se restringiram a duas localizações comuns: próxima à entrada externa da Sala de Estar e próxima à entrada externa dos Laboratórios.

A Cozinha, embora próxima a Sala de estar, devido à funcionalidade conjunta de ambas, não é mais integrada a este espaço, o que favorece uma menor contaminação do ar interno através das atividades de cocção juntamente com um sistema de exaustão de coifa eficiente. Outro ponto positivo no novo *layout* é a não existência de áreas de trânsito interno de veículos, sendo os acessos principais às garagens e paióis feitos diretamente pelo exterior. Observa-se, ainda, a solução dada à área de Garagens, Geradores e Incineração, caracterizados pela presença de potenciais fontes poluidoras, que ficou localizada abaixo do bloco de operações, com acesso independente e mais afastada do corpo principal social da Estação.

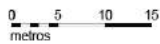
Deve ser destacada em relação à melhoria da QAI, a proposta de um sistema de renovação de ar eficiente. Normalmente, concomitante à necessária renovação do ar visando à garantia de sua qualidade está associado um aumento no consumo energético com aquecimento. A solução adotada em projeto foi reduzir o impacto do ar externo na temperatura interior através de seu preaquecimento, uso de materiais como forros e revestimentos que diminuem o número de partículas em suspensão, e utilização de sensor de concentração de CO₂, para que haja a possibilidade de reduzir a taxa de renovação conforme a concentração de CO₂ no ambiente (Antunes 2013).



Planta baixa – nível + 9.10m



Planta baixa – nível + 5.95m



Planta baixa – nível + 2.50m

Figura 4. Plantas baixas do projeto da nova EACF destacando a setorização de acordo com sua funcionalidade.

Para garantir a temperatura e a umidade do ar adequada com baixo consumo energético, foram previamente definidos perfis de temperaturas para cada ambiente, agrupando o programa de necessidades na planta e seguindo três fatores fundamentais: temperatura necessária, ocupação ao longo do dia e sazonalidade de ocupação dos espaços, considerando que no verão, a Estação é muito mais ocupada do que no restante do ano. Ambientes como laboratórios e parte dos camarotes, quando não ocupados, por exemplo, podem ser mantidos durante o inverno em uma temperatura por volta de 5°C, ou o suficiente para prevenir o congelamento de tubulações e danos aos materiais construtivos. Áreas técnicas sem ocupação também não necessitam manter temperaturas adequadas ao conforto humano, sendo previsto o aquecimento somente para o adequado funcionamento dos equipamentos (Antunes 2013).

Em relação à especificação dos materiais construtivos, é de realçar que houve preocupação na especificação de materiais com zero emissão ou baixa emissão de substâncias químicas, certificadamente comprovada através de selos ecológicos (Tab. 2). Embora vários fatores acerca dessas certificações dos materiais sejam ainda questionáveis, por exemplo, por haver uma grande diferença entre as emissões de um material monitorado individualmente em câmaras de teste laboratoriais e sob as condições reais de operação de um edifício (Keeler & Burke 2010), a seleção de materiais de baixa emissividade é hoje um importante avanço no que se refere à qualidade do ar interno.

Tabela 2. Síntese dos principais revestimentos internos e especificação de mobiliário no projeto das novas edificações da EACF. (Estudio41, 2013).

Local	Revestimentos	Ambientes
Piso	Carpete em fibras de Nylon (100%), livre de PVC, fixadas sobre base vinílica com adesivo de baixo odor e zero emissão de COV	Camarotes, Sala de vídeo, Reuniões, Biblioteca, Circulações
	Pisos emborrachados em manta de 2mm/3mm colados sobre contrapiso, com certificação ecológica de baixa emissão de substâncias químicas	Ambientes em geral: Sala de Estar, Academia, Banheiros, Laboratórios, Setor de Serviços, Operações/Manutenção, Paióis, Incinerador
	Cerâmica 30x30cm extrudada antiderrapante	Cozinha
	Piso intertravado de concreto	Garagem, Praça de máquinas, Geradores
Parede	Parede em gesso com aditivo de fibras incombustível revestida com pintura acrílica acetinada	Camarotes, Sala de vídeo, Reuniões, Biblioteca, Academia, Setor de Serviços, Operações/Manutenção, Incinerador, Paióis
	Laminados melamínicos fixados sobre as chapas de gesso com cola de aplicação	Banheiros, Laboratórios, Cozinha
	Painel de madeira tipo Cumaru, acabamento em verniz marítimo à base de resina alquídica	Biblioteca, Circulação da Sala de Estar
Forro	Forro em gesso revestido com pintura acrílica	A maior parte dos ambientes exceto áreas técnicas, câmaras frigoríficas, Praça de Máquinas
Mobiliário	Compensado naval revestidos com laminado melamínico	Laboratórios
	Mobiliário de MDF com pintura poliuretânica Selo E-1 (baixa emissão de formaldeído)	Camarotes

Embora seja indiscutível o importante avanço para a QAI das novas edificações em relação ao existente anteriormente, um aspecto a ser considerado é o grande quantitativo de revestimentos e mobiliários compostos ou previstos de serem fixados com resinas, colas ou adesivos, principalmente, os laminados melamínicos. Mesmo considerando o grande avanço na qualidade dessas resinas pelas indústrias, esses adesivos ainda são uma das principais fontes aéreas de substâncias químicas perigosas a saúde humana (Missia et al. 2010).

O diesel continua sendo o combustível base nos veículos e no funcionamento da nova EACF, principalmente na geração de energia, devido ao seu baixo ponto de congelamento, prevendo-se a instalação dos sistemas alternativos de forma gradual (Alvarez et al. 2013).

4 CONCLUSÕES

O resultado pioneiro de se estudar a qualidade do ar interno de uma Estação Antártica e propor diretrizes para as novas edificações no continente, fez com que o novo projeto da EACF, decorrente da necessidade de reconstrução após o incêndio de fevereiro de 2012, alcançasse pontos positivos importantes na nova proposta projetual em relação à saúde dos seus ocupantes.

Dentre as estratégias mais eficientes de melhoria da QAI das novas edificações da EACF tem-se a implantação por blocos funcionais, separando os setores privados e sociais dos de trabalho, serviço, operação e manutenção. Nesse sentido, o monitoramento realizado nas antigas instalações da EACF, com identificação das potenciais fontes de poluição do ar e hábitos dos usuários, foi de fundamental importância para as recomendações constantes no TR e nas decisões projetuais dos ganhadores do processo licitatório. A não existência do trânsito veicular no corpo principal do edifício e um sistema de renovação de ar eficiente configuram-se, dentre as diretrizes projetuais propostas, como as principais para o alcance da melhor qualidade do ar interior.

Em relação aos materiais construtivos da nova EACF houve a preocupação na especificação certificadamente comprovada de componentes com zero ou baixa emissão de substâncias químicas. Entretanto, sabe-se que a melhor estratégia de controle da qualidade do ar, é a eliminação das fontes poluidoras, especialmente tratando-se de uma edificação antártica onde

a característica do enclausuramento é peculiar na maior parte dos ambientes. Desta forma, materiais inertes ou de fixação sem colas, contribuiriam para um ainda melhor desempenho da QAI na EACF.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM; ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártico de Pesquisas Ambientais – INCT-APA; e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES

REFERÊNCIAS

Alvarez, C. E.; Casagrande, B.; Soares, G. R. 2007. Resultados alcançados com a implementação do plano diretor da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF). In: *IV Encontro Nacional e II Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, Campo Grande: ANTAC.

Alvarez, C.E; Vargas, P.S. P.; Vidigal, E.J. 2013. As novas edificações brasileiras na Antártica: do concurso de projeto ao estágio atual. In: *XXIV Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos*, Chile.

ANTUNES, B. 2013. Jovens arquitetos do Estúdio41 vencem o concurso para a Estação Antártica brasileira com um projeto que une conforto térmico com baixo consumo energético e produção de energia com sistemas limpos. *AU* 213. Disponível em:< <http://au.pini.com.br/>>. Acesso em julho de 2014.

Brickus, L.S. R. & AQUINO NETO, F. R. 1999. A qualidade do ar de interiores e a química. *Química nova* 22: 65-74.

Crook, B.& Burton N.C. 2010. Indoor moulds, sick building syndrome and building related illness. In *Fungal Biology Reviews* 24: 106-113.

Derbez, M.; Berthineau, B.; Cochet, V.; Lethrosne, M.; Pignon, C.; Riberon, J.; Kirchner, S. 2014. Indoor air quality and confort in seven newly built, energy-efficient houses in France. In *Building and Environment* 72: 173-187.

Estudio 41. 2013. Estação Antártica Comandante Ferraz. <http://www.estudio41.com.br> Acessado em julho 2014.

Instituto dos arquitetos do Brasil. 2013. Termo de Referência: ANEXO 1 do concurso da EACF.

Keeler, M. & Burke, B. 2010. Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. Porto Alegre: Ed. Bookman.

Mishra, V. K.; Kim, K.; Hong, S.; Lee, K. 2004. Aerosol composition and its sources at the King Sejong Station, Antarctic peninsula. In *Atmospheric Environment* 38: 4069-4084.

Missia, D.A.; Demetriou, E.; Michael, N.; Tolis, E.I.; Bartzis, J.G. 2010. Indoor exposure from building materials: a field study. In *Atmospheric Environment* 44: 4388-4395.

Pagel, E. C. ; Begui, S. P. ; Alvarez, C. E. ; Reis, N.C. ; ANTUNES, P. W. P. ; CASSINI, S. T. ; SANTOS, J.M. 2012. Analysis of Indoor Aldehydes in the Comandante Ferraz Antarctic Station. In *INCT-APA Annual Activity Report* 178-183.

European Standardization Organization. 2006. *EN ISO 16000-1: indoor air – general aspects of sampling strategy*. Bruxelas.

Weschler, C. J. 2009. Changes in indoor pollutants since the 1950s. *Atmospheric Environment* 43: 153-169.

Iluminação natural e legislação urbana: a experiência de Domingos Martins – ES (Brasil)

Stella Brunoro Hoppe

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
stellahoppe@yahoo.com.br

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
cristina.engel@ufes.br

Andréa Coelho Laranja

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
andreacoelholaranja@gmail.com

ABSTRACT: Daylight provides psychological and physiological benefits to human beings, reduction in energy consumption, therefore contributing enhanced quality of life, environmental balance, and to sustainability. The presence of daylight in internal environments is also related to urban geometry and, consequently, to legislation that regulates the construction of cities. This study aims to identify the contribution of Domingos Martins' current urban planning legislation, in particular the Municipal Master Plan, to the availability of daylight in the indoor environment. The method consists of defining the urban areas and two spaces to be studied, under "current scenario" and "legislation scenario" conditions; running computer simulations using the TropLux program for the three types of sky patterns from the CIE (Commission Internationale L'éclairage); and analyzing the results. Therefore, it is concluded that the municipal legislation adequately addresses the issue of lighting and contributes to the increased use of daylight inside the building.

Keywords: Daylight, urban legislation.

RESUMO: A iluminação natural proporciona benefícios psicológicos e fisiológicos ao homem, bem como redução do consumo de energia elétrica nas edificações, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade de vida e equilíbrio ambiental, escopos da sustentabilidade. A presença da iluminação natural no ambiente interno está condicionada, dentre outros, à geometria urbana e, conseqüentemente, à legislação que regulamenta a construção das cidades. Esta pesquisa objetiva identificar a contribuição da atual legislação urbanística de Domingos Martins, especialmente o Plano Diretor Municipal, na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. A metodologia consiste na definição do recorte urbano e de duas áreas a serem estudadas, em condições de "cenário atual" e "cenário legislação"; simulações computacionais no programa TropLux para três tipos de céus-padrão da CIE (*Commission Internationale de L'éclairage*); e análise dos resultados obtidos em cada cenário. Como resultado, conclui-se que a referida legislação municipal contribui para o ganho de luz natural no interior das edificações.

Palavras-chave: Iluminação natural, legislação urbana.

1 INTRODUÇÃO

A crise no âmbito social, econômico e ambiental têm apontado para a necessidade de se buscar práticas mais sustentáveis no processo de projeto e planejamento urbano. No que tange aos aspectos ambientais, segundo Duarte et al. (2007, p. 12) "[...] a meta é a eficiência no uso dos recursos naturais como água, energia e matéria-prima [...]", e, nesse sentido, o conhecimento das características ambientais locais, tais como ventilação, acesso ao sol, à luz natural, entre

outros, desempenha um importante papel na definição de políticas e estratégias para o desenvolvimento ponderado e eficiente do espaço urbano.

Esta pesquisa concentra-se em uma dessas características citadas, a iluminação natural, visto sua importância na contribuição com a melhoria da qualidade de vida e equilíbrio ambiental, escopos da sustentabilidade.

A luz natural, fonte de energia gratuita e renovável, proporciona benefícios psicológicos e fisiológicos ao homem, conferindo-lhe saúde e bem-estar (Laranja 2010, Leder 2007). Concomitantemente, a iluminação natural pode ser explorada a fim de reduzir ou substituir a iluminação artificial, contribuindo para a redução do consumo de energia elétrica (Carlo & Lamberts 2004). Segundo Oakley et al. (2000) a economia pode ser de 20 a 30% do consumo total do edifício. Entretanto, a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno depende, entre outros fatores, das características do entorno (Laranja et al. 2013, Littlefair 2001, Araújo & Cabús 2007).

Dentre as características relacionadas à presença de luz natural no ambiente interno, Laranja et al. (2013) destacam a geometria urbana, sendo esta regida pelos parâmetros estabelecidos nas legislações urbanísticas. Leder et al. (2006, p. 504) corroboram afirmando que “a forma de garantia do direito à luz natural é, basicamente, através da legislação de uso do solo, que estabelece limites de altura, recuos e afastamentos entre as edificações”. Além disso, Krüger & Suga (2007), Araújo & Cabús (2007) e Assis et al. (2007) citam a importância de se considerar os aspectos climáticos na elaboração das normas urbanísticas, buscando favorecer o aproveitamento da luz natural e o conforto ambiental.

Diante desse contexto, apresenta-se o município de Domingos Martins/ES - LAT 20° 18' S e LONG 40° 43' W - como objeto de estudo desta pesquisa. A cidade localiza-se na região serrana do Estado do Espírito Santo (Brasil), situando-se sua sede a 542 metros de altitude. O local possui temperaturas amenas (média anual de 20°C), com clima tropical de altitude (DOMINGOS MARTINS, acesso em 24 jul. 2014).

O Município, mediante o estabelecido pelo Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257/01), desenvolveu o Plano Diretor Municipal (Lei Complementar 25/2013), o qual foi aprovado em agosto de 2013. A legislação vigente até essa data era o Código de Obras de 1992 (Lei 1.238/92), que, dentre outras questões, estabelecia os seguintes parâmetros: altura máxima da edificação-19 metros, sendo permitido construir um pavimento cobertura o qual não era computado na altura máxima total; afastamento frontal de 3 metros; e, afastamento lateral de 1,5 metros quando houvesse abertura (DOMINGOS MARTINS 1992). Ressalta-se, entretanto, que apesar dos afastamentos estabelecidos, o padrão predominante na área central da cidade são edificações geminadas e alinhadas no limite frontal dos terrenos (Figura 1).



Figura 1. Imagens da área central caracterizada pela presença de edificações geminada e sem recuo frontal.

Com a nova legislação do PDM em vigor, foram impostos parâmetros mais restritivos, limitando o gabarito máximo em 2, 3 e 4 pavimentos de acordo com o zoneamento. O afastamento frontal permaneceu em 3 metros para a maioria das zonas (DOMINGOS MARTINS 2013). Vale destacar

que um grande potencial econômico do Município é a atividade turística, sendo a legislação voltada para a manutenção da ambiência bucólica do lugar, evitando, entre outras coisas, o processo de verticalização que vinha ocorrendo até a aprovação do Plano Diretor.

Portanto, baseado nas considerações expostas, o objetivo desta pesquisa é identificar a contribuição da atual legislação urbanística de Domingos Martins, o Plano Diretor Municipal, na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada baseou-se em Laranja et al. (2013) e Leder et al. (2006), sendo complementada com informações pertinentes para se alcançar o objetivo desta pesquisa. Inicialmente, definiu-se o recorte urbano na cidade de Domingos Martins (ES, Brasil), seguido pela escolha de áreas específicas para a realização da análise e sua respectiva caracterização.

Tendo em vista verificar a contribuição da atual legislação urbanística de Domingos Martins foram criados dois cenários para cada área escolhida: o primeiro consiste na situação urbana atual; e, o segundo, resultante dos novos parâmetros estabelecidos pelo PDM.

Como principal instrumento de obtenção de dados, foram realizadas simulações no programa computacional TropLux (Cabús 2005), utilizando-se como parâmetros os céus da CIE (*Commission Internationale de L'eclairage*). Adotou-se três tipos de céus, conforme estabelecido por Laranja (2010): os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), os quais correspondem, respectivamente, aos valores mínimo, intermediário e máximo de iluminância. Na análise dos resultados foram considerados os valores das iluminâncias médias globais dos pontos definidos e os percentuais das UDI (*Useful Daylight Illuminance*) obtidos em cada cenário.

2.1 Definição do recorte urbano e áreas de análise

O local escolhido para análise da iluminação natural situa-se no Centro da cidade de Domingos Martins (LAT 20° 18' S e LONG 40° 43' W - Figura 2), onde terrenos, com edificações de até dois pavimentos, vinham sendo incorporados e substituídos por prédios de 5 a 7 pavimentos. Nesse recorte territorial fora selecionadas 2 áreas típicas para a realização das simulações computacionais (Figura 3).



Figura 2. Localização de Domingos Martins/ES. Fonte: Adaptado de Google Maps (acesso em 18 de out. 2014).



Figura 3. Localização da região e áreas escolhidas para análise. À esquerda, vista aérea geral da cidade e, à direita, detalhe da zona central. Fonte: Adaptado de Google (2014).

Dentre as variáveis da geometria urbana que se relacionam com a disponibilidade de luz natural no ambiente interno, destacam-se as obstruções (LITTELEFAIR 2001, CAPELUTO 2003). Além disso, as pesquisas desenvolvidas por Ng (2005), Kruger & Suga (2007) e Araújo & Cabús (2007) demonstram relações entre a largura da via e a altura da edificação obstruidora com o acesso da iluminação natural no ambiente interno. Portanto, os critérios utilizados para a definição das áreas de estudo foram a identificação de vias-padrão representativas, sendo adotados os extremos (via com menor dimensão e via com maior dimensão), e áreas consideradas críticas devido às alturas das obstruções.

As Figuras 4-5 identificam de forma detalhada as duas áreas escolhidas para as simulações. Nelas constam a representação do cenário atual, contendo as edificações obstruidoras e o ambiente/edificação em análise, bem como informações dos parâmetros estabelecidos pela legislação urbanística municipal. O levantamento dos dados necessários sobre a área de estudo foi realizado através do material fornecido pela Secretaria de Obras Municipal (base cartográfica) e de visitas para observação, medições e registros fotográficos.

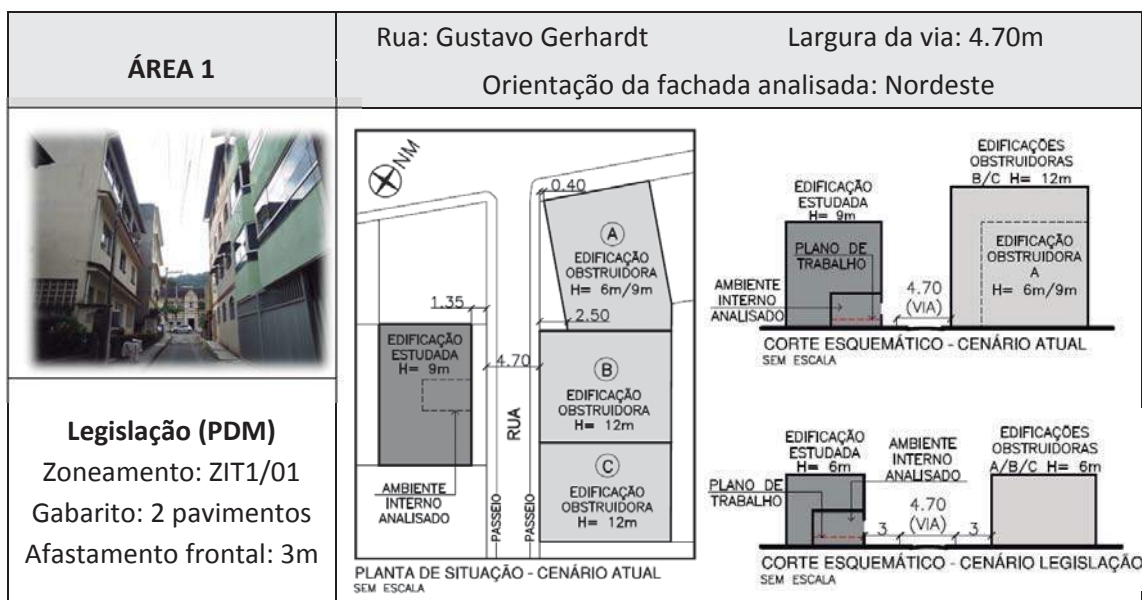


Figura 4. Caracterização da Área 1.

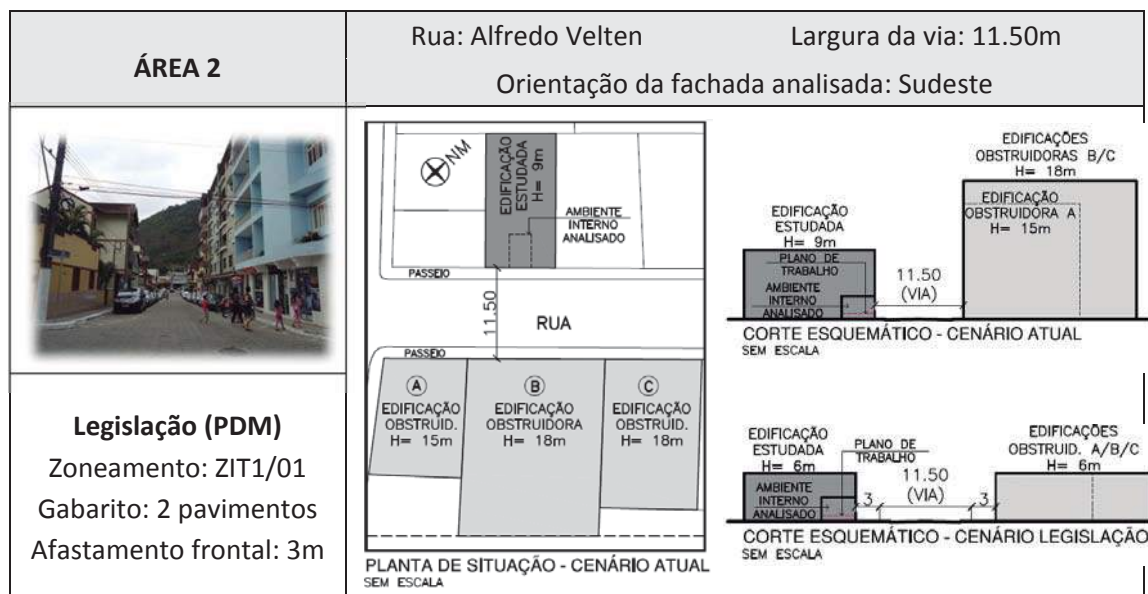


Figura 5. Caracterização da Área 2.

2.2 Programa de simulação TropLux

O TropLux, permite a simulação da iluminação natural no ambiente interno considerando as características, tanto climáticas como arquitetônicas, das regiões tropicais. Dentre as suas especificidades, cita-se a configuração do índice de refletância das superfícies internas e externas, e do tipo de céu da localidade segundo os padrões da CIE. O programa é baseado em três conceitos: o método Monte Carlo, o método do raio traçado e o conceito de coeficientes de luz natural (Cabús 2005).

2.3 Avaliação da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno

Nesta pesquisa, estabeleceu-se que a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno é caracterizada pelo nível de iluminância, com valores que indiquem a adequação à realização das atividades previstas dentro dos compartimentos. Além disso, definiu-se que a iluminação considerada diz respeito à iluminância global, proveniente da combinação entre luz do sol e da parcela refletida.

A avaliação ocorre em duas etapas. Inicialmente, são comparados as iluminâncias obtidas no cenário atual (CA) e cenário legislação (CL), verificando a contribuição do Plano Diretor no aumento desses valores. Adotou-se como parâmetro a NBR ISO/CIE 8995-1, que recomenda o valor de 500 lx como iluminância a ser mantida em compartimentos onde se realiza as seguintes atividades: escrever, teclar, ler e processar dados (ASSOCIAÇÃO... 2013).

A segunda etapa consiste na comparação, entre os dois cenários (CA e CL), dos valores das UDI's. O parâmetro, proposto por Nabil & Mardaljevic (2006), consiste na caracterização da ocorrência de iluminâncias, no período de um ano, que se encontram dentro de determinados intervalos de iluminação, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos resultados em lux em função das UDI. Fonte: Adaptado de Nabil & Mardaljevic (2006).

INTERVALO UDI (LUX)	CARACTERÍSTICAS DA ILUMINÂNCIA
UDI < 100	Insuficiente.
100 < UDI < 500	Suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar.
500 < UDI < 2000	Suficiente e desejável.
2000 < UDI	Indesejável. Desconforto térmico e/ou visual.

2.4 Dias e horários das simulações

Conforme a NBR 15215-4 (ASSOCIAÇÃO... 2005) os níveis de iluminação devem ser verificados em diferentes épocas do ano e horários distintos, a fim de se obter valores mais precisos. Logo, as simulações foram realizadas para o dia 22 de cada mês do ano (janeiro-dezembro), contendo, assim, os solstícios de verão e inverno. Os horários compreendem cada hora entre 8h e 17h.

2.5 Características do ambiente interno adotado

As principais características do ambiente interno adotado nas simulações foram definidas de acordo com as especificações estabelecidas pelo Código de Obras de Domingos Martins (Domingos Martins 1992) e, de forma complementar, o Código de Obras de Vitória (Vitória 1998), bem como na tipologia verificada na região estudada. Assim, o modelo de ambiente se caracteriza por ter pé-direito de 3.00 m, largura de 2.80 m e comprimento de 4.30 m. As refletâncias internas foram adotadas conforme Laranja (2010), Capeluto (2003) e NBR ISO/CIE 8995 (2013), ou seja, piso = 0.2; paredes = 0.5; e teto = 0.8. As aberturas do modelo analisado localizam-se na fachada voltada para o exterior e estão centralizadas na parede. São compostas por vidro liso transparente, e possuem uma área de 1.54m² (1.40x1.10x1.10), correspondendo a 1/8 da área do piso do compartimento (VITÓRIA 1998).

2.6 Pontos de medições no ambiente interno

O ponto adotado para medição no ambiente interno localiza-se no térreo, visto ser a situação mais crítica para o acesso da luz natural. Adotou-se a NBR 15215-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2005) para determinar o número mínimo e a localização dos pontos para verificação do nível de iluminação natural. A quantidade mínima de pontos encontrados foi 16, porém, optou-se por trabalhar com um número superior, 25 pontos, visando maior precisão nos dados de resposta. A malha para localização dos pontos é composta de 5 linhas e 5 colunas, distando entre si 0.46 m e 0.76 m, respectivamente. O plano de trabalho considerado está a 0.75 m do piso (Figura 6).

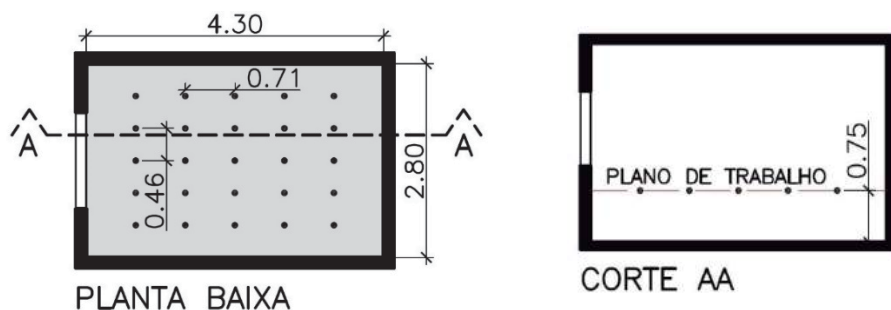


Figura 6. Planta baixa e corte AA indicando a malha de pontos para medição de iluminância.

2.7 Características da edificação obstruidora

Nesta pesquisa, adotou-se três edificações obstruidoras para compor o cenário urbano. Conforme exemplificado anteriormente, as edificações localizam-se à frente da edificação estudada, à frente na lateral direita, e à frente na lateral esquerda (Figuras 4-5).

As refletâncias adotadas foram baseadas nos trabalhos desenvolvidos por NG (2005), Leder et al. (2006) e Laranja (2010, 2013). Assim, utilizou-se 40% como refletância média dos fechamentos opacos, e 20% como refletância média das superfícies horizontais, sendo neste último observado, também, o tipo de pavimentação da área estudada (paralelepípedo).

2.8 Análises de resultados

Os resultados obtidos nas simulações computacionais permitiram a análise dos valores de iluminância média global e dos valores que se encontram no intervalo das UDI's entre o cenário atual (CA) e o cenário legislação (CL).

Na análise do nível de iluminância objetivou-se verificar o ganho de iluminação natural dentro do ambiente interno permitido pela aplicação do Plano Diretor, bem como se esses valores enquadram-se dentro do recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1. Quanto ao parâmetro UDI, buscou-se verificar o aumento da iluminação considerada como satisfatória ($500 < UDI < 2000$), com atenção ao ganho da iluminação caracterizada como indesejável ($UDI < 2000$).

3 RESULTADOS

Conforme a metodologia estabelecida, os resultados seguem apresentados em duas etapas. Na primeira, foram comparados os valores de iluminância média global obtidos no cenário atual (CA) e cenário legislação (CL), sendo observados, ainda, se esses valores estavam de acordo com o recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1, 500 lux (ASSOCIAÇÃO... 2013). Na segunda etapa, são comparados os valores das UDI's. Essas análises foram realizadas para as duas áreas escolhidas: área 1 (Rua Gustavo Gerhardt) e área 2 (Rua Alfredo Velten).

3.1 Iluminância média global

Na área 1, a legislação urbanística possibilitou o aumento do nível de iluminância nos três tipos de céus analisados. As contribuições foram significativas, visto que o ganho de iluminação no ambiente interno foi de 44%, 50% e 55% (Figura 7), respectivamente, para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro). Entretanto, para o céu 3 (encoberto), nenhum dos cenários analisados (CA e CL) alcançou a iluminância recomendada pela NBR ISO/CIE 8995-1.

Na área 2, apesar do percentual de contribuição ter sido menor, a legislação proporciona um ganho de iluminação no ambiente interno de 48%, 38% e 29% (Figura 8), respectivamente, céu 3 (encoberto), céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro). E, de forma análoga à área 1, para o céu 3 (encoberto), nenhum dos cenários analisados (CA e CL) alcançou a iluminância recomendada pela NBR ISO/CIE 8995-1.

Ressalta-se que, apesar de não ser este o parâmetro observado nesta pesquisa, a orientação das aberturas influencia na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno (Laranja 2010, 2013). Logo, percebe-se que o ganho de iluminância na área 1, orientação Nordeste, foi maior do que na área 2, fachada Sudeste, visto aquela receber maior contribuição solar direta do que esta. Além disso, nota-se que, na área 1, a limitação do gabarito tem maior contribuição no ganho de iluminância do que na área 2, ratificando, assim, os resultados obtidos por Laranja et al. (2013), os quais afirmam que, conforme aumentam-se a relação entre H (altura da edificação obstruidora) e L (largura da via), há uma redução das iluminâncias. Por conseguinte, reitera-se que com as medidas mais restritivas do PDM e a redução da altura das edificações, considerando a largura das vias, haverá ganhos ainda maiores no que diz respeito à iluminação natural.

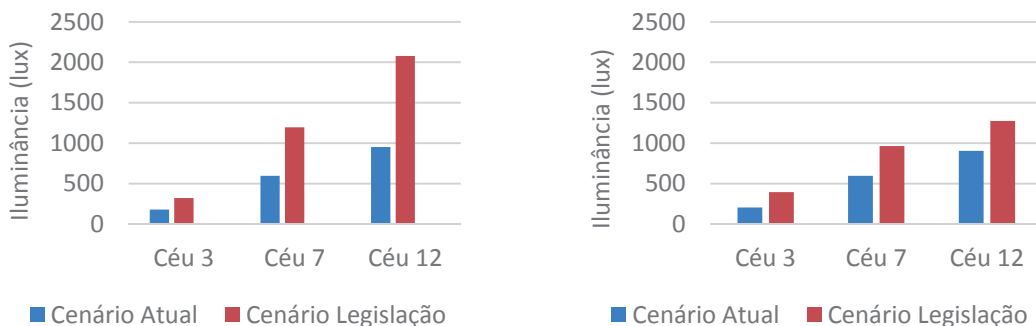


Figura 7. Iluminância média global na Área 1 (Rua Gustavo Gerhardt). Figura 8. Iluminância média global na Área 2 (Rua Alfredo Velten).

3.2 UDI (Useful Daylight Illuminances)

Na área 1 (Figura 9), percebe-se que não há uma contribuição significativa do PDM para o céu 3 (encoberto), visto que o maior percentual de iluminância permanece no intervalo entre 100 lx e 500 lx, caracterizado como suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar. No céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), o maior percentual encontra-se entre os intervalos 100 lx/500 lx e 500lx/2000 lx. Porém, considera-se que a legislação urbanística teve maior contribuição para o céu 7, já que neste o Plano Diretor possibilitou o incremento dos valores de iluminâncias compreendidas no intervalo entre 500 lx e 2000 lx, caracterizado como suficiente e desejável. Além disso, para o céu 12 (claro), há um acréscimo no percentual de iluminação considerada indesejável (UDI>2000), visto esta causar desconforto térmico ou visual.

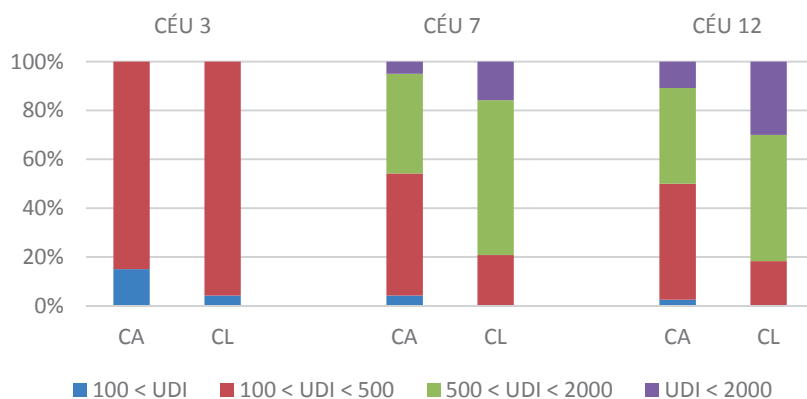


Figura 9. Comparativo entre o percentual das UDI's na Área 1.

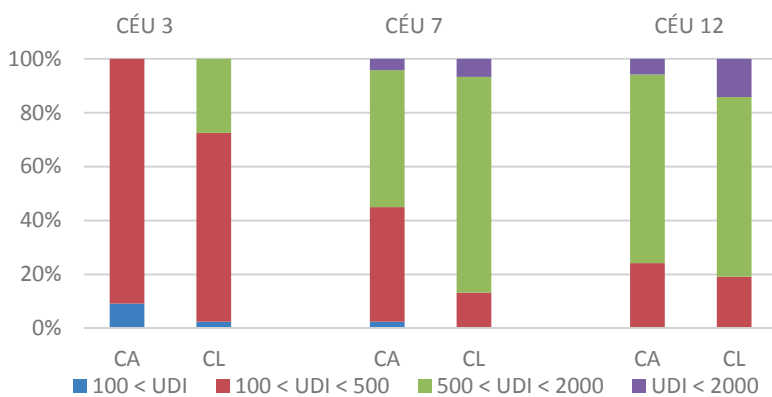


Figura 10. Comparativo entre o percentual das UDI's na Área 2.

Na área 2 (Gráfico 4), para o céu 3 (encoberto) e 7 (parcialmente nublado), a legislação urbanística proporciona aumento nos valores de iluminância no intervalo entre 500 lx e 2000 lx, caracterizado como suficiente e desejável. Para o céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), o cenário legislação (CL) apresenta um acréscimo no percentual dos valores acima de 2000 lx, considerado como indesejável por causar desconforto térmico ou visual.

4 CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos, verifica-se, assim como os estudos realizados por Laranja (2010), Capeluto (2003) e Littlefair (2001), a influência da geometria urbana e, conseqüentemente, da legislação urbanística na disponibilidade de luz natural no interior das edificações. Com relação a cidade de Domingos Martins/ES, as simulações computacionais mostraram que o Plano Diretor Municipal, através da aplicação dos índices estabelecidos (gabarito e afastamento), contribui com o aumento da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno.

No que diz respeito à iluminância, o PDM possibilitou o aumento dos valores proporcionados pelo cenário atual, para os três tipos de céus estudados. Com relação ao parâmetro UDI, para os céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), a legislação permite a presença, em maior quantidade, da iluminação indesejada, principalmente, na área 1 (orientação Nordeste), podendo causar ofuscamento nos ambientes internos. Para essa situação percebe-se que a redução dos gabaritos precisa ser aliada ao uso de proteções solares nas aberturas para algumas orientações no intuito de reduzir a carga térmica recebida, evitando a necessidade de resfriamento do ambiente interno e um maior consumo de energia elétrica.

De uma maneira geral, sob o aspecto da iluminação natural, conclui-se que o estabelecimento da atual legislação urbana é benéfica ao município de Domingos Martins, favorecendo o aproveitamento da luz natural, e, por conseguinte, o conforto ambiental, a economia de energia e a sustentabilidade. Ressalta-se, entretanto, que esta pesquisa é uma pequena parte dentro de um universo que pode ser estudado a fim de contribuir para a melhoria do planejamento urbano. Além disso, como perspectiva de continuidade deste estudo, prevê-se a variação de outros parâmetros, como a orientação, taxa de ocupação, dimensão do ambiente interno e das aberturas, podendo, dessa forma, dar suporte a revisão e/ou formulação de novas leis urbanas e construtivas.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pela CAPES – Coordenação de Pessoal de Aperfeiçoamento de Nível Superior, e insere-se no contexto dos trabalhos da rede URBENERE apoiado pelo CYTED Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo.

REFERÊNCIAS

Araújo, I. A. L.; Cabús, R. Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios em cânions urbanos no trópico úmido. In: Encontro Nacional De Conforto No Ambiente Construído, 9; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2007, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Antac, 2007.

Assis, E. S. DE; et al. Aplicação de dados do clima urbano no de cidades mineiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2007, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Antac, 2007.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 15215-4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição*. Rio de Janeiro, 2005.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR ISO/CIE 8995-1: iluminação de ambientes de trabalho*. Rio de Janeiro, 2013.

Cabús, R. C. Troplux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005, Maceió. *Anais...* Maceió, 2005.

Capeluto, I. G. The influence of the urban environment on the availability of daylighting in office buildings in Israel. *Building and Environment*, v. 38, n. 5, p. 745-752, May 2003.

Carlo, J.; Pereira, F. O. R.; Lamberts, R. Iluminação natural para redução do consumo de energia de edificações de escritório aplicando propostas de eficiência energética para o código de obras do Recife. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, São Paulo, 2004. *Anais...* São Paulo: 2004.

Domingos Martins (Município). *Código de obras*. Lei nº 1.238, de 1992. Institui o Código de obras do Município de Domingos Martins. Domingos Martins, ES, 1992.

Domingos Martins (Município). *Plano Diretor Municipal*. Lei Complementar nº 25, de 2013. Dispõe sobre a organização do espaço territorial do Município de Domingos Martins, conforme determina o disposto no art. 182 CRFB de 1988 e o art. 41 do Estatuto da Cidade – Lei 10.257 de 2001. Domingos Martins, ES, ago. 2013.

Domingos Martins. Prefeitura Municipal. *Aspectos geográficos*. Disponível em: <<http://www.domingosmartins.es.gov.br/#>>. Acesso em: 24 jul. 2014.

Duarte, D.; Gonçalves, J. C. S.; Mülfarth, R. C. K. O projeto urbano e as questões ambientais. *URBS*, v. 44, p. 9-14, 2007.

Krüger, E.; Suga, M. Proposta de restrições de altura para cânios urbanos para aproveitamento de luz natural em edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2007, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Antac, 2007.

Laranja, A. C. et al. Análise das relações entre a geometria urbana e a orientação das aberturas na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, Belo Horizonte, v. 20, n. 26, p. 151-167, Fev. 2013. ISSN 2316-1752. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/6648/6076>>. Acesso em: Jul. 2014.

Laranja, A. C. *Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno*. 2010. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

Leder, S. L. *Ocupação urbana e luz natural: proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural*. 2007. 240 f. Tese (Doutorado em Construção Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

Leder, S. M. et al. Análise da legislação urbanística através de critérios de insolação e luz natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2006.

Littlefair, P. Daylight, sunlight and solar gain in the urban environment. *Solar Energy*, v. 70, n. 3, p. 177-185, 2001.

Nabil, A.; Mardaljevic, J. Useful daylight illuminances: a replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, v. 38, n. 7, p. 905-913, jul. 2006.

NG, E. A study of the relationship between daylight performance and height difference of buildings in high density cities using computational simulation. In: INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION CONFERENCE, 9., 2005, Montreal, *Proceedings...* Montreal: IBPSA, 2005. p. 847-852.

Oakley, G.; Riffat, S. B.; Shao, L. Daylight performance of lightpipes. *Solar Energy*, v. 69, n. 2, p. 89-98, 2000.

Vitória (Município). *Código de obras*. Lei nº 4.821, de 30 de dezembro de 1998. Institui o Código de Edificações do Município de Vitória e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Vitória: Vitória, 1998.

Promoting Sustainability as a Strategy to Mitigate the Effects of Economic Downturn on the Construction Industry

Ahmed Ashour

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Laboratory of Building Physics and Construction Technology, Guimarães, Portugal

ahmedashour2010@hotmail.com

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

braganca@civil.uminho.pt

Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

malmeida@civil.uminho.pt

ABSTRACT: During the recent years followed by the Global Financial Crisis (GFC), most of business and industries around the globe have been hardly hit to the limit that it still struggling to survive, suffering from the crisis financial consequences. For instance, in the construction industry; many construction projects have been suspended or totally cancelled. Nevertheless, among this dilemma, a call has been raised to use the sustainable practices to mitigate the effects of the GFC on construction industry.

For the first look, it seems that there is contradiction since the sustainable solutions are often associated with an increase in the initial cost, undoubtedly, the sustainable practices have many advantages in both economic and environment aspects, however, the question which needs to be addressed here is, to what extent using such sustainable practices can mitigate the negative effects of the economic downturn on construction industry.

Therefore, it is a challenging argument for using such sustainable construction from its economic perspective, however, this paper is aiming to present the economical benefits of sustainable practices in construction industry, and trying to clear the doubt of the high initial costs of the sustainable construction through studying the life cycle benefit of green building.

Keywords: sustainable construction, economic crisis, life cycle analysis (LCA), green buildings.

1 INTRODUCTION

The awareness of the necessity of sustainable development including sustainable construction as an industry is growing around the globe especially in the last decade due to the increase of different concerns such as environmentally and economically ones. However, it still faces challenges in application, especially in the construction industry, moreover, and for the first look, it seems that the sustainability in construction projects increase the initial cost of the project, which adds a significant challenge. Nevertheless, taking the long life cycle in consideration, it can make a profit, moreover, according to (Santos, Carvalho et al. 2012) investing in sustainability will provide great opportunities for growth, competitiveness and innovation to manufacturing companies.

1.1 Definition of sustainable construction

To start analyzing the performance of the sustainable construction, the term of sustainable construction should be clearly defined first. In fact, the sustainability in general and particularly in the construction industry is a broad subject, in which a huge area of knowledge has been done

by different researchers and experts. As a result, there are numerous definitions for the term of sustainable construction, for instance, (Kibert 2012) has mentioned some of them such as "the creation and operation of a healthy built environment based on ecological principles and resource efficiency", another definition which is more closer to the aim of this paper is " how the construction industry together with its product the 'built environment', among many sectors of the economy and human activity, can contribute to the sustainability of the earth including its human and non-human inhabitants".

In addition, (Pitt, Tucker et al. 2009) confirmed that sustainable construction includes 3 main key area; Environmental responsibility, social awareness, and economic profitability. Kibert added that the sustainable construction concept works in 3 directions; principles, resources and phases (figure.1)

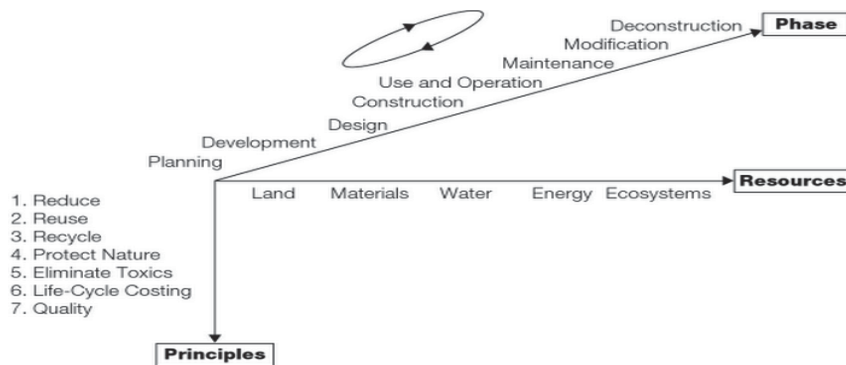


Figure 1 Sustainable construction supply chain, adapted from (Kibert, C. J. 2012).

1.2 The motivation of sustainability in construction

The sustainable construction is a major part from whole ongoing process of the sustainable development which mainly focuses on the sustainable built environment (Feige, Wallbaum et al. 2011), it depends on material and operation that are environmentally friendly. More closely, as a result of many crises we live today, especially the environmental ones such as the global warming, climate changes, and greenhouse gas emissions, a necessity has emerged to the surface to use sustainable practices. In fact, the built environment including construction industry is responsible for 40% of CO₂ emission, 30% of waste generation, and 20% of water effluent (Dent, Patrick et al. 2012), these figures raised the alarm to the construction stakeholders in order to change their way of construction practices and reduce the contribution of construction in environmental problems.

On the other hand, sustainable construction came to put a solution not only for environmental issues, but also economical as well, for instance using sustainable resources such as solar energy and the emphasis on waste recycling, can achieve economical sustainability rather than environmental one, comparing to the conventional construction.

2 The ECONOMIC MODEL OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION

2.1 Introduction

Beside the positive environmental contribution to many critical issues such as global warming and greenhouse gas emissions, the sustainable construction have economic advantages when the following points is considered:

- the primary life-cycle savings for a high performance building will be a result of superior energy performance;
- life cycle savings can also be easily demonstrated for water and wastewater conservation measures;
- saving due to good indoor environmental quality (IEQ);

- saving due to materials conservation and recycling (Kibert 2012).

Furthermore, the green building council of the United States (USGBC) mentioned that, in order to have high-performance green buildings, the business case of this module should include the following principles:

- are designed for cost-effectiveness;
- boost employee productivity;
- enhance health and well-being;
- create value for tenants;
- increase property value;
- take advantages of incentive programs;
- benefit your community;
- achieve more predictable results(Kibert 2012).

2.2 The argument of high initial cost

A study done by (Rodriguez-Melo and Mansouri 2011) concluded that the sustainable practices in construction is crucial source for competitiveness and making profit, furthermore, (Chau, Tse et al. 2010) in their study mentioned that some users of these building are willing to pay more for this sustainable services. Nevertheless, the high initial cost of the sustainable construction is a main concern for most of the construction stakeholder especially the investors who have to pay extra money in order to meet sustainable criteria. For instance, in a survey done by the global green building trends in 2008 include about 700 of construction professionals, 80% of them believed that the main obstacle for the spreading of sustainable construction is the high initial cost (Kats 2013), and further studies have also shown that (Pearce 2008, Häkkinen and Belloni 2011, Robichaud and Anantatmula 2011).

Furthermore, this high initial costs is mainly divided in two groups of costs according to (Kibert 2012); Hard costs which is easily documented such as electricity, water, waste water, gas, solid waste; the other group is called Soft costs which is less easily to document such as maintenance, employees health, comfort and indoor environmental quality in general. Nevertheless, this additional cost formed an argumentative subject between the construction stakeholders, while some of them believe that it is necessary to reduce the price of sustainable alternative to make it equal or less than the conventional building through an integrated design that could reduce the costs of sustainable alternatives, others believe that the sustainable alternative pays back its initial high cost later through the life cycle of the building and there no doubt about it.

However, to give fare judgment about the high initial cost of the sustainable construction the life cycle analysis should be taken in to the consideration.

2.3 Life Cycle Analysis (LCA) of green building

As an application of the sustainable construction, the green building is by far is the best example of the sustainability in construction. According to (Kibert 2012), the sustainable construction techniques used in green building has not only an ethical and practical response to the issues of environmental impact and resources consumption, but also it has an economic sense on a life-cycle cost (LCC) basis. The life cycle of a sustainable building according to (Czarnecki and Kapron 2010) starts from the production of material for construction projects, then it goes to the construction and operation, at the end it goes to dismantling and recycling phase (figure2).

Furthermore, Kibert argued that although green building may be more expensive on a capital, or first cost basis, however, it will recoup their original investment within a relatively short time. In addition, specialists from (Ecoterra) - energy consultant company, based in US and considered as innovative company in sustainable solutions - has confirmed that life cycle costs of the

building in 30 years could reach up to four times of the initial cost of building construction (figure.3)

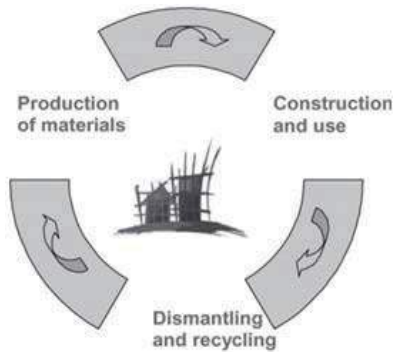


Figure 2. Building life cycle, adapted from(Czarnecki and Kapron 2010).

■ Initial costs ■ Oper. & Maint.

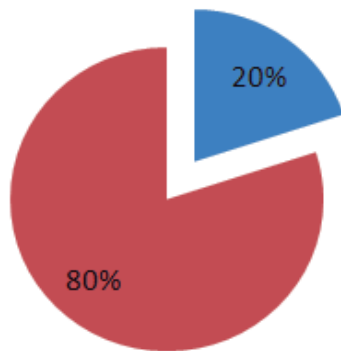


Figure 3. Lifecycle Building costs, adapted from (Eco Terra).

In addition, a report to California Sustainable Building Task Force states that an increment about 2% in green building investment would result in saving about 10 times of this initial increment but in the long life cycle of this building, which means that an increment of \$ 100,000 would result in \$ 1 million saving for a building in the life cycle in about 20 years (Kibert 2012). Furthermore, (Kats 2013)in his study for 170 U.S. buildings and 10 non-U.S. buildings mentioned that the majority of green premiums ranging from 0% to 4%, which means that the green building cost a little extra money comparing to the conventional one. This cost generally range from \$3/sf to \$9/sf, with the concept of the greener the building, the greater the cost premium.

For instance the following tables (T1) shows an analysis for typical green building, the total net present value (TNPV) over a period of 20 years for the green building ranges from 48\$ for LEED certified and silver, to 67 \$ for Gold and Platinum LEED, taking in consideration that the incremental construction cost ranges from about \$1.50p to \$9.5 per square foot for certified to platinum LEED. Furthermore, another study done by the U.S. National Renewable Energy Laboratory (NREL) shows that the sustainable building payback the extra cost of sustainable features almost in one year in some cases, which is quite significant (T2: the save mainly in one item).

Furthermore, another study done by (Morris and Matthiesen 2007) which compared 83 green building projects with 138 conventional building projects has confirmed that there is no significant difference in average costs for these project.

Table 1. TNPV analysis for typical green building over a period of 20 years, adapted from (Kibert 2012).

Category	TNPV (20 years)/ ft2
	\$
Energy Value	5.79
Emission Value	1.18
Water Value	0.51
Waste Value- Construction only, one year	0.03
Commissioning O&M Value	8.47
Productivity and Health Value (Certified and Silver)	36.89
Productivity and Health Value (Gold and Platinum)	55.33
Less Green Cost Premium	-4.00
Total 20 years NPV (Certified and Silver)	48.87
Total 20 years NPV (Gold and Platinum)	67.31

Table 2: Cost saving analysis for other sustainable building, adapted from (Kibert 2012).

Feature	Added costs	Annual Savings
Energy-efficiency measures	38,000	4,300
Commissioning	4,200	1,300
Natural landscaping, storm water management	5,600	3,600
Raised floors, movable walls	0	35,000
Waterless urinals	-590	330
Total	47,210	44,530

2.4 Aspects of sustainability in green buildings

2.4.1 Energy

Saving energy is considered the greatest challenge in sustainable construction. According to US energy information administration, building is responsible for consuming 41% of electricity consumption, while transportation following with percentage of 28% and 31% for the industry sector (EIA 2011). Furthermore, energy consumed by building is responsible for:

- 47% of U.S. sulfur dioxide emission;
- 22% of nitrogen oxide emission;
- 35% of carbon dioxide emission (Kibert 2012).

As a result from the energy efficient building (Wiley, Benefield et al. 2010) confirmed in their study that the return of efficient energy building will be more than the conventional one. Furthermore, using sustainable construction practices in energy sector could reduce its consumption to almost the half, for instance Kibert argued that today's green buildings typically reduce the consumption of commercial building from 100,000 BTU/ft2 per year (292 kWhr/sq meter/year) to less than 50,00 BTUs per square foot each year (146 kWhr/square meter/year)" which is almost the half. Furthermore, in order to maximize the benefit of sustainable practices in construction, passive design should be used, which mainly depends on the nature component such as day lighting, natural ventilation, solar water heating system, etc.

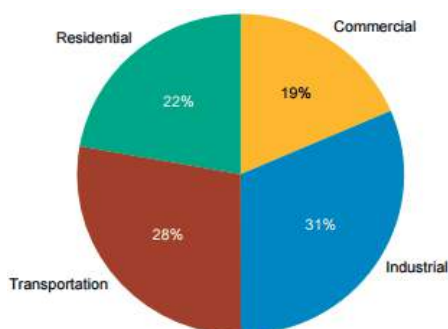


Figure 4. Electricity consumption per sector, adapted from (EIA 2011).

2.4.2 Water

In a survey done by (Issa, Rankin et al. 2010), the water conservation comes a second priority in green building area after the energy, unsurprisingly, this result reflecting the importance of water in our daily lives since it is a main source for keeping the life running on earth planet, it is the main content of human body about 97%, However, only 2.5 % of earth's water is freshwater, and of that, three-quarters is sequestered or locked up in glaciers and permanent snow cover or buried deep in the ground . Furthermore, waterborne diseases, including diarrhea, typhoid and cholera, are responsible for 80% on illnesses and death in developing countries (Kibert 2012).

Although direct consumption by building is not a large comparing to agriculture consumption which consume 80% of total water use in United states with a 60% of wastage due leaky canals, evaporation, and mismanagement; some area around the world suffer from insufficient supply of drinkable water. Furthermore, the main goal for implementing sustainable practices in water management is to help to minimize the water consumption to the level of 190 liters (outdoor), and 85 liters (indoor) per capita per day (Kibert 2012).

Other benefits from applying sustainable practices water resources management:

- energy saving;
- reduced wastewater production;
- lower facilities services investments;
- improved industrial process: through innovations in water application;
- higher worker productivity;
- reduced financial risk(Kibert 2012).

2.4.3 Material

"It is shown that the cost of green materials need not dictate the cost of green buildings, and that knowledgeable designers can utilize green materials, including some that ostensibly cost more, without increasing overall project costs" (Malin 2000).

In fact, the traditional way of construction is responsible for generating a huge percent of wasted material. Thus the role of the sustainable practices is to minimize this percent of waste in order to save the nature as well as the cost. The basic principles of the sustainable practices regarding to material focusing on the following points:

- Reuse existing structures;
- Reduce material use;
- Use materials created from renewable resources;
- Reuse building components;
- Use recyclable and recycled content material;
- Use locally produced materials(Kibert 2012).

2.4.4 Indoor environmental quality

In fact, there are strong correlation between the place where we reside and our health and productivity, in other words, the building design has indirect effects on the health and productivity of its occupants whether they are normal residents or worker, depending on it is function. According to (Nurul Diyana and Zainul Abidin 2013) there are several studies proven the positive effects of sustainable construction on the productivity of the occupant, for instance, a study by Fisk and Rosenfeld in 1998 shows that the annual cost of indoor air quality problems ranges from about 30 to 170 \$ billion (Fisk and Rosenfeld 1998), another study done by (Kats and Capital 2003)shows the value gains from less sickness ranges from 37 to 55 U.S. dollars per square foot.

3 DISCUSSION AND CONCLUSION

In fact, the sustainable application in construction industry has enormous advantages not only limited to the environment, but also to the economy and indirect cost saving such as indoor environmental quality. While most of the construction stakeholders are worried about the initial cost of the sustainable solutions, the earlier presented data shows that the premium cost due to sustainability in construction industry costs a slightly more by a maximum of 5%, and it has the ability to pay back the premium investment but in the life cycle of the building, not only that but it can save up to 10 times of the initial costs, furthermore, the application of sustainability in building can save a lot of money indirectly by improving the productivity and limits different costs associated with indoor environment quality problems such as sickness and medical treatments. This information gives clear answer for the construction stakeholders especially the governments and private investors clearing the doubt about the increase of the initial cost they pay and will encourage them to invest in this sustainable option.

Therefore, the future of the investment in sustainable construction is promising, serious steps have been taken by different construction stakeholders starting from governments and private sectors to move toward sustainable practices in the construction industry. Certainly this sustainable movement in return will enhance the construction market in particular and the whole economy in general during the current recession through bringing more investment in construction industry weather for new projects or retrofit of existing buildings.

Nevertheless, although the sustainable construction has an economical advantage besides the environmental, however, the effects of sustainable construction will be limited only to mitigating the effects of the current recession on the instruction industry, but to solve the economic crisis for sure. Furthermore, it could be more effective to use incentive to encourage the private investors or even imposing laws by the local government to insure the implementation of this kind of sustainable construction. In fact, the benefits of using sustainable construction is not limited on one party only, but it will be reflected on everybody living on this earth, so it should be responsibility of all to insure the implementation of this precaution measures in the construction industry in order to insure friendly environment not only for the time being, but also for generations to come.

REEFERENCES

Chau, C. K., et al. (2010). "A choice experiment to estimate the effect of green experience on preferences and willingness-to-pay for green building attributes." Building and Environment 45(11): 2553-2561.

Czarnecki, L. and M. Kapron (2010). "Sustainable Construction as a Research Area." International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources 17(2): 99-106.

Dent, P., et al. (2012). Real Estate: Property Markets and Sustainable Behaviour, Taylor & Francis.

Ecoterra. Retrieved 12.04.2015, from http://www.ecoterrallc.com/_energy/index.html.

EIA (2011). Energy Consumption by Sector. <http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/pdf/sec2.pdf>, Us energy information administration

Feige, A., et al. (2011). "Harnessing stakeholder motivation: towards a Swiss sustainable building sector." Building Research & Information 39(5): 504-517.

Fisk, W. J. and A. H. Rosenfeld (1998) Potential Nationwide Improvement in Productivity and Health From Better Indoor Environments.

Häkkinen, T. and K. Belloni (2011). "Barriers and drivers for sustainable building." Building Research & Information 39(3): 239-255.

- Issa, M. H., et al. (2010). "Canadian practitioners' perception of research work investigating the cost premiums, long-term costs and health and productivity benefits of green buildings." Building and Environment 45(7): 1698-1711.
- Kats, G. (2013). Greening Our Built World: Costs, Benefits, and Strategies, Island Press.
- Kats, G. and E. Capital (2003). Green building costs and financial benefits, Massachusetts Technology Collaborative Boston, MA.
- Kibert, C. J. (2012). Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery, Wiley.
- Malin, N. (2000). "The cost of green materials." Building Research & Information 28(5-6): 408-412.
- Morris, P. and L. Matthiesen (2007). Cost of green revisited: Re-examining the feasibility and cost impact of sustainable design in light of increased market adoption. Davis Langdon, Inc.
- Nurul Diyana, A. and N. Zainul Abidin (2013). "Motivation and Expectation of Developers on Green Construction: A Conceptual View." World Academy of Science, Engineering and Technology.
- Pearce, A. R. (2008). "Sustainable capital projects: leapfrogging the first cost barrier." Civil Engineering and Environmental Systems 25(4): 291-300.
- Pitt, M., et al. (2009). "Towards sustainable construction: promotion and best practices." Construction Innovation 9(2): 201-224.
- Robichaud, L. B. and V. S. Anantmula (2011). "Greening Project Management Practices for Sustainable Construction." Journal of Management in Engineering 27(1): 48-57.
- Rodriguez-Melo, A. and S. A. Mansouri (2011). "Stakeholder Engagement: Defining Strategic Advantage for Sustainable Construction." Business Strategy and the Environment 20(8): 539-552.
- Santos, A. d., et al. (2012). Sustainable production within the construction industry: A case study on a prefabricated company in Brazil. 7th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering and Construction. Sao Paulo, Brazil.
- Wiley, J. A., et al. (2010). "Green design and the market for commercial office space." The Journal of Real Estate Finance and Economics 41(2): 228-243.

CHAPTER 13 | CAPÍTULO 13 | CAPÍTULO 13

Governance for a sustainable built environment

Governança para a sustentabilidade do ambiente construído

Gobernanza para la sostenibilidad del ambiente construido



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Governança e requalificação de espaços comuns construindo a sustentabilidade social: Avaliação e proposta para Programa Minha Casa Minha Vida na Cidade de Juiz de Fora – Minas Gerais – Brasil

Letícia Maria de Araújo Zambrano

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

leticia.zambrano@ufjf.edu.br

Janaina Sara Lawall

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Leopoldina, Leopoldina, Minas Gerais, Brasil.

jlwall@caed.ufjf.br

Nádia de Oliveira Camacho

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

nahcamacho@gmail.com

Isabela Canônico Lopes

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

belacanonico@gmail.com

Daniella Fonseca Zanotti Ongaro

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

daniellaongaro@yahoo.com.br

Yara Coelho Neves

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

yara.neves@arquitetura.ufjf.br

Vitor Augusto de Castro Caldas

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

vitor.a.c.caldas@gmail.com

José Gustavo Francis Abdalla

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

gustavofrancis@globo.com

Caterine Reginensi

École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse, pesquisadora visitante no Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política da Universidade Norte Fluminense.

creginensi@gmail.com

ABSTRACT: Juiz de Fora, inland of Brazil, has significant production in the context of social interest housing held by the national government-funded program called Minha Casa Minha Vida (BRASIL & CIDADES, 2009 et al.). Looking at city planning, urban quality, architecture and engineering, places and buildings with typical MCMV residential dwellings are criticized all over the country. JF is not an exception. Ongoing research in Vivendas Belo Vale / PMCMV has been

revealed that their residents dislike living in their houses. Two main difficulties are nominated for that: many social behavior problems and dangerous situation for people inside and outside home. This paper aims to present results of the research. It discusses propositions concerning to governance - that is essential to social sustainability - approaching through the inclusion of specific academic and methodological tools for participatory analysis, for consultation on design and management of common and public areas.

Keywords: Social Housing, Minha Casa Minha Vida Program, Social Sustainability Assessment.

RESUMO: A produção habitacional de interesse social realizada no contexto do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) na cidade de Juiz de Fora tem se demonstrado expressiva no cenário nacional em termos quantitativos, porém, assim como em diversas cidades brasileiras, abre espaço a críticas quanto à forma de inserção urbana, à qualidade arquitetônica, construtiva e urbana. Uma pesquisa em curso, focada no conjunto Vivendas Belo Vale/JF, vem demonstrando a rejeição dos moradores ao empreendimento, problemas relacionados à convivência entre vizinhos e falta de segurança. Este trabalho apresenta os resultados da pesquisa realizada e desenvolve proposições relativas à efetivação do princípio da Governança – elemento essencial da sustentabilidade social - através da inclusão de instrumental específico para análise participativa, para concertação em projeto e para gestão de áreas comuns e públicas.

Palavras-chave: Habitação de Interesse Social, Programa Minha Casa Minha Vida, Avaliação de Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O governo brasileiro, buscando enfrentar o aumento do déficit habitacional dos últimos 30 anos, lançou em 2009 o Programa Minha Casa Minha Vida (BRASIL & CIDADES, 2009). Do ponto de vista quantitativo o programa é bastante eficaz, tendo como meta o financiamento para construção, aquisição, reforma ou requalificação de dois milhões de unidades até o final de 2014. Do ponto de vista qualitativo, abre espaço a críticas quanto à forma de inserção urbana, à qualidade arquitetônica, construtiva e urbana. A mídia vem divulgando o quadro de violência e insegurança presentes nos locais de implantação destes empreendimentos, o que leva a suposição de que questões de ordem qualitativa e social não vêm sendo adequadamente abordadas.

Para a construção de moradias de interesse social, no âmbito de uma política habitacional que se declara compromissada com princípios de sustentabilidade, não basta tratar o desafio do déficit de moradias através do financiamento de construção para o mercado privado de construção. Deveria pautar processos decisórios, projetos e ações segundo princípios sustentáveis, sendo a moradia reconhecida como parte essencial do direito à cidade, incluindo na concepção do projeto o conceito de moradia digna e a noção de habitat. É reconhecida a necessidade de ações no sentido de identificar e mitigar falhas nos conjuntos já edificados, bem como evitar que os novos empreendimentos venham a apresentar deficiências semelhantes. O governo federal, através de diversos ministérios e órgãos de fomento à pesquisa, vem financiando pesquisas acadêmicas que contribuam para a melhoria da qualidade de tais empreendimentos.

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados de uma pesquisa que avaliou a qualidade socioambiental de um empreendimento executado pelo PMCMV. Trata-se do resultado de sequência de três pesquisas de Iniciação Científica, e que, na continuidade, levou a uma pesquisa de Extensão Universitária financiada pelo Ministério da Educação do Brasil. O objeto de estudo foi o Condomínio Vivendas Belo Vale (CVBV) situado na região sul da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. Trata-se do primeiro a ser entregue aos moradores, no contexto do PMCMV no município. O artigo apresenta o procedimento metodológico que deu suporte ao

desenvolvimento dos instrumentos de avaliação, sua aplicação, as análises dos dados obtidos nas avaliações e por fim, a discussão dos resultados.

2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O trabalho se desenvolveu através de três Pesquisas de Iniciação Científica, que se configuraram em etapas sequenciais indicadas a seguir.

2.1. Revisão Bibliográfica¹:

A pesquisa se iniciou com uma revisão bibliográfica que buscou levantar ferramentas de avaliação de sustentabilidade que fossem adequadas à aplicação em habitações de interesse social. Os métodos de avaliação tomados como referenciais, focavam-se, principalmente, na qualidade ambiental urbana. Cada método apresentava cenários e características específicas de aplicação, sendo necessária uma seleção de critérios que fossem significativos para nosso objeto de estudo. Os quatro referenciais adotados foram:

- I. Geo Cidades - Indicadores Ambientais Urbanos. Trata-se de um referencial de indicadores de “*Pressão – Estado - Resposta*” cuja avaliação permite identificar problemas no estado do meio ambiente, suas causas, ou seja, pressões que geram tal estado e orientar para ações mitigadoras que deem conta de reverter determinado estado insatisfatório. Tem como objetivo principal permitir um melhor entendimento da dinâmica das cidades e seus ambientes (Consórcio Parceira 21, PNUMA, 2001, apud Camacho et al., 2011);
- II. ZED - Alvos para desenvolvimento urbano com emissão zero. Trata-se de projeto, fruto de uma parceria entre laboratórios de estudos urbanos de Toulouse (França), Berlim e Colônia (Alemanha), e Londres (Inglaterra) (Steemers, apud Camacho et al., 2011). Por meio de indicadores objetivos e subjetivos, seu objetivo é apoiar diagnósticos e o monitoramento do desenvolvimento urbano em uma escala que varia do bairro à cidade.
- III. HQE²R - Alta qualidade ambiental em projetos de planejamento e renovação urbana. Trata-se de um procedimento adotado na França que visa apoiar a integração do desenvolvimento sustentável em projetos de planejamento e renovação urbana através de métodos e ferramentas reprodutíveis (Charlot-Valdieu; Outrequin, 2003, apud Camacho et al., 2011)
- IV. Selo Casa Azul - Boas práticas para habitação mais sustentável. Trata-se de um selo de qualidade que visa promover a avaliação de empreendimentos financiados pela Caixa Econômica Federal, objetivando o reconhecimento daqueles que demonstrem contribuições para a redução de impactos ambientais (Caixa Econômica Federal, 2010, apud Camacho et al., 2011)

2.2. Organização dos Instrumentos da Pesquisa de Campo²

Considerando a definição de indicador: “um indicador pode ser definido como um parâmetro ou um valor derivado de outros parâmetros, que proporciona informação sobre um fenômeno” (Consórcio Parceira 21, PNUMA, 2001, apud Camacho et al., 2011), o cenário a ser avaliado foi estruturado segundo aspectos (sociais, ambientais, de conforto e de projeto), dimensões (de escala urbana, do empreendimento e da habitação) e indicadores (parâmetros) que poderiam fornecer informações qualitativas ou quantitativas acerca do empreendimento em estudo.

¹ Pesquisa de Iniciação Científica denominada: “Pesquisa e avaliação de projetos de habitações de interesse social sustentáveis” (Camacho et al., 2011)

² “Avaliação da qualidade socioambiental de projetos de habitações de interesse social” (CAMACHO *et al.*, 2013).

Foram identificadas as abordagens que seriam adequadas para os conjuntos de indicadores e quais atores estariam envolvidos nas mesmas, chegou-se à proposta de três instrumentos de avaliação: Ficha de avaliação dos aspectos ambientais, de projeto e de conforto – a ser preenchida por avaliador técnico através de observação *in loco* e documentação do projeto (indicadores: ambiental, projeto e conforto), objetivando uma verificação sistemática da presença ou ausência, bem como da qualidade (percebida pelo técnico ou explicitada no projeto) de determinados elementos que devem compor este tipo de empreendimento; (2) Entrevistas a atores envolvidos no empreendimento (indicadores: ambiental, projeto, conforto e social), objetivando extrair informações de pessoas envolvidas no empreendimento de forma a permitir compreender a dinâmica de sua implantação e outros elementos observados no empreendimento; (3) Aplicação de questionário junto aos moradores (indicadores: ambiental, projeto, conforto e social), objetivando produzir um diagnóstico social e levantar a opinião dos usuários sobre o empreendimento e sua relação com o local. As perguntas do questionário visavam conduzir a respostas qualitativas relacionadas aos indicadores. O instrumento foi baseado no modelo de enquete utilizado pelo Centro de Pesquisas Sociais da Universidade Federal de Juiz de Fora.

2.3. Pesquisa de campo³

O condomínio Vivendas Belo Vale, situado no Bairro São Geraldo em Juiz de Fora, apresenta 32 sobrados com quatro unidades habitacionais, duas no pavimento térreo e duas no pavimento superior, resultando num total de 128 unidades. As unidades habitacionais são compostas por: sala de estar integrada com a cozinha, dois quartos, um banheiro e área de serviço. Os espaços comuns incluem uma portaria, área de lazer com churrasqueira e equipamentos infantis e depósito para lixo. (CAMACHO *et al.*, 2013). As figuras abaixo apresentam imagens do conjunto.



Figuras 1 e 2 – Vista interna do Condomínio (Fonte: os autores).

A avaliação técnica foi planejada para realização por observação *in loco* e análise do projeto, com base nos indicadores de desempenho pesquisados. Tendo em vistas as limitações inerentes a um projeto de Iniciação Científica, não haveria condição de mensuração dos indicadores, dadas as limitações de equipe, tempo e meios disponíveis da própria pesquisa. Com isso optou-se por avaliar os parâmetros (correspondentes aos indicadores) de forma qualitativa, sendo registrado na ficha de preenchimento da seguinte forma: Existente ou Inexistente; e se existente, a qualidade percebida: (++) Muito positivo, (+) Positivo, (–) Negativo, (– –) Muito negativo ou Não se aplica, e relato de observações a serem mencionadas em função de particularidades destacadas.

As entrevistas foram planejadas para aplicação junto a atores estratégicos envolvidos no processo de projeto, construção e uso das moradias do PMCMV: Assistente Social, Responsável

³ Projeto de Iniciação Científica nomeado: “Avaliação socioambiental de edificações do Programa Minha Casa Minha Vida em Juiz de Fora: pesquisa de campo no Condomínio Vivendas Belo Vale”.

pelo acompanhamento social exigido pelo PMCMV⁴; (2) Um representante dos moradores, representante da administração do condomínio⁵; (3) Representante da construtora responsável pela construção do condomínio⁶.

O questionário foi planejado sob o modelo de enquete, para aplicação aos moradores do residencial, devendo cobrir cerca de 30% das 128 unidades do condomínio.

3 RESULTADOS

A seguir apresentamos os principais resultados extraídos da pesquisa de campo, a partir dos três instrumentos aplicados.

3.1 Avaliação dos aspectos ambientais urbanos, de projeto e de conforto⁷

A aplicação do instrumento ficha de avaliação dos aspectos ambientais, de projeto e de conforto permitiu uma abordagem ampla sobre os diversos itens de verificação relacionados aos indicadores de referência.

Em relação aos aspectos “Ambientais urbanos” destacam-se alguns problemas: (I) Qualidade do ar: comprometida por odores de caixas de esgoto localizadas no acesso das residências; (II) Controle da Expansão Urbana: localização do empreendimento fora de Área de Especial Interesse Social (AEIS), evidenciando a desarticulação no planejamento urbano do município; (III) Qualidade das redes de abastecimento: bom, porém com quadro de inadimplência devido a cobranças coletivas; (IV) Investimento em áreas verdes e paisagismo: ausência de arborização e de projeto paisagístico; (V) Qualidade da gestão dos resíduos: armazenamento de resíduos inadequado e com insuficiência de contêineres, o que resulta em sacos de lixo espalhados ao redor do local de depósito. (VI) Qualidade Urbana: inadequações no sistema viário, inexistência de calçadas em alguns trechos, falta de equipamentos de lazer (CAMACHO *et al.*, 2013).

No aspecto “Projeto” as principais fraquezas identificadas são: ausência de dispositivos economizadores de água e luz; inadequação do local de guarda do lixo. Na dimensão “Habitação” observa-se a inflexibilidade do projeto, inadequação para o número médio de habitantes nas unidades e inadequação quanto ao dimensionamento⁸ (CAMACHO *et al.*, 2013).

3.2 Entrevistas a atores envolvidos no empreendimento

A Tabela abaixo destaca as principais informações coletadas das entrevistas.

Observa-se que, embora tenham abordado aspectos ambientais, de conforto, de projeto e sociais, as informações relevantes se concentraram mais no aspecto social, nos problemas de falta de acompanhamento pós-ocupação e dificuldades na gestão e manutenção. Quanto aos demais elementos, as respostas foram superficiais, não correspondendo a uma contribuição

⁴ Com objetivo de conhecer os detalhes do trabalho social realizado com os habitantes do condomínio, por exigência da CEF, durante os primeiros seis meses após o sorteio das famílias, para tentar compreender as causas ligadas aos graves problemas sociais presentes.

⁵ Com objetivo de conhecer como se dá a gestão do condomínio, quem são os atores envolvidos, quais são os problemas sociais e relacionados à manutenção dos espaços.

⁶ Com objetivo de analisar as informações técnicas do projeto e da obra de execução.

⁷ Em função das limitações do projeto de Iniciação Científica, não foi possível realizar medições de “Conforto”, o que seria necessário para uma avaliação quantitativa adequada.

⁸ Foram identificados imóveis que possuem número excessivo de moradores em relação ao dimensionamento da moradia (mais de quatro membros por unidade), além da inadequação do atendimento às necessidades das famílias.

substancial. Destaca-se ainda a falta de contato dos projetistas com os futuros usuários para a definição das prioridades do programa arquitetônico e concepção do projeto.

Tabela 1 – Principais descobertas advindas das entrevistas. Fonte: Adaptado de Zambrano (2014)

Ator	Principais descobertas
Assistente Social	<ul style="list-style-type: none"> - Por problemas de pagamento do contrato o trabalho foi interrompido. - Não foi observado um compromisso real, mas sim o cumprimento de uma exigência contratual.
Representante dos moradores	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas nas relações sociais entre os habitantes do empreendimento. - Rejeição do papel de administração no condomínio e ameaças àqueles que efetuam a administração interna. - Problemas relacionados à prestação de serviços públicos no sistema de condomínio fechado, como a coleta de lixo, distribuição de cartas (correio), e medição do consumo de energia e água. - A entrega de correio acaba sendo feita a uma residente, que cuida da distribuição para o resto dos habitantes. - Falta de pagamento das contas. - Falta de segurança no local. - O acompanhamento social foi de curta duração sem surtir efeito.
Representante da construtora	<ul style="list-style-type: none"> - O projeto foi desenvolvido de forma a responder as exigências do programa e aos limites orçamentários. - Não houve contato prévio com os futuros moradores.

3.3 Aplicação de questionário junto aos moradores

O instrumento foi aplicado, em forma de enquete, a 47 domicílios (37% do total de unidades habitacionais do condomínio), num período de seis meses (junho a dezembro de 2013)⁹. A enquete permitiu identificar importantes informações sobre a percepção dos moradores em relação aos problemas sociais presentes no conjunto e que devem ser alvo de aprofundamento.

Chamaram a atenção dos pesquisadores dados sobre necessidades especiais, baixa renda e escolaridade; problemas relacionados a ruídos, infiltração, instalações hidráulicas e elétricas e má qualidade dos materiais construtivos dificultam a boa relação entre os vizinhos, o bom uso da habitação e sua manutenção. Alguns dados, apresentados resumidamente a seguir, evidenciam a dimensão dos problemas no condomínio, que não são apenas físicos, mas também de cunho social.

Nos 47 domicílios que participaram da enquete, residem 180 moradores de idades que variam de 0 a 72 anos. O elevado percentual de moradores com algum tipo de necessidade especial se justifica em função de critérios de elegibilidade e seleção, pelo qual são reservados 3% das unidades para idosos e famílias com portadores de necessidades especiais (segundo os respondentes, 14,9% dos domicílios possuem moradores com algum tipo de necessidade especial – visual, locomotora, mental, entre outras). Entretanto, nota-se a falta de unidades adaptadas (ou corretamente adaptadas) para estes.

Entre os membros das famílias entrevistadas, 28% são empregados formais. Existem desempregados em todas as faixas etárias, sendo o maior percentual localizado entre os extremos: 25% dos jovens de 18 a 21 anos e 14% dos adultos de 50 a 59 anos. O maior percentual de “Empregados formais” encontra-se entre os adultos jovens: 62% dos adultos entre 18 e 21 anos e 82% dos adultos entre 22 e 29 anos declaram possuir empregos formais.

De maneira geral, a escolaridade dos moradores com 18 anos ou mais é baixa: 47% não chegaram a concluir o Ensino Fundamental. Os moradores mais jovens apresentam escolaridade

⁹ Além das entrevistas e fichas de avaliação, os dados de uma pesquisa social realizada pela EMCASA (Empresa Regional de Habitação Juiz de Fora) são compatíveis com os resultados da enquete realizada.

mais elevada. Todos os semianalfabetos têm 60 anos ou mais. Nenhum morador com 60 anos ou mais concluiu o Ensino Fundamental. O percentual de moradores com ensino superior não chega a 4%.

Domicílios com maior número de pessoas apresentam renda per capita menor. 19% dos que informaram a renda familiar apresentam renda per capita inferior a $\frac{1}{4}$ do SM e em 66% a renda per capita não ultrapassa $\frac{1}{2}$ SM.

Boa parte das habitações apresenta patologias construtivas que causam dificuldades na vida dos moradores. Os problemas de maior recorrência relacionam-se a infiltração e estanqueidade, ocasionados pela água da chuva que infiltra pelo telhado ou paredes da casa. Isto evidencia que a cobertura não veda adequadamente a habitação. Outro incômodo para a população é a questão da acessibilidade e escadas que dificultam a locomoção, principalmente dos moradores que residem no segundo pavimento dos sobrados. Estas escadas apresentam problemas em sua estrutura, oferecendo riscos para os usuários. Foram apontados ainda, problemas nas instalações hidráulicas e elétricas, como rompimento de canos e tomadas que não funcionam. As portas e janelas são devassadas e não vedam corretamente o que dificulta a sua utilização.

Tabela 2 – Outras descobertas advindas do questionário aplicado junto aos moradores. Fonte: Adaptado de Zambrano (2014)

Origem das famílias:	Residentes de ao menos 17 bairros diferentes.
Pessoas por moradia:	Varia entre 1 e 13.
Renda familiar:	Varia entre R\$222,00 e R\$2.100,00; 8,5% com renda de menos de 1 salário mínimo (SM); 34% com renda de 1 SM (R\$678,00); 51% com renda entre 2 e 3 SM.
Segurança:	17% consideram o policiamento no condomínio “bom” ou “muito bom”; 34% indicaram não ter policiamento; Somente 6,4% dos entrevistados indicaram se sentir seguro no Condomínio.
Formas de violência:	Tráfico de drogas (31 indicações); Briga de turma (28 indicações); Briga entre vizinhos (16 indicações).
Transporte:	Transporte coletivo (ônibus) é o mais utilizado; 68,8% avaliam transporte coletivo como “ruim” ou “muito ruim”.
Relações com os vizinhos:	76,6% dos entrevistados avaliam sua interação com a vizinhança como “muito boa” ou “boa”.
Satisfação com o empreendimento:	63,9% consideram o grau de satisfação com empreendimento “ruim” ou “muito ruim”; 55,3% mencionam problemas relacionados a manifestações patológicas (ruídos entre moradias, vazamentos de água, má qualidade das esquadrias).
Modificações na habitação:	66% já sofreram modificações (independe da faixa de renda familiar). As principais modificações relacionam-se a piso/laje e revestimentos.
Mudaria no condomínio:	“Segurança”; “Integração e respeito entre os moradores”.

A maioria dos entrevistados (64%) demonstra estar insatisfeita com o empreendimento. De acordo com os entrevistados, essa insatisfação é decorrente de fatores como insegurança e falta de identidade com o local e com a vizinhança. A maioria dos moradores demonstra um sentimento de insegurança em relação ao condomínio e relata alto índice de criminalidade. Aproximadamente 87% dos entrevistados indicaram não se sentirem seguros no Condomínio. Desses, 33 (aproximadamente 80%), avaliam positivamente sua interação com a vizinhança. Confrontando esses dados com as declarações de alguns moradores sobre as dificuldades associadas ao relacionamento entre os vizinhos, supõe-se que a interpretação do conceito de “vizinhança” pelos moradores refere-se aos vizinhos próximos, ou seja, aos moradores que pertencem ao mesmo sobrado ou ainda, à mesma rua.

Apesar do sentimento de insegurança, o grau de satisfação com a moradia individualmente é alto: dos entrevistados, 89% avaliam a casa como “muito boa” ou “boa”. Esse aspecto revela a

importância de se atentar para a necessidade de ampliação dos investimentos em acompanhamento social e ações que visem a criação de laços dos moradores do condomínio entre si e com o entorno imediato.

4 DISCUSSÃO E PROPOSTAS

Os resultados encontrados despertam questionamentos, hipóteses para causas de problemas e pistas para contribuições que poderiam levar a melhorias, tanto no local alvo de nossas pesquisas, como para o programa Minha Casa Minha Vida como um todo.

A interrupção do acompanhamento social apontada pelas entrevistas e questionários pode representar um fator de contribuição para uma parte das dificuldades enfrentadas pelos moradores. Quais as lacunas específicas deixadas pela falta de um acompanhamento social? E como saná-las? Seriam os problemas de convivência relacionados ao desconhecimento quanto aos códigos de convivência em condomínio? A falta de segurança pode estar relacionada à falta de conhecimento e de identidade entre vizinhos? Como se pode mitigar este problema? Também a origem diversa ocasionada pela alocação por sorteio indica possíveis causas de problemas. Outras alternativas para a alocação de famílias se demonstram necessárias.

A rejeição e dificuldade de apropriação dos espaços coletivos se deve à que? Falta de identidade entre vizinhos? Falta de identidade com o empreendimento? Com o bairro? Falta e participação no processo de realojamento? Em relação aos espaços do condomínio, em que medida os espaços comuns contribuem positiva ou negativamente, ou poderiam contribuir para a criação de vínculos positivos entre os vizinhos? Quais são as causas mais profundas para a insatisfação que se apresenta generalizada, pouco clara e muitas vezes mesmo contraditória entre aspectos positivos e negativos?

Todo o quadro apresentado demonstra inequivocamente a falta de sustentabilidade social, expressa pela falta de Governança ao longo de todo o processo desde o projeto até a gestão do condomínio. Em nenhum momento foram percebidas ações que levassem em conta as reais necessidades, anseios e opiniões dos moradores.

A Política Nacional da Habitação (PNH) é orientada por princípios do Desenvolvimento Sustentável. Destaca-se em seu texto a importância da participação social: “gestão democrática com participação dos diferentes segmentos da sociedade, possibilitando controle social e transparência nas decisões e procedimentos...” (BRASIL & CIDADES, 2004).

Diferentemente desta orientação, conclui-se, a partir da avaliação realizada, ausência total de participação social em todos os processos que permeiam a produção de habitações pelo PMCMV. O programa, orientado para o mercado privado, coloca os habitantes alvo dos empreendimentos a reboque de todo o processo, onde se destacam: a distribuição por sorteio após o término das obras levando a dificuldades de relacionamento entre os moradores e de aceitação do novo local de moradia; a precariedade do acompanhamento social protocolar por curto período de tempo; e a falta de mecanismos de gestão por parte das instâncias governamentais para lidar com problemas advindos da obra e de manutenção, após a entrega das chaves.

Estas constatações e questionamentos nos levam à conclusão de que são necessárias ações orientadas pelo princípio da Governança – elemento essencial da sustentabilidade social (BRUNDTLAND, 1987), que permitam mudar o quadro geral observado no condomínio. Com isso idealizou-se uma nova pesquisa¹⁰ objetivando uma avaliação qualitativa, a partir da ótica dos

¹⁰ “Escritório-Escola Itinerante do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFJF: avaliação e assessoria técnica em empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida em Juiz de Fora – MG”, aprovada no Programa de Extensão Universitária PROEXT 2014 MEC/SESu.

moradores do conjunto, e um trabalho de construção participativa que possa contribuir para melhorias tanto em aspectos físicos como no relacionamento entre os habitantes do local. Favorecer a construção de vínculos dos moradores com seu novo local de habitação e com o bairro, requalificar espaços de uso comum e públicos demonstram-se essenciais para ressignificar o lugar para os habitantes do condomínio e do bairro, em suas diversas dimensões espaciais e relacionais. Trata-se de uma requalificação em diversos níveis a ser modelada e viabilizada com base num processo de concertação junto aos moradores. Através de um trabalho de campo ampliado, objetiva-se extrair as respostas para os questionamentos apresentados e contribuir de forma objetiva ao condomínio Vivendas Belo Vale e para melhorias na continuidade do Programa Minha casa Minha Vida em Juiz de Fora e para o programa brasileiro. Foram planejados instrumentos de campo advindos das ciências sociais, que relacionam o homem ao espaço, além de instrumentos usualmente aplicados em avaliação de desempenho do ambiente construído. Todos são aplicados a partir do olhar no habitante, sendo a avaliação técnica complementar para dar resposta aos problemas apontados. São eles: percurso comentado¹¹, abordagem etnográfica¹², avaliação arquitetônica e de patologias¹³, diagnóstico em marcha¹⁴ e oficinas com os moradores. Esta pesquisa encontra-se em sua fase final será alvo de futuras publicações.

5 CONCLUSÕES

O procedimento metodológico da pesquisa demonstrou-se adequado para permitir uma abordagem mais completa, tratando questões ambientais, sociais, de projeto e conforto, nas dimensões urbanas, do empreendimento e da habitação. A aplicação dos três instrumentos da pesquisa de campo - ficha de avaliação, entrevista e questionário se demonstrou pertinente para abarcar a gama de aspectos de natureza bastante distinta. A ficha de avaliação demonstrou-se pertinente para os aspectos de caráter técnico (ambiental e de projeto). Os aspectos de conforto não puderam ser tratados de forma adequada (com medições) devido a limitações da pesquisa. As entrevistas e questionários permitiram acesso à problemática de natureza social (aspectos de relacionamento entre vizinhos, de gestão do espaço, de segurança, de rejeição ao condomínio, etc.), sendo menos eficazes para o tratamento de aspectos técnicos (a exceção de questões de projeto e de manifestações patológicas tratadas diretamente com a equipe responsável pela obra).

A entrevista aos diversos atores sociais envolvidos no processo de produção do empreendimento demonstrou-se essencial para que as opiniões pudessem se completar para a compreensão do problema. Cada grupo de atores tende a perceber uma parte do problema, e os diversos olhares se completam para a compreensão do todo.

O cruzamento, item a item, entre resultados das fichas de avaliação com as entrevistas e questionário não se demonstrou viável, tendo em vista que os mesmos tendem a ser complementares, ou seja, cada instrumento forneceu respostas mais centradas em determinados grupos de aspectos que se somam para a compreensão do todo. O cruzamento das respostas dos questionários com as entrevistas permitiu validar, para o coletivo, determinados relatos e opiniões individuais. Os questionários permitiram tocar a problemática social, entretanto aponta-se para a necessidade de aprofundamento das questões, a fim de se compreender causas para as situações de conflitos e insegurança relatadas. Os elementos

¹¹ Jean-Paul Thibaud (2001).

¹² Colette Pétonnet (2008).

¹³ Com os métodos Walkthrough e Conflitos Arquitetônicos (CASTRO, J., LACERDA, L., PENNA, A.C., 2004).

¹⁴ Método que se insere no Procedimento de Gestão Urbana de Proximidade (Chorus Ingènerie Sociale, 2010 apud, ZAMBRANO, 2014), adotado em projetos urbanos e de interesse social na França.

abordados indicam uma problemática maior e mais profunda que permeia os problemas sociais tratados, extrapolando a condição de avaliação da pesquisa de Iniciação Científica.

Aponta-se como imperativo o resgate da participação social, através de ações orientadas pelo princípio da Governança nos diversos processos de requalificação dos espaços construídos, de um trabalho social para a criação de laços entre os moradores e destes com os espaços do condomínio e do bairro, bem como de gestão pública de suporte ao empreendimento.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à PROPESQ/UFJF pelo financiamento das pesquisas de Extensão, ao MEC/SESu pelo financiamento da Pesquisa PROEXT – 2014, à FAU/UFJF e FAPEMIG pelo auxílio para a apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRASIL, CIDADES, M.D., 2004. Política Nacional de Habitação. Cadernos MCidades.

BRASIL, CIDADES, M.D., 2009. Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV. Cidades.gov.br / Ministério das Cidades.

BRUNDTLAND, O.C., 1987. Nosso futuro comum. Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Editora da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.

CAMACHO, N., LOPES, I.C., ZAMBRANO, L.M.A., 2013. Aplicação parcial de um instrumento de avaliação da qualidade socioambiental de empreendimentos habitacionais de interesse social – estudo de caso: condomínio vivendas belo vale I – Juiz de Fora. Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis.

CAMACHO, N.O., ONGARO, D., ZAMBRANO, L.M.A., 2011. Requisitos para avaliação de sustentabilidade de empreendimentos de interesse social. VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis.

CASTRO, J., LACERDA, L., PENNA, A.C., 2004. Avaliação pós-ocupação-APO: saúde nas edificações da FIOCRUZ FIOCRUZ, Rio de Janeiro.

PÉTONNET, C., 2008. Observação flutuante: o exemplo de um cemitério parisiense., Antropolítica: Revista Contemporânea de Antropologia, pp. 99-111.

THIBAUD, J.-P., 2001. La méthode des parcours commentés. L'Espace Urbain en Méthodes. Editions Parenthèses, Paris, France, pp. 79-99.

ZAMBRANO, L.M.A., 2014. Análise multicritério qualitativa e quantitativa da sustentabilidade da habitação social: Um estudo metodológico com objetivo de aplicar em casos brasileiros. École Nationale d'Architecture de Toulouse, Toulouse, France.

A construção coletiva de espaços livres públicos no Assentamento rural Rosário

Sarah de Andrade e Andrade

Programa de Pós-Graduação do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

andradesarah22@gmail.com

Cecília Marilaine Rego de Medeiros

Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

cecilia.marilaine@yahoo.com.br

Amadja Henrique Borges

Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

amadjaufrn@gmail.com

Kleiton Cassemiro do Nascimento

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

kleitoncass@gmail.com

ABSTRACT: The lack of open public spaces in the rural settlements called "Agrarian Reform", mainly happens because there are no specific financial resources for your realization. For demonstrate the importance of these spaces for the everyday settlements residents, the Grupo de Estudos em Reforma Agrária e Habitat, partner of the Movimento dos Trabalhadores Rurais sem Terra (MST) for 21 years, articulated to others three distinct groups of Universidade Federal do Rio Grande do Norte, through the Program O verso do reverso na construção do habitat do campo: gênero, participação e cidadania, funded by the Ministry of Education and accomplished with the MST (2012/2014). Guided by the dialogue between the conventional and the unconventional knowledge, the Program had as main result, it appropriation by residents of the settlement which was implemented, the Rosário, besides serving as reference for others RN communities, for the MST and for the University.

Keywords: Public open spaces, Habitats of rural settlements, Rural settlements, Conventional and unconventional knowledge.

RESUMO: A falta de espaços livres públicos de sociabilidade nos assentamentos rurais chamados "de reforma agrária" acontece, principalmente, pela não existência de recursos financeiros específicos para a sua realização. Com o objetivo de demonstrar a importância desses espaços para o cotidiano de seus moradores, o Grupo de Estudos em Reforma Agrária e Habitat, parceiro do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra há 21 anos, articulou-se a três outros grupos de áreas distintas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, através do programa de extensão "O verso do reverso na construção do habitat do campo: gênero, participação e cidadania", financiado pelo Ministério de Educação e realizado com o MST (2012/2014). Nortado pelo diálogo entre os saberes convencionais e não convencionais, teve como principal resultado, sua apropriação por moradores do assentamento onde foi implementado, o Rosário, além de servir de referência para outras comunidades do RN, do Movimento e da própria universidade.

Palavras-chave: espaços livres públicos, habitats dos assentamentos rurais, saberes convencionais e não convencionais, Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil os grupos de assistência técnica, nas mais diversas áreas, destacaram-se a partir da década 1960, atuando junto a movimentos sociais urbanos e do campo. Com a instituição do regime militar em 1964, a organicidade e atuação destes grupos expressavam as possibilidades de atuação da resistência reprimida, mas não eliminada. Quanto à participação do saber técnico e científico do profissional arquiteto e urbanista, destacava-se, quase que exclusivamente no mundo urbano, nas discussões sobre a moradia, a reforma urbana e a participação dos usuários nas decisões sobre suas cidades, seu bairro, seu habitat. Algumas administrações no interior do País, como Lages, em Santa Catarina (1977 a 1982), experiências pontuais de extensão nas universidades, iniciativas de grupos de técnicos de superintendências regionais, de secretarias estaduais e de organizações não governamentais criavam espaços de solidariedade e participação, diante da realidade autoritária e contraditória.

Com o fim da ditadura a partir de 1986, parte das discussões da pauta da Reforma Urbana e das agendas de lutas de organização e de demandas sociais foram incorporadas às ações governamentais, outras distorcidas ou mesmo destruídas, de acordo com as correlações de forças políticas engendradas na redemocratização do país. Na Conferência Mundial Habitat II, em 1996, em Istambul, algumas experiências inovadoras, frutos de organizações não governamentais e ou de administrações progressistas, como a de Fortaleza (1986 a 1999) e Porto Alegre e São Paulo, eleitas em 1988 foram reconhecidas e referenciadas.

Quanto à assessoria técnica de arquitetura e urbanismo aos assentamentos do campo era inexistente até o início dos anos 1990, apesar do fortalecimento dos seus movimentos sociais, da necessidade da produção da moradia, da infraestrutura, dos serviços e espaços livres públicos nas novas configurações de assentamentos humanos que voltavam a se estabelecer também no meio rural, contrariando o fluxo migratório campo-cidade. Eram fruto de conquistas, após longos anos de repressão, esquecimento e descaso, vencidos gradativamente, pela pressão popular, referendada desde a maior ação popular pró-constituente (1988), quando obteve mais de 3 milhões das mais de 12 milhões de assinaturas das 122 propostas de emendas populares.

Por um lado, o desconhecimento da temática pelos movimentos do campo e órgãos responsáveis pelas ações no mundo rural, por outro, despreparo e falta de recursos e possibilidades de atuação dos arquitetos e urbanistas fora das áreas e necessidades urbanas. Neste contexto, com a chegada do MST no RN, em 1992 e a solidariedade da ADURN, sessão sindical do sindicato dos professores da Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, os professores do Departamento de Arquitetura-DARQ da UFRN, tomam conhecimento dos problemas socio-espaciais em seus habitats, tanto em seus acampamentos, como em seus assentamentos formais. Cria-se, então, a partir da iniciativa de professores de arquitetura e urbanismo, em 1994, a parceria com o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) e o Instituto de Reforma Agrária e Colonização-IN CRA no estado do Rio Grande do Norte.

Atualmente organizado em Grupo de Estudos em Reforma Agrária e Habitat (GERAH), continua assessorando o MST em suas discussões sobre as condições de vida nos assentamentos por ele coordenados e, sobretudo, no desenho e construção coletiva de seus habitats. Criou e tem desenvolvido para sua atuação o método “o desenho do possível” que, através de um processo de planejamento participativo, considera como fundamentais: o método regressivo-progressivo proposto por Karl Marx e desenvolvido por Henri Lefebvre; a troca de saberes disciplinares, científicos e populares, inspirada por Paulo Freire e Carlos Brandão; e a articulação entre os espaços percebidos, concebidos e vividos das comunidades que habitarão os espaços a serem planejados e construídos. Busca, também, articular a teoria à práxis, na dialogização realizada permanentemente entre os diversos segmentos envolvidos com as obras e no estudo contínuo das vivências, limitações, sonhos e possibilidades da comunidade parceira. Conta, principalmente, com o acúmulo de conhecimento de outras experiências protagonizadas na

área de arquitetura e urbanismo, só que em áreas urbanas. Entre essas, destaca-se o Laboratório de Habitação do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Belas Artes de São Paulo (Lab-Hab), criado em 1982 com a proposta de apoiar movimentos sociais na luta por programas habitacionais alternativos àqueles implementados pelo Banco Nacional de Habitação – BNH (Bonduki, 2014), órgão central da política militar. Já após o fim da ditadura militar e algumas conquistas com a constituição de 1988, dentre outros grupos de atuação no ambiente urbano, o GERAH inspirou-se, também, na atuação da organização não governamental “Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado”, Usina, em São Paulo e o Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade (HABIS). Inicialmente dedicados à área urbana, estes dois grupos passaram a atuar também em áreas rurais, a partir dos anos 2000, crescendo com ações voltadas para a área urbana e, a partir do surgimento de alguns financiamentos, rural e através do vínculo com a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DO GERAH

A experiência aqui apresentada se deu através do programa de extensão “O verso do reverso na construção do habitat do campo: gênero, participação e cidadania”, fruto da articulação dos grupos “Gênero Corpo e Sexualidade” (GCS-DAN), “Grupo de Estudos e Práticas Educativas em Movimento” (GEPEM) sob a coordenação geral do GERAH.

O programa teve como elementos norteadores o diálogo entre os saberes técnicos e populares e o direcionamento das ações da universidade para a melhoria das condições de vida de comunidades rurais organizadas, atuando através das frentes cidadania, gênero e geração, meio ambiente e planejamento e projeto de espaços públicos. Foi principalmente no contexto desta última vertente que se deu a atuação do GERAH.

Através da experiência no acompanhamento da luta pela conquista da terra – e posteriormente da habitação pelas famílias assentadas - e a vivência nos habitats dos assentamentos coordenados pelo MST, foi possível observar a carência de espaços livres coletivos onde a sociabilidade já praticada, pudesse ter um lugar, aqui entendido de forma qualitativa e constituído tanto por dimensões simbólicas, quanto por concretas.

Do ponto de vista da dimensão concreta desses lugares, sua qualificação – um dos objetivos do programa – confirmaria sua apropriação enquanto espaço público, “[...] como o lugar da realização concreta da história individual como história coletiva, pela mediação dos lugares de realização da vida. O conceito de espaço público, portanto, liga-se a uma práxis” (Carlos, 2001, p.132)

A partir da reflexão sobre as necessidades e potencialidades de desenvolvimento dos espaços do assentamento como resultado de uma gestão participativa, e com vistas a construir uma referência para outros assentamentos do Movimento – e motivada por isso – o Grupo teve como referência a utilização de materiais não convencionais, que fossem de fácil aquisição, e que constituíssem soluções técnicas que incorporassem os moradores no processo de concepção e construção da proposta de uma praça pública.

3 O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO COLETIVA DE ESPAÇOS LIVRES PÚBLICOS NO ASSENTAMENTO RURAL ROSÁRIO

O lócus inicialmente escolhido para o desenvolvimento da experiência foi Assentamento Roseli Nunes, no município de Ielmo Marinho (localizado no estado do Rio Grande do Norte), eleito conjuntamente pelos grupos da UFRN, o MST e os parceiros do assentamento, onde já estavam sendo construídas moradias em regime de mutirão assistido, assessoradas pelo GERAH.

Ainda nas primeiras etapas de apresentação, discussão da proposta e montagem de oficinas de formação para a construção coletiva do espaço público, a escolha do universo de intervenção, que parecia consolidar as relações de cooperação entre os agentes envolvidos no processo do

mutirão, evidenciou conflitos nas relações assentados x Movimento e assentados x assessoria técnica, traduzidos na ausência de participação dos assentados nas oficinas, descumprimento de prazos e negação das técnicas construtivas previamente discutidas e acordadas.

Após a elaboração e aplicação de estratégias tanto por parte da assessoria quanto do MST – exitosas se considerarmos o valor das discussões ali promovidas como ferramenta de movimentação social, argumentação e contraposição de ideias, sugerindo reflexões e mudanças das práticas; não exitosas, no entanto, sob a ótica da impossibilidade do resgate do envolvimento dos assentados no programa – Movimento e assessoria decidiram retirar-se do assentamento, buscando dar continuidade à proposta em outra área.

Assim, o mês de novembro de 2012 marca o início do envolvimento do assentamento Rosário, localizado em região limítrofe entre os municípios de Ceará - Mirim, Pureza e Maxaranguape. Este assentamento, que já tinha recebido assessoria técnica do GERAH na reforma de suas habitações em 2007, foi envolvido através do seu reconhecimento físico e dos grupos sociais existentes, bem como através da apresentação do programa - seus objetivos, possibilidades e limites de atuação, e das características da comunidade ali residente, suas habilidades, preferências e expectativas.

A partir daí, já no início de 2013, o plano de atuação começou a ser elaborado através de reuniões e discussões no assentamento e com base no resultado de uma enquete - aplicada pelas lideranças locais do próprio MST – que apontava como principal demanda o desenvolvimento de formas de ocupação para jovens em seus momentos fora da escola, com foco nas práticas esportivas e recreativas.

Na ocasião das reuniões preparatórias do plano de ação, as lideranças locais do Movimento e os assentados também demandaram equipamentos de ginástica para idosos (popularmente conhecido como academia da terceira idade) e uma biblioteca para dar apoio às atividades escolares e incentivar a leitura entre crianças, jovens e adultos do assentamento. Esta última demanda, particularmente, desdobrou a possibilidade de mais um plano de atuação dentro do programa, uma vez que na época o GERAH tinha como um de seus membros uma estudante¹ concluinte de biblioteconomia, que vislumbrou na demanda do Rosário a possibilidade de estruturar seu trabalho de conclusão de curso.

Dando prosseguimento às discussões para a eleição da área intervenção, consideramos espaços que possibilitassem a execução dos sonhos dos assentados e também aqueles que já fizessem parte de suas práticas cotidianas, constituindo o espaço vivido (Lefebvre, 2000) pelos assentados. Chegamos assim, à sugestão de uma área contígua às residências, com equipamentos pré-existentes e onde, apesar da falta de estrutura, já se davam práticas cotidianas de lazer da comunidade.

Com a definição da área de intervenção, elaboramos apresentações (Figura 01) apresentando referências de intervenções em espaços públicos, no campo e na cidade, todas concebidas e executadas de forma coletiva, com materiais não convencionais, na tentativa de criar ou ampliar o repertório das ações possíveis de serem realizadas através da atuação da comunidade organizada.

¹A estudante Adriana de Araújo iniciou uma articulação com Departamento de Biblioteconomia da UFRN através da professora Antônia de Freitas, que foi apresentada ao grupo e mostrou interesse nas possibilidades de atuação junto à experiência. O desenvolvimento do trabalho restringiu-se ao planejamento e indicação de diretrizes para a organização da biblioteca, sendo necessária a continuidade do trabalho para adquirir o mobiliário e acervo necessário para a sua efetivação.



Figura1: Capa do material produzido pelo GERAH para apresentação de referências de embelezamento de assentamentos com exemplo de placa de comunicação visual da Agrovila 5, no assentamento Pirituba II (Itapeva, SP).
Fonte: Borges, 2002.

Nesse espaço de troca de referências e discussão de idéias e técnicas construtivas, foi-se conformando a proposta de intervenção para criação de uma grande praça de atividades diversas, que contemplava:

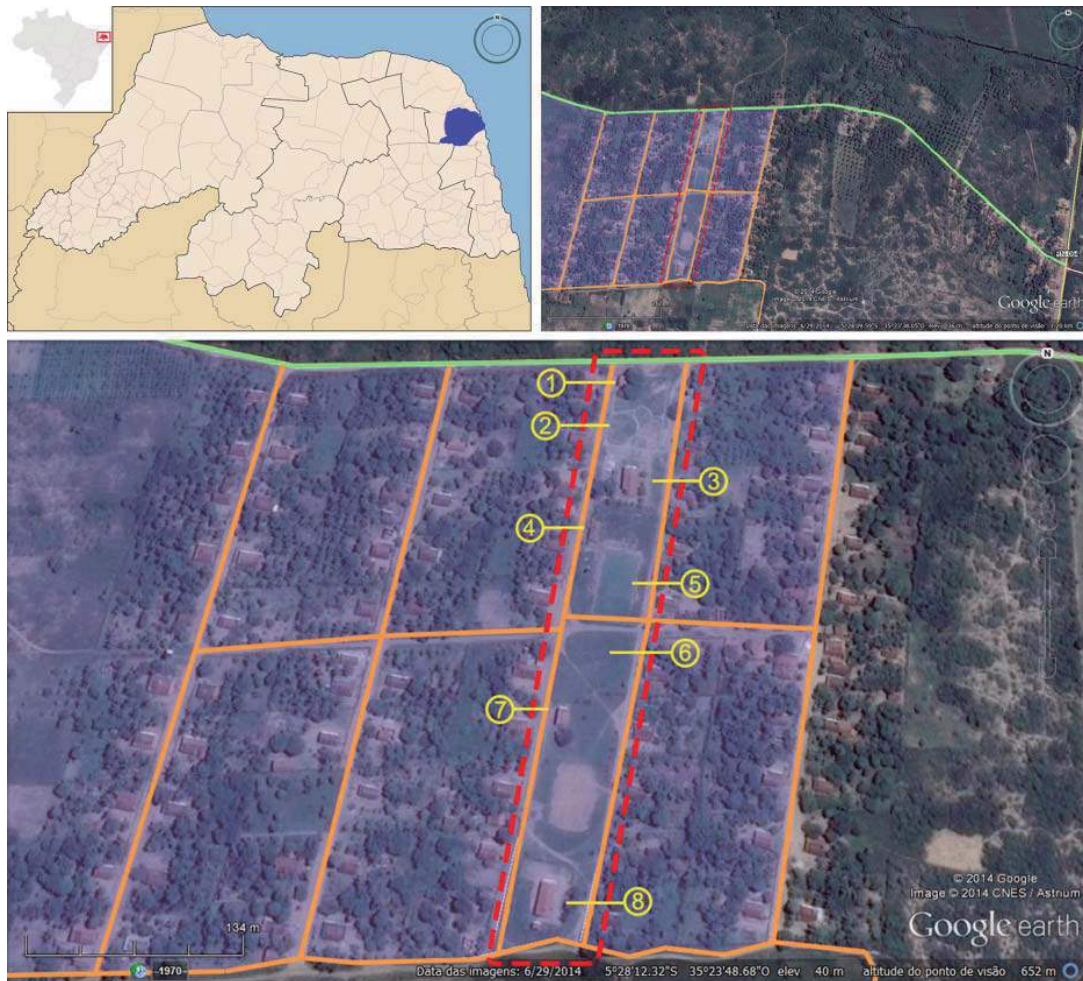
- reforma da sede de uma das associações locais – não utilizada como tal – para abrigar a biblioteca;
- construção de uma praça com percurso para caminhadas, bancos, brinquedos e espaço destinado à futura implantação de uma academia da terceira idade;
- construção de um campo de futebol;
- construção de um campo de vôlei de areia;
- arborização das principais áreas de permanência.

Na Figura 2, além da localização do assentamento, algumas etapas já concluídas da obra podem ser visualizadas, como a praça (2) e campo de futebol (5).

Seguindo a proposta metodológica do projeto: realização do trabalho a partir de uma gestão compartilhada e participativa; a equipe do GERAH elaborou (conforme ilustra a Figura 03), além dos projetos e indicações de reforma e construção para leitura técnica dos pedreiros e mestre de obra (mão-de-obra especializada do próprio assentamento), quatro oficinas de capacitação para apreensão e aplicação das técnicas não convencionais para construção de calçadas com meio fio em garrafa PET, bancos, brinquedos e arquibancadas com pneus, e uma última oficina para a arborização das áreas de permanência².

Tais oficinas aconteciam em dois momentos: o primeiro quando os integrantes do GERAH apresentavam o material preparado, expondo e adaptando tanto a técnica construtiva, como sua forma de apresentação, incorporando as sugestões e discutindo as dificuldades encontradas pelos assentados. O segundo momento se dava com a continuidade da execução das etapas da obra acompanhada pelos monitores – “oficineiros” - do próprio assentamento, utilizando as técnicas trabalhadas na primeira etapa, contribuindo para o engajamento da comunidade sem distinção de idade e gênero, fortalecendo o sentimento de pertencimento à experiência como beneficiário/usuário e, principalmente, como agente efetivo do processo – objetivo do método de “pesquisação” utilizado pelo grupo.

²Paralelamente e articuladamente às oficinas de embelezamento organizadas e ministradas pelos “oficineiros” do GERAH e do assentamento Rosário, outras oficinas – com foco nas vertentes do programa: gênero, geração e cidadania – foram promovidas pelos grupos GCS-DAN e GEPEM.



- Localização do estado do RN no Brasil
- Localização do município Ceará Mirim no estado do RN
- Porção do Assentamento Rosário (Ceará Mirim)
- ① Antiga sede de associação / Atual biblioteca
- ② Praça
- ③ Igreja
- ④ Clube de Mães
- Vias de acesso ao assentamento
- Vias internas do assentamento
- - - Delimitação da área de intervenção
- ⑤ Campo de futebol gramado
- ⑥ Área para quadra de vôlei de areia
- ⑦ Antiga escola / Atual almoxarifado
- ⑧ Antiga casa de farinha / Atual escola

Figura2: Localização da área de intervenção com seus respectivos equipamentos. Fonte: GoogleEarthWikipédia (http://pt.wikipedia.org/wiki/Cear%C3%A1-Mirim#mediaviewer/File:RioGrandedoNorte_Municip_CearaMirim.svg), acessados em agosto de 2014, modificados pelos autores em setembro de 2014.

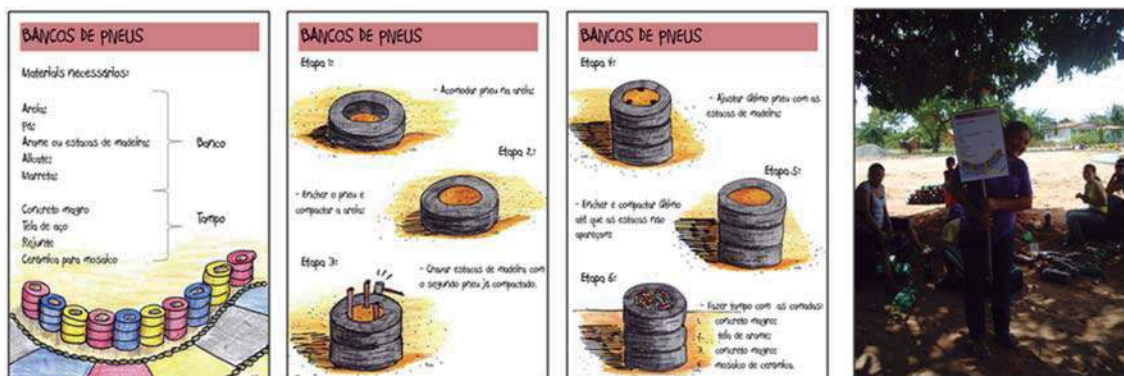


Figura 3: Exemplo de material produzido para a oficina de bancos de pneus e sua exposição. Fonte: GERAH, 2013.

4 DESDOBRAMENTOS DO PROCESSO

O trabalho conjunto entre assessoria técnica, lideranças e bases do MST durante pouco mais de um ano de atividades no assentamento Rosário proporcionou o enfrentamento de uma série de dificuldades, o desenvolvimento de inúmeras reflexões e críticas e o vislumbre de um conjunto de desdobramentos da intervenção e possibilidades de atuação futuras, dentre as quais as mais relevantes para a ocasião, encontram-se comentadas a seguir.

4.1 Os diversos tempos do processo

Como todos os projetos e programas de extensão de iniciativa universitária, a construção coletiva deste grande espaço público no assentamento Rosário esteve inserida em duas lógicas temporais diferentes, sendo a primeira delas a lógica do tempo burocrático, institucional, o tempo de início e fim do edital do projeto e todas as implicações decorrentes disto, desde os prazos de submissão da proposta inicial, do relatório final e prestação de contas, até o acesso ao sistema (e recursos) para a compra de material de construção e a disponibilidade de cotas para bolsistas.

A segunda lógica é a do tempo do projeto participativo em si, cujo andamento é quase sempre diferente do primeiro, seja pela metodologia adotada, que enfatiza momentos de discussão e reflexão (o processo mais do que o resultado final), seja pela reunião de um grupo bastante heterogêneo de trabalho – o que por si só, já demanda mais tempo de articulação, planejamento, afinação de ideias etc. -, e ainda pelos percalços encontrados ao longo do caminho (mudança de área de intervenção, por exemplo) e a elaboração de estratégias para contorná-los.

A defasagem entre essas duas modalidades temporais foi mais sentida no “final oficial” (tempo burocrático) do programa, quando ainda pendiam a finalização de algumas etapas da obra, como a estrutura dos campos de futebol e de vôlei e da reforma da biblioteca e faltavam bolsistas e recursos (veículo, combustível) para o acompanhamento da produção *in loco*.

4.2 A utilização de materiais e técnicas não convencionais

Metodologicamente, além da utilização de um processo participativo para a construção da proposta, o programa incorporou como segunda premissa, uma das práticas recorrentes do GERAH no desenvolvimento de suas propostas, a inserção de tecnologias não convencionais de baixo custo e fácil apropriação pelos usuários.

Em trabalho anterior, o Grupo já havia verificado resistência dos assentados à incorporação da utilização de materiais de construção como tijolos de adobe e painel de taipa no projeto de suas habitações, o que pode ser facilmente compreendido já que muitos deles sempre viveram em casa de taipa, “[...] referência que guarda em si, lembranças de situações que gostariam de superar. Por isso o sonho dessas famílias é o que não lhes é tradicional e que representa uma melhoria nas suas condições de morada [...]” (Borges & Medeiros, 2012, p.114).

No entanto, é também objetivo do GERAH a busca pela transformação dessas referências e ampliação do repertório estético (sem desconsiderar o referido fator cultural/simbólico), de forma a proporcionar mais alternativas nas modalidades de construção no campo, incorporando propostas que dialoguem com seu entorno predominantemente natural, que respeitem a disponibilidade de materiais da região e que, principalmente, barateiem o custeio das intervenções, liberando recursos para a construção, por exemplo, de casas mais amplas ou equipamentos de usos coletivos.

Nesse sentido, propusemos a utilização de garrafas PET (Figura 04, item 02) para composição dos meios fios das calçadas da praça e a utilização de pneus (de diferentes diâmetros) para a confecção de bancos, arquibancadas, canteiros e brinquedos. Mesmo com as discussões prévias

sobre a utilização dos materiais, lideranças e bases do Movimento frequentemente questionavam seu uso - tanto do ponto de vista estético quanto estrutural, exigindo nosso retorno às discussões iniciais e um novo processo de “convencimento” da viabilidade das técnicas e materiais.

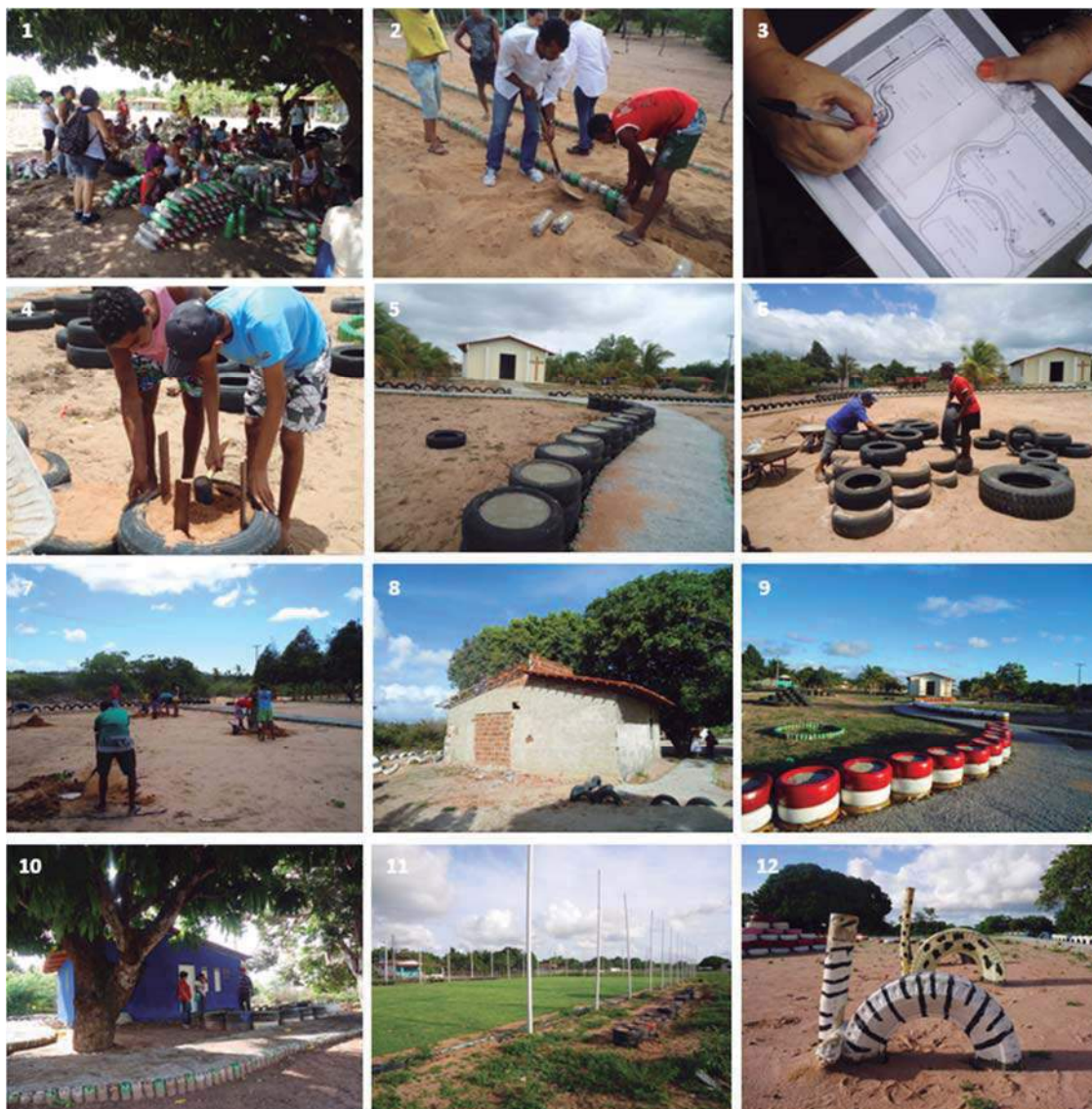


Figura4: Painel com diversos momentos do processo. (1): Reunião para oficina de calçadas; (2): Construção dos miolo das calçadas, durante oficina; (3) Momento de discussão e desenho dos percursos das calçadas na praça; (4) Oficina de bancos de pneus; (5) Bancos de pneus esperando acabamento; (6) Oficina de brinquedos de pneus; (7) Oficina de arborização; (8) Antiga sede de associação e nova biblioteca, no processo da reforma; (9) Vista parcial da praça com bancos em primeiro plano, brinquedos e canteiros em segundo plano e ao fundo, igreja; (10) Vista da biblioteca;(11) Vista do campo de futebol com estrutura do alambrado em andamento; (12) Detalhe de um dos brinquedos criados pelos assentados. Fonte: GERAH, 2013 e 2014.

4.3 O processo coletivo de construção e a transformação das referências

Ratificando o que observou Medeiros (2013), sobre os processos de construção coletiva de habitação em assentamentos do MST, as potencialidades do método de mutirão aplicado nesta experiência revelaram-se na compreensão dos assentados sobre as possibilidades de construção de um espaço estruturado coletivamente, compatível com as demandas locais, estimulando o envolvimento cada vez maior das bases do Movimento para a construção de sua organicidade.

Apesar de a mobilização do assentamento e a conseqüente participação das famílias ter sido decrescente, intensa no início da realização do programa quando - ainda que não

representassem quantitativamente as 120 famílias assentadas - as primeiras oficinas reuniram quase 30 pessoas entre homens, mulheres e crianças, e bastante reduzida na última oficina de brinquedos – com apenas 5 pessoas -, já observamos alguns desdobramentos importantes do Programa.

O primeiro deles é o fato de que mesmo antes da finalização do processo, durante as visitas de acompanhamento da obra, já observamos o processo de apropriação criativa do espaço coletivamente construído e também das técnicas propostas através da:

- construção brinquedos diferentes daqueles apresentados nas oficinas, seja pela forma, uso ou principalmente técnica construtiva (ver na Figura 04 o item 12);
- inserção de novos canteiros e plantio de mudas arbustivas, que não proporcionam sombra, mas embelezam;
- organização do assentamento com o intuito de obter doações para complementação de itens não contemplados pelo programa, como a grama do campo de futebol;
- organização do assentamento para cobrança de itens de responsabilidade da prefeitura local, como iluminação do espaço público ali configurado e estruturação da escola do assentamento.

5 CONCLUSÕES

Atingindo um dos objetivos introdutoriamente colocados, observamos o impacto positivo da obra concluída na paisagem do assentamento (Figura 5) e a mobilização das lideranças locais para apresentá-la aos residentes de outros assentamentos e, inclusive, àqueles que ainda estão acampados, esperando a concessão de terras para assentamento.

Segundo relato dos grupos de assentados e acampados que tem se organizado em as visitas à experiência do Assentamento Rosário, a percepção da qualidade paisagística gerada pela combinação da utilização de técnicas convencionais e não convencionais, e seu impacto na qualidade de vida dos moradores, tem aberto o leque de referências das possibilidades de intervenções nos assentamentos rurais coordenados pelo MST.



Figura5: Panorâmica da praça do assentamento Rosário, frequentemente utilizada para a prática de caminhada pelos moradores. Fonte: GERAH, 2014.

REFERÊNCIAS

- Alves, Márcio Moreira. A força do povo: Democracia participativa em Lajes. São Paulo, 8ª. Ed., Brasiliense, 1980.
- Bogo, Ademar. *O MST e a cultura*. 2001. (MST: Caderno de formação n. 34). 2ª. ed. Veranópolis: ITERRA.
- Bonduki, Nabil. 2014. *Os pioneiros da habitação social 1: cem anos de política pública no Brasil*. São Paulo: Editora Unesp.
- Borges, Amadja Henrique (Coord.) 2013. O verso do reverso na construção do habitat do campo: gênero participação e cidadania. *Relatório de programa extensão. Pró-reitoria de extensão*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Borges, Amadja Henrique. 2002. *MST: habitats em movimento: tipologias dos habitats dos assentamentos originários do MST nos estados de SP e RN*. SP, Tese de doutorado FAU/USP. 370 p.

Borges, Amadja Henrique. 2005. *Necessidades, expectativas e sonhos no desenho do possível: proposta metodológica de organização do espaço físico-territorial dos assentamentos do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra*. Projeto de Pesquisa. Pró-reitoria de pesquisa. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Borges, Amadja Henrique; Medeiros, Cecília Marilaine Rego de. 2012. *O verso do reverso na integração entre as atividades-fim da Universidade*. In: COSTA, Fernando José de Medeiros, et al (org.). Caderno ABEA 37. São Paulo: ABEA. P. 104-117. Disponível em: http://issuu.com/gogli/docs/caderno_37. ISSN: 2177-3734.

Carlos, Ana Fani Alessandri. 2011. *A Condição Espacial*. São Paulo: Contexto.

Ferro, Sérgio. *Arquitetura e trabalho livre*. 2006. São Paulo: Cosac Naify.

Grupo de Estudos Em Reforma Agrária e Habitat (Rio Grande do Norte). 2012. Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. *Vamos embelezar juntos o assentamento Rosário?* Natal: Grupo de Estudos em Reforma Agrária e Habitat. 38 slides, color, 25 x 19,04 cm.

Lefebvre, Henri. 1978. *De lo rural a lo urbano*. 4ª ed., Barcelona: Península.

Lefebvre, Henri. 2000. *La production de l'espace*. 4ª ed. Paris: Éditions Anthropos.

Medeiros, Cecília Marilaine Rego de. 2009. *Arquitetura da terra e transformação das referências de morada do MST*. 2009. 120 f. Monografia - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Medeiros, Cecília Marilaine Rego de. 2013. *Mutirão X Organicidade: Reflexões sobre os processos de construção coletiva dos habitats dos assentamentos rurais coordenados pelo MST no RN*. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

O papel dos movimentos sociais no fortalecimento da efetivação do Estatuto da Cidade como articuladores de ações de reconquista dos centros: um olhar sobre a experiência de João Pessoa, Paraíba

Marina Fontenele

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Arquitetura, João Pessoa/PB, Brasil
marina_fonte@hotmail.com

Elisabetta Romano

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Arquitetura, João Pessoa/PB, Brasil
elisabetta.romano@gmail.com

ABSTRACT: The main approach of this research was to understand, from qualitative interviews and experiences in the occupation "Tijolinho Vermelho", the objectives and the ways in which social movements have been working in the struggle for housing, specifically in the "empty" structures which today make up much of the central area of João Pessoa. Organized by the popular movement Terra Livre, the Occupation Tijolinho Vermelho lives in the old building of the Hotel Tropicana (the object of this study), which was abandoned for over 10 years. From the architectural survey of the study and a technical report object, it evaluated the state of the building that is being claimed by the occupation, in order to verify the feasibility of implementing EHS these structures. We tried to also understand the legal means to legitimize the fight through the rights guaranteed by the City Statute, while to criticize the limitations that it has.

Keywords: Fight for housing, occupation, live in downtown.

RESUMO: A abordagem principal desta pesquisa foi compreender, a partir de entrevistas de caráter qualitativo e de vivências na ocupação "Tijolinho Vermelho", os objetivos e as formas como os movimentos sociais vêm atuando no processo de luta pela moradia, mais especificamente nas estruturas "vazias" que hoje compõem o cenário da área central de João Pessoa. Organizada pelo movimento popular Terra Livre, a Ocupação Tijolinho Vermelho reside no edifício do antigo Hotel Tropicana (o objeto de estudo), que se encontrava abandonado há mais de 10 anos. A partir do levantamento arquitetônico do objeto de estudo e de um laudo técnico, foi avaliado o estado da edificação que está sendo reivindicada pela ocupação, no sentido de constatar a viabilidade da implementação de EHS nessas estruturas. Tentou-se também compreender os meios legais que legitimam a luta através dos direitos garantidos pelo Estatuto da Cidade, sem deixar de fazer a crítica às limitações que o mesmo possui.

Palavras chave: Luta por moradia, ocupação, moradia no centro.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Delimitação do problema

A inclusão expressa do Direito à Moradia no rol dos Direitos Fundamentais elencados pela Constituição Federal de 1988, ocorreu em 2000, com a Emenda Constitucional nº26, quando houve o reconhecimento expresso do Direito à Moradia como um Direito Social, o que implica em não se tratar apenas de um Direito Fundamental, mas designa ao Estado a responsabilidade e a obrigatoriedade jurídica na sua efetivação, e não apenas um compromisso moral. O Direito à Moradia tem, portanto, natureza constitucional e compõe, desta forma, o núcleo dos Direitos Sociais

Fundamentais garantidores do Princípio da Dignidade da Pessoa Humana, um dos princípios fundamentais da República Brasileira.

Um dos maiores obstáculos à efetivação do Direito à Moradia nas grandes cidades brasileiras é a prática da especulação imobiliária, quando um imóvel permanece inutilizado, descumprindo sua Função Social, e em progressivo processo de deterioração, com a única finalidade de agregar valor em função dos investimentos públicos em infra-estrutura urbana realizados ao seu redor, e assim gerar maior lucro a seus proprietários. A especulação imobiliária é, portanto, uma forma indireta e desigual de transferência de recursos públicos para a iniciativa privada, e fator preponderante na segregação sócio-espacial e periferização das cidades, gerando a necessidade de maiores investimentos públicos.

Foi consolidada e promulgada em 2001, sob nº. 10.257, denominada Estatuto da Cidade, e estabelece como uma das principais diretrizes da Política Urbana Nacional, entre outros importantes instrumentos, o combate à especulação imobiliária. Por outro lado, determina que os Planos Diretores, cuja atribuição está restrita à esfera municipal, devem definir e caracterizar a Função Social da propriedade urbana, e prever, no seu descumprimento, a aplicação dos instrumentos urbanísticos preconizados no Estatuto da Cidade, entre eles o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, o IPTU progressivo, e a desapropriação com pagamento em títulos da dívida pública.

De acordo com Clichevsky (2000), os vazios urbanos são resultantes das formas de atuação das políticas públicas e, sobretudo do mercado imobiliário, que induz a ocupação de áreas desprovidas de infraestrutura, com altos custos de urbanização, e agrava a segregação sócio espacial, uma vez que essas áreas são ocupadas por uma parcela da população pobre. Como consequência disso, as regiões centrais, providas de infraestrutura, equipamentos e serviços, são subutilizadas.

Em João Pessoa, assim como em outras capitais brasileiras, principalmente na segunda metade do século XX, houve um rápido crescimento da cidade, caracterizado por uma expansão de forma centrífuga, do que decorre a ocupação periférica com baixa densidade e pouca diversidade funcional e que culmina na migração da população do centro para novas áreas da cidade. Hoje, a área central de João Pessoa conta com um grande estoque de imóveis vazios ou subutilizados que afronta a crescente demanda por habitação.

A respeito desses acontecimentos, afirma Scocuglia “As reformas urbanísticas das décadas de 1920/30 sublinharam duas problemáticas que seriam centrais para o Varadouro, na cidade baixa e para o Centro histórico da cidade de João Pessoa até os dias atuais: a transformação em áreas predominantemente de comércio e o processo posterior de esvaziamento das suas funções habitacionais.” (Scocuglia, 2004).

Jacobs (2000) associa a degradação dos centros das cidades americanas à reprodução excessiva de determinados usos. Segundo ela, a “autodestruição” da diversidade de atividades pode acontecer em ruas, pequenos nichos de vitalidade, quarteirões ou distritos inteiros. A partir daí, a área é abandonada e os usos dominantes vencem. Todavia, “é uma vitória vazia”, cita a autora, pois esse processo destrói a sustentação econômica e social mútua (JACOBS, 2000, p. 269). Em outras palavras, a baixa diversidade de usos, sobretudo nas áreas centrais tomadas pelo comércio, é um fator que propicia a formação de vazios urbanos e imóveis subutilizados, pois a diminuição gradativa do uso residencial culmina na falta de manutenção dessas áreas, que se tornam obsoletas.

Em março de 2007 foi lançado, pela Prefeitura Municipal de João Pessoa, o programa Moradouro que tinha o objetivo de transformar os prédios abandonados em edifícios residenciais, possibilitando a revitalização do Centro Histórico de João Pessoa, através da habitação (CASTRO, 2006). Foi realizado um projeto piloto em sete sobrados “esvaziados” e em estado precário situados na Rua João Suassuna, os quais abrigariam 35 apartamentos a serem financiados pelo

Programa de Arrendamento Residencial (PAR), com recursos do Governo Federal e contrapartida da PMJP. No entanto, até então o projeto não foi executado e os sobrados permanecem vazios.

Ainda no ano de 2007, uma área de aproximadamente 370 mil metros quadrados do Centro Histórico da Cidade de João Pessoa, foi incorporada ao Patrimônio Nacional pelo IPHAN. A partir desse momento, o tombamento em nível federal da parte mais antiga da cidade, cria expectativas sobre a sua requalificação, principalmente no que diz respeito à reutilização dos vazios urbanos e imóveis subutilizados.

Muitas das ações realizadas nos últimos anos foram de caráter pontual e, mesmo estando inseridas em um contexto de políticas de revitalização, essas ações priorizaram o restauro de edificações isoladas. Segundo Maia (2008), embora essas ações tenham melhorado as condições de alguns exemplares arquitetônicos e trazido investimentos para a área, tais políticas não se sustentam sem o envolvimento da população local e sem a promoção do uso habitacional.

1.2 Histórico da ocupação Tijolino Vermelho

No dia 19 de Abril de 2013, mais de 100 famílias sem teto, ocuparam o prédio do Antigo Hotel Tropicana, localizado na Rua das Trincheiras, no centro, que se encontrava abandonado há mais de 10 anos pelos antigos proprietários e em progressiva deterioração, descumprindo, dessa forma, a necessária e constitucional função social da propriedade.

No mesmo dia da ocupação, em um dos quartos do antigo hotel, foram encontradas as plantas arquitetônicas do edifício, além de vários documentos de cunho judicial, referentes a um processo judicial do prédio. Este foi permutado para a União por outros dois prédios em uma negociação duvidosa, possivelmente fraudulenta, que foi objeto de ação civil pelo Ministério Público. Soube-se então que atualmente o imóvel pertencente à União.

Em pouco tempo, moveu-se uma ação judicial de reintegração de posse por parte da União em parceria com os antigos proprietários. Nesse meio tempo, o Terra Livre já vinha se organizando para futuras ações de protesto, necessárias, segundo militantes do Terra Livre, para pressionar as autoridades e divulgar para a sociedade a situação daquelas famílias.

Devido à grande repercussão que tomou os atos feitos pela ocupação, a decisão do juiz foi de suspensão da reintegração de posse até que a questão jurídica, que envolve a situação de propriedade do imóvel, seja resolvida.

1.3 Objeto, objetivo geral e justificativa.

Assim, frente às discussões ora apresentadas, o presente estudo teve como objetivo pesquisar o papel que os Movimentos Sociais vêm exercendo junto a estratégias integradas de reabilitação para habitação de interesse social na área central de João Pessoa-PB, buscando identificar seus potenciais e limites na busca pela efetivação do Estatuto da Cidade.

A partir do espaço aberto de interlocução e reflexão crítica entre pesquisadores e alunos da UFPB, profissionais da área e atores sociais, foi produzido novos conhecimentos e propostas políticas para a revitalização do Edifício Tropicana, localizado na área central de João Pessoa, e sua adaptação em um empreendimento habitacional de interesse social (EHIS). Esta se reveste de especial importância, em primeiro lugar, devido à necessidade de atendimento de uma significativa demanda, constituída e organizada por movimentos populares de moradia com amplo histórico de luta que acompanha a crescente demanda habitacional; em segundo, trata-se de uma edificação que apresenta excepcional localização, próximo ao Terminal Integrado do Varadouro, o maior da cidade, propiciando acesso direto a todas as regiões do município de João Pessoa via transporte público.

O edifício encontra-se ocupado desde o dia 19 de abril de 2013 pela “Ocupação Tijolinho Vermelho”, mas antes disso, o imóvel encontrava-se inutilizado e abandonado há mais de 10 anos pelos antigos proprietários e em progressiva deterioração, descumprindo, dessa forma, a necessária e constitucional função social da propriedade, de acordo com o Estatuto da Cidade.

Visando evitar o desvirtuamento da propriedade em puro benefício particular de poucos, a Constituição Federal, em seus artigos 5º e 170º, determina que seja obrigação do proprietário providenciar para que a propriedade atenda sua Função Social, sem a qual o Direito à Propriedade não pode existir.

“Visto que o elemento fundamental da propriedade é a utilidade, onde não houver utilidade possível não pode existir propriedade.” (Rousseau, Sec.XIX)

Dessa forma, descumprida a Função Social, a propriedade deixa de ser resguardada pelo Direito, tendo em vista que se descaracteriza enquanto Direito Fundamental. O Direito Fundamental à propriedade está condicionado ao exercício da Função Social, de forma que não se pode deixar de exercê-la, sob pena de estar deslegitimada a propriedade, e ser plenamente possível a desapropriação.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Análise documental e Levantamento arquitetônico

Este recurso metodológico se adequou aos objetivos propostos, uma vez que os documentos são importantes fontes de registros, não apenas de acontecimentos, mas, também, de valores e discursos de um grupo social em determinada época, exprimindo diversas formas de relações sociais, inclusive os jogos de poder (RICHARDSON, 1989). Para o estudo em tela, foram considerados como materiais documentais válidos:

- Documentos de gestão que relatem as atividades da Secretaria Municipal de Habitação (Semhab) em atividade em João Pessoa, como relatórios, planilhas de planejamentos, etc.;
- Materiais de divulgação, interna ou externa, da proposta do PAC II e outros programas de habitação, como apresentações em power point, folders, artigos, etc.;
- O levantamento arquitetônico do Edifício Tropicana;
- Ata de Audiência Pública referentes à reintegração de posse do Edifício Tropicana.

A análise do projeto da Secretaria Municipal de Habitação de João Pessoa de Implantação do PAC II não se fez necessário pois a análise dos materiais de divulgação da proposta já foram suficientes para constatar que ainda não há intenções concretas por parte do Governo Federal em investir na reforma das edificações vazias para adaptá-las em Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social.

2.2 Entrevistas

A abordagem metodológica eleita foi qualitativa. Foram realizadas 21 entrevistas semiestruturadas um período de até um ano após o primeiro dia de ocupação. A captação para as entrevistas se deu através da identificação daqueles moradores mais atuantes. Todas as entrevistas foram realizadas na residência dos informantes, a fim de favorecer os sentimentos de descontração.

O critério para o número de entrevistas foi o ponto de saturação do tema, além da quantidade de material obtido e a viabilidade de análise. A aplicação de entrevistas - técnica marcadamente qualitativa - foi de fundamental contribuição, na medida em que além de viabilizar a construção narrativa dos entrevistados sobre o objeto em estudo, também permitiu esmiuçar questões junto aos informantes sobre os conteúdos coletados nos documentos. Foram realizadas entrevistas informais que permitiram o estabelecimento de conversas o mais espontâneas possível com os sujeitos, permitindo a construção de suas narrativas.

Como informantes chaves entrevistados, foram considerados os seguintes sujeitos:

- Lideranças de Movimentos Sociais que estão em mobilização de luta por moradia em João Pessoa;
- Moradores da “Ocupação Tijolinho Vermelho”.

As entrevistas que iam ser realizadas com a Coordenação do Ministério Público e com o diretor da Secretaria Municipal de Habitação não se fizeram necessárias pois suas posições se mostraram claras na Audiência Pública, que consta em Ata, um dos documentos considerados para análise nesta pesquisa. Além das entrevistas, toda forma de diálogo com esses atores sociais foram levadas em consideração para compor os resultados desse trabalho.

3 RESULTADOS

A partir de uma inserção na “Ocupação Tijolinho Vermelho”, junto ao Movimento Terra Livre (MTL), pôde-se perceber características inerentes a um determinado tipo de Movimento Social, de acordo com a definição feita por MONTAÑO e DURIGUETTO, 2011. O MTL se enquadra como “Novos Movimentos Sociais”.

“...configurados, segundo autores marxistas, a partir de desdobramentos da questão social, fundados na contradição capital-trabalho, são necessariamente oriundos da desigualdade gerada na esfera produtiva; contrariamente, segundo autores acionistas, são entendidos como não classistas ou transclassistas, configurando-se a partir de identidades particulares de seus membros, são fundados a partir das contradições operadas na distribuição do mercado (não mais na esfera produtiva). (...) assim os chamados NMS não apresentam em geral uma clara visualização de seus inimigos (a não ser no plano imediato) e as causas de fundo de suas situações particulares, porém se identifica o Estado como alvo das demandas e pressões” (Montaño e Duriguetto, 2006, p. 339)

Ao longo da vivência na ocupação e da participação ativa na organicidade da luta local do movimento, pode-se perceber que há uma intenção, por parte dos militantes, de debater e questionar a determinação econômica-política posta, objetivando uma perspectiva de luta com uma orientação revolucionária, que visa uma transformação da sociedade, porém os objetivos de luta dos moradores já não estão diretamente vinculados à questão da exploração, mas ao acesso ao consumo de bens e serviços, à defesa de direitos humanos, políticos e sociais.

Constatou-se uma participação mais efetiva das mulheres na organização das tarefas cotidianas do movimento, embora elas sejam também, em sua grande maioria, trabalhadoras, além de mães e esposas. Além da formação com orientação emancipatória, o MTL busca também fazer dentro da ocupação uma formação feminista, tendo em vista as agressões e opressões decorrentes do machismo, presente na sociedade como um todo, mas principalmente e com maior força nas comunidades mais pobres.

3.1 Entrevistas

Ao longo das assembleias, que acontecem com uma periodicidade mensal, notou-se um desalinhamento entre as propostas de reivindicações sugeridas por parte dos estudantes que acompanham a luta e os anseios dos moradores. Aqueles entendem que a reivindicação do edifício para que ele venha a ser reformado e adaptado de forma adequada à moradia deveria ser a reivindicação principal, uma vez que essa reivindicação, se alcançada, além de resolver a demanda específica da moradia para aquelas famílias, estaria não só abrindo um precedente, em João Pessoa de uma vitória alcançada concretamente a partir de uma ocupação, como também se alinharia com uma das principais e mais acertadas linhas de Pesquisa e Extensão da Universidade Federal da Paraíba e com diretrizes das atuais administrações públicas municipal e estadual, cujo objetivo é a recuperação da qualidade física e ambiental do centro da cidade de João Pessoa, principalmente através do incremento do uso habitacional e serviços complementares.

Já nas entrevistas individuais, pôde-se perceber que muitos moradores da ocupação não reivindicam uma habitação nas estruturas do prédio, estando ali apenas para ser beneficiado pelo programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), que tem sua fórmula sustentada por subsídios públicos individuais, que permitem às famílias de menor renda comprar moradias ofertadas por construtoras privadas. O modelo se completa com disponibilidade de crédito: quanto menor é a renda, maior é o subsídio e menor é a parcela de crédito que entra para viabilizar a compra. Tais moradores acreditam que o edifício não serve para moradia e alegam que preferem uma casa nova.

“... dessas que a Prefeitura tá dando pra quem não tem casa, do Minha Casa Minha Dívida (risos). Aqui ninguém respeita nada. As pessoal jogam lixo no corredor, em qualquer lugar. Fica tudo imundo (...) o problema é que aqui os quarto são tudo colado um no outro. E tu pensa que as pessoas querem saber se tu tá dormindo? Nada! Eles botam o som na maior altura...” (Morador).

Acredita-se que os moradores, pelo fato de já terem passado por muitas situações que trazem insegurança ao prédio, como o tráfico de drogas, doenças advindas do lixo etc, não conseguem visualizar a possibilidade de uma vida segura naquele local. Não acreditam que aquelas condições podem melhorar com as devidas reformas e regularizações das moradias no prédio.

“Minha filha, é porque você num mora aqui pra saber, quando a polícia bate aqui, eles num querem saber se você é trabalhador ou não, pra eles todo mundo aqui é bandido... E quando eles (os traficantes) trancam o portão aqui, ninguém entra, ninguém sai... E quando chove, você mesma já viu como fica tudo alagado aqui, escorrendo água até pelos fio de energia, em tempo de dar um incêndio e morrer todo mundo. Isso é porque, pra se esconder da polícia, eles vão lá pro telhado e se esconde de baixo das telha...” (Morador).

Percebe-se que tais moradores tem uma visão deturpada da qualidade de vida que se tem com o tipo de moradia oferecida pelo programa Minha Casa Minha Vida. Primeiro, eles acreditam que vão ganhar casa, porém a tipologia que está sendo construída hoje pelo MCMV, em João Pessoa, é de prédio com térreo mais dois pavimentos; segundo, eles não conseguem visualizar que a maioria dos problemas que eles enfrentam hoje, na ocupação, serão os mesmos, onde quer que seja suas novas casas, porém com maior intensidade pois na periferia, onde estão sendo construídos os empreendimentos do MCMV (a não ser aqueles que serão construídos com recursos do PAC II, para uma demanda específica de famílias que serão retiradas de zonas de risco em áreas do centro), o acesso às instituições de denúncia é muito mais difícil; terceiro, eles não sabem ou não levam em consideração que os gastos com transporte público serão muito mais elevados devido tamanha distância das habitações às possibilidades de desenvolvimento humano e devido a falta de integração das rotas de ônibus.

“(...) a verdade é que quem decide os terrenos em que as novas moradias serão construídas é o setor privado. “As prioridades estão invertidas. A localização é ditada pelo mercado, que economiza no preço da terra ao levar os prédios para as áreas periféricas”, diz Thêmis. Além de obrigar as pessoas mais pobres a viver longe dos centros urbanos, esse modelo obriga que o estado vá atrás e construa uma infraestrutura que não existe nos terrenos escolhidos.(...) Mais uma vez, quem ganha é o setor da construção civil, que será o responsável por essa nova malha de serviços.

As prefeituras têm alguma possibilidade de intervir nesse cenário. São elas que detêm os mecanismos legais para garantir que a localização dos empreendimentos no espaço urbano. Entre eles estão as Zonas Especiais de Interesse Social (Zeis), que exige a construção de moradia social em determinadas áreas, e o IPTU progressivo, que pode impedir que os proprietários deixem seus imóveis vazios em áreas centrais das cidades. Mas isso depende de vontade política – contrariar os interesses dos maiores financiadores de campanha não é fácil.” (PIRES, 2012).

Ao mesmo tempo, há uma tentativa por parte dos estudantes, inseridos na causa, de conscientizar os moradores de que:

“...o direito básico e humano à moradia adequada, previsto em nossa constituição, vai além do direito a quatro paredes e um teto. No habitar, a moradia adequada surge como elemento fundamental para uma vida adequada. Ou seja, além de uma edificação digna, uma moradia adequada requer também o acesso à infra-estrutura (água, esgoto, coleta de lixo, etc.) e principalmente o acesso às oportunidades do desenvolvimento humano (educação, saúde etc) e do desenvolvimento econômico, às oportunidades de trabalho, às oportunidades de sobrevivência, de renda etc.” (Rolnik, 2011)

Portanto, a localização é um elemento central do habitar, porque é ele que permite que, a partir da moradia, a pessoa tenha acesso a uma qualidade de vida adequada através da utilização das possibilidades de recursos a sua volta. Dentro desse quadro, a Ocupação Tijolinho Vermelho apresenta excepcional localização, próximo ao Terminal Integrado do Varadouro, o maior da cidade, propiciando acesso direto a todas as regiões da cidade, via transporte público, além de ser uma área com uma infra estrutura consolidada e tida como subutilizada.

Apesar de muitos moradores ainda serem resistentes à idéia de ganharem a moradia no próprio prédio que estão ocupando, há aqueles que enxergam as vantagens de habitar no centro, e reivindicam por aquele espaço. Estes moradores geralmente participam e contribuem com as atividades de formação da consciência, propostas pelo movimento.

3.2 Levantamento arquitetônico

Com relação aos aspectos físicos do edifício em estudo, este se localiza na Rua Professora Alice Azevedo, na região central do município de João Pessoa, enquadrando duas esquinas de uma das extremidades da quadra formada ainda pela Rua das Trincheiras e pela Rua Rodrigues Chaves.

Construído por iniciativa particular para finalidade hoteleira com estrutura de concreto armado e alvenaria, o edifício é composto de pavimento térreo onde se localizam o acesso de pedestres, áreas livres cobertas e não cobertas de uso comum, um pequeno espaço para estacionamento de automóveis e área de lojas, mais dois pavimentos residenciais, servidos por um elevador e laje de cobertura.

Constitui-se em uma das extremidades do quarteirão, ocupando as partes frontais do terreno, com um grande pátio interno. Os pavimentos, constituídos de lajes totalmente compartimentadas, sem vãos livres, são compostos basicamente, e em números aproximados, por:

- um pavimento térreo, com 1.514 m², ocupando as partes frontais do terreno, onde se localiza o acesso à Rua Professora Alice Azevedo e as ruas laterais, com áreas livres e áreas de lojas;
- dois pavimentos residenciais, com cerca de 1.502,95m² cada, totalizando a área de 3.005,9m²;
- lajes de cobertura;
- área total construída de 4.519,9m², com testada de 83,60 metros para a mesma rua.

Na segunda Audiência Pública que discutiu a pauta da ocupação, o Terra Livre utilizou como documento oficial, um parecer sobre a estrutura do antigo Hotel Tropicana, laudo técnico feito pela Associação para o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia (SCIENTEC) e assinado pelo Prof. Dr. Normando Perazzo da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), simpatizante da causa, atestando que o prédio apresenta bom estado geral com relação à superestrutura e alvenarias, não indicando qualquer patologia importante neste sentido, visto que não apresenta trincas, fissuras ou corrosão das armações que sugiram qualquer comprometimento estrutural.

O documento atesta ainda que a maior parte da cobertura do último pavimento não possui laje, apresentando forro de estuque e que deverão ser desprezadas e totalmente refeitas, em razão de seu estado de deterioração e adequação ao novo uso, todas as suas instalações hidráulicas e sanitárias, instalações elétricas, equipamentos em geral, como bombas e elevador, assim como substituídas todas as esquadrias de portas e janelas, e grande parte dos revestimentos de piso e de paredes internas e externas.

Em suma, a reforma necessária à revitalização do edifício e sua adaptação ao novo uso pretendido, aproveitará apenas a sua estrutura, as alvenarias e parte dos revestimentos. Apesar do ponto de vista estético estar bem deteriorado, as melhorias não seriam feitas com grandes dificuldades.

Analisando todo o contexto e as plantas do projeto, resultantes do levantamento arquitetônico do edifício, em um espaço de discussão e troca de conhecimento entre professores e estudantes, “Sofá”, que aconteceu em junho de 2013, proposto pelo Escritório Modelo de Arquitetura e Urbanismo, TRAMA, chegou-se ao consenso de que o edifício ora em estudo, é fisicamente passível de adaptação para a finalidade de empreendimento habitacional de interesse social, apresentando-se viável à implantação das unidades habitacionais e de todas as instalações e equipamentos necessários que garantam a segurança e o conforto dos futuros moradores.

Quanto aos aspectos legais, também apresenta viabilidade, pois reúne todas as premissas necessárias ao atendimento da atual diretriz das administrações públicas no sentido de revitalização da área central da cidade, atende à preconizada destinação social da propriedade, e é passível de atendimento das legislações urbanística e edilícia municipal.

Em uma vivência na “Ocupação Tijolino Vermelha”, que aconteceu enquanto um Workshop na linha temática (I) Ocupações, no seminário Internacional, Urbicentros#4 em dezembro de 2013, proposto por Marina Queiroz Fontenele, pôde-se realizar um espaço em que as circunstâncias permitiram aprofundar o debate e a troca de conhecimentos, não só entre os estudantes e professores presentes, mas principalmente entre estes e os próprios moradores da ocupação, bem como as lideranças do movimento. Na vivência, os estudantes puderam compreender melhor a realidade das famílias, e entender as invisibilidades e contradições presentes no centro histórico de João Pessoa.

A importância da continuidade dessa pesquisa está justamente na necessidade da realização do projeto arquitetônico de reforma do prédio, o qual exercerá papel fundamental como ferramenta para pressionar as instituições públicas. Porém, tal projeto não deverá ser imposto, de forma que os ocupantes apenas se apropriem do mesmo e lutem pela sua efetivação. O processo de construção do projeto deverá acontecer em parceria com os moradores da ocupação.

3.3 Análise documental

A análise da ata da Audiência Pública, de maio de 2013 serviu principalmente para compreender o posicionamento da Superintendência do Patrimônio da União, da Companhia Estadual de Habitação Popular, da Advocacia Geral da União (AGU), da Secretaria Municipal de Habitação, e do Conselho Estadual dos Direitos Humanos, com relação à situação das famílias que compõem a “Ocupação Tijolino Vermelho”; além de servirem para melhor compreensão da situação legal de posse do edifício e do processo de reintegração de posse movido pelo Hotel Tropicana S/A e a União Federal.

A representante da Secretaria do Patrimônio da União bem como o representante da Advocacia Geral da União tem opiniões técnicas de que o imóvel hoje não será destinado para fins de habitação. Apesar do imóvel pertencer à União, este é objeto de lide e a AGU pretende o desfazimento da propriedade do prédio, que foi adquirido por permuta com o Hotel Tropicana/SA, a qual foi questionada judicialmente pelo Ministério Público Federal (MPF) em razão de vícios que existiam nessa permuta. A AGU se aliou ao MPF para proceder à anulação da permuta, que foi

negada. O imóvel voltou então a ser de propriedade da União, mas esta continua questionando este ato, recorrendo às instâncias judiciais. O imóvel portanto ainda está "sub judice". Os representantes da União têm, ainda, um posicionamento de criminalização do movimento por considerar ilegal o ato de invasão da propriedade.

O representante da Companhia Estadual de Habitação Popular entende que o princípio básico do Estatuto da Cidade é que todo e qualquer imóvel tem que cumprir sua função social, "(...) seja o imóvel da União ou de quem for, se há questões jurídicas, o cumprimento da função social é preciso que aconteça, essa audiência procura buscar solução, tenta-se que o imóvel seja utilizado para Habitação de Interesse Social, passando a cumprir a sua função social, a CEHAP se propõe, caso a União esteja disposta a ceder o imóvel à CEHAP, a angariar recursos junto ao Ministério das Cidades e a partir disso poder promover, em parceria com o Movimento Terra Livre, um programa de revitalização do imóvel e destinação para habitação".

A análise da Ata da reunião do Grupo de Trabalho Estadual, instituído pela portaria n 009, de 06 de maio de 2009, com a finalidade de apoiar a destinação de imóveis da União à habitação de interesse social no Estado serviu para constatar o posicionamento das entidades que compõem o GTE, como o Instituto Costa Sol, o Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON/JP), o Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA/PB), o Movimento Nacional de Luta Pela Moradia (MNLM), a Confederação Nacional das Associações de Moradores (CONM), a União Nacional Por Moradia Popular (UNMP), a CEHAP, dentre outros com relação à situação das famílias da ocupação e a possível destinação do prédio à habitação.

Há um consenso entre os movimentos de que, resolvido o litígio de domínio sobre o imóvel e constatado sua vocação habitacional, "as entidade não podem abrir mão do bem nem pro Estado nem pra prefeitura, nem pra outro movimento que chegue e ocupe porque se a tese for ocupar, nós também sabemos fazer ocupação. Nós não fazemos ocupação em respeito ao GTE, que foi criado para resolver esses conflitos nos estados. Todas as entidades que compõem o GTE têm demanda habitacional. Não é o papel do GTE ceder a vez para outros movimentos. O grupo de trabalho não pode 'rasgar' sua história de luta, porque se o critério para adquirir o imóvel não for o GTE, mas sim ocupação, então nós uniremos forças com os demais movimentos para também promovermos ocupações" fala representante da CONAM. Apesar dessa posição clara de não reconhecimento do MTL, os movimentos são contrários à reintegração de posse.

Analisando a ata da reunião fica claro que as entidades prezarem pelo diálogo, mas ao mesmo tempo reclamam da falta de celeridade nos processos de liberação dos terrenos, das complicações dos procedimentos, dos obstáculos e entraves burocráticos, dificultando a possibilidade do déficit habitacional em João Pessoa vir a ser equilibrado.

Já o Movimento Terra Livre acredita que os movimentos podem fazer mais do que apenas dialogar. O MTL mantém um diálogo com a Prefeitura, o Estado e com a União, mas acha válido as ações diretas, pois considera que as ocupações são importantes não só no sentido de pressionar para dar celeridade nos processos, como para dar função social ao imóvel e principalmente para atender uma demanda habitacional que está na ordem do dia.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a configuração do ambiente urbano, bem como sua lógica evolutiva representam correlações de forças que resultam de disputa entre atores e forças sociais que se apropriam do espaço urbano. Entende-se que o Estatuto da Cidade foi uma grande conquista para a história nacional, mas infelizmente ainda não está sendo utilizado de forma efetiva para transformar o intenso processo de urbanização desigual, injusta e predatória que assolou o país.

Entende-se que desafio maior atualmente é pensar estratégias no âmbito de um dos princípios fundamentais do Estatuto, que é a participação popular na construção da democracia participativa.

Assim, os Movimentos Sociais devem fortalecer o Poder Popular, organizando e articulando as mobilizações em luta por moradia, reivindicando principalmente espaços da área central da cidade, que tem toda uma infra estrutura consolidada e tida como subutilizada, além de um grande estoque de imóveis vazios, que afronta a crescente demanda por habitação.

Entende-se que, se a “Ocupação Tijolinho Vermelho” for apenas um instrumento de pressão para conseguir moradia através do programa MCMV, o movimento acaba alcançando apenas parcialmente seus objetivos, deixando de lado o que no fundo mais importa, nessa luta, que é combater a forma predatória com a qual a especulação imobiliária tem barrado o direito à cidade à população de menor renda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bardin, L. 1994. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edição 70.

Borde, A.P.L. *Vazios Urbanos: perspectivas contemporâneas*. Tese de doutorado, Rio de Janeiro:

Brasil, 2001. *Estatuto da Cidade*. Lei Nº 10.257, DE 10 DE JULHO DE 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal. Brasília. Disponível em: <http://www.pedala.df.gov.br/sites/400/408/00000082.pdf>

Calado, F. Alder 2009. Julho., *Movimentos Sociais por uma Sociabilidade Alternativa*. Dissertação de mestrado – PPGEU/UFPB, João Pessoa.

Castro, A. M., 2006. *Centro Histórico de João Pessoa: Ações, Revitalização e Habitação*. Dissertação de Mestrado, PPGEU, João Pessoa.

Cavalcanti, R. P., 2009. *Intervenções de Recuperação no Centro Histórico de João Pessoa: Bairro do Varadouro*. Dissertação de mestrado – PPGEU/UFPB, João Pessoa.

Clichevsky, N., 2000. Vazios urbanos nas cidades latino-americanas, In: SMU *Cadernos de Urbanismo n2, Vazios e o planejamento das cidades*. Disponível em: < <http://www.rio.rj.gov.br/smu>.>

Duriguetto, M. L. e Montaño, Carlos. 2011. *Estado Classe e Movimento Social*.

Gohn, M. G, 2004. *Teoria dos Movimentos Sociais* Paradigmas clássicos e contemporâneos.

Jacobi, P. 1987. *Movimentos Sociais: teoria e prática em questão*

Jacobs, Jane. 2000. *Morte e vida das grandes cidades*. São Paulo, Martins Fontes.

Maia, D. S., 2008. Ruas, casas e sobrados da cidade histórica: entre ruínas e embelezamentos, os antigos e os novos usos. *Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales*, 1999- 2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica, Universidad de Barcelona, Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/-xcol/150.htm> >.

Minayo, M. C. S. 2000. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. 7. ed. São Paulo: Hucitec; Rio de Janeiro: Abrasco.

Richardson, R. J. 1989. *Pesquisa Social: métodos e técnicas*. Atlas, São Paulo.

Rolnik, Raquel. *Moradia é mais que um objeto físico de quatro paredes. E-metropolis*, Rio de Janeiro, ano 2, n. 05, p. 37, jul. 2011. Disponível em: http://www.emetropolis.net/edicoes/n05_jun2011/emetropolis_n05.pdf. Acesso em 15 de agosto de 2014.

Pires, Tahlita. *Minha Casa, Minha Vida é política de crédito, não de cidade*. Disponível em: <http://www.redebrasiltual.com.br/blogs/desafiosurbanos/2012/12/minha-casa-minha-vida-e-politica-de-credito-nao-de-cidade>. Acesso em 15 de agosto de 2014.

Scocuglia, J.B.C. 2004. *Revitalização urbana e (re) invenção do centro histórico na cidade de João Pessoa – 1987-2002*. João Pessoa: Editora Universitária.

Silveira e Ribeiro, J. A. R e E. L., 2010. *Cidade e história, caminhos e aspirações: qual a cidade que queremos?* Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/10.114/3389>

Information and Communication Technologies and the Public Spaces: Reflections on Exploring a New Relationship

First Results from COST Action CyberParks TU 1306

Carlos Smaniotto Costa

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, CeIED, Education and Public Spaces, Portugal
smaniotto.costa@ulusofona.pt

Ina Šuklje Erjavec

Urban Planning Institute of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia
ina.suklje-erjavec@uirs.si

ABSTRACT: The interaction of ICT devices (smart phones, smart watches, tablets) and wi-fi connections and public open spaces (parks, gardens, squares, plazas, etc.) is not new but is growing at a rapid pace. The consequences of this intertwining are not yet fully investigated, this fact accompanied by rapid development and increasing application possibilities, challenges ICT experts, urban designers and social scientists. Based on first analysis carried out within the Project "CyberParks" we discuss (1) how ICT affect the use of public open space and what are the risks, and (2) how ICT can provide support for improving the production and design of public spaces. Hence, what is the contribution of ICT to transform our cities into more social environments, rather than just more high-tech? Therefore, aspects as entertainment, leisure and recreation, social media and the use of public spaces for demonstrations or flashmobs, and new elements of street furniture will be explored.

Keywords: ICT devices; public open spaces; street furniture; Project "CyberParks"

1 INTRODUCTION

We are used to see people relaxing outdoors with newspapers and books, and now increasingly with smart phones and tablets. The digital has become part of our outdoor lives and that trend is set to continue (Thomas, 2014). In this paper, we discuss the intertwining of digital media technologies (smart phones, tablets, wi-fi connections) with the public open spaces (parks, gardens, squares, plazas, etc.). This discussion is based on a first knowledge and experiences exchanges carried out within the Project CyberParks. The consequences of this relationship are not yet fully investigated; this fact accompanied by rapid development and increasing application possibilities, challenges ICT experts, urban designers, and social scientists.

The leading questions in CyberParks are twofold: first, how do ICT affect the use of public open space, what are the risks, and how the concept of public spaces fit into the digital age. Second, how can ICT provide support for those involved in the production and design of public spaces, and what opportunities ICT offer to better understand the way people use and would like to use these spaces. Hence, in CyberParks, several aspects of the relationship of ICT with public spaces and urban design are being investigated. The first results show that ICT cause and enable innovative outdoor social practices, which could challenge spatial and social experts to use them in policies, design, and research in order to produce responsive and inclusive urban places. Places those are attractive for different users, also for those who are more attached to ICT, and spend nowadays a significant amount of their daily time online and indoors. This raises the question how to link the real and virtual worlds without losing the benefits of both, what in our case means to link new technologies into urban open space design to make its every day uses more attractive and challenging, and inspiring people to live a more active life. All this should happen without transforming urban spaces into high-tech virtual realities, disconnected from

nature and people, but taking advantage of the opportunities provided by modern technologies to make cities even more people and environmental friendly. On the other hand, there is also from the ICT's perspective arises the question what kind of challenges new urban functions, uses and design ideas bring for future ICT development.

1.1 The CyberParks Project

For finding adequate responses to all these questions and develop new ideas the Project "CyberParks - Fostering knowledge about the relationship between Information and Communication Technologies and Public Spaces" has been developed. It is a network of 70 experts from different working fields and scientific domains, coming from 28 different European countries and financed for four years (June 2014 – May 2018) under the COST-Framework (www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1306). Allowing networking, exchange, and capacity-building activities the COST Programme offers an ideal framework for exploring such challenge. Bringing together a high number of researchers and practitioners working on related fields, COST enables a regular scientific exchange as well as gathering the fragmented research within scientific areas and countries.

The participants closely cooperate towards putting together the available knowledge from different aspects and explore the intertwining from different perspectives. In order to bridge the knowledge gaps and bringing up new ideas an emphasised interdisciplinary cooperation is necessary, ensuring all possible and necessary interlinking between ICT-based devices, public urban open spaces and new values, lifestyles, and needs of people are being considered. CyberParks acts through a transdisciplinary network of scientists, researchers, ICT experts, urban designers, landscape architects, and stakeholders enabling a look at long-term perspective and a bigger picture of the implications, opportunities and challenges the amalgamation of the virtual and real worlds pose. The project goals are sharing knowledge and experiences, analysing, drawing lessons learnt and preparing the outcomes by in five trans-disciplinary Working Groups. These are: Digital methods, Urban ethnography, Conceptual reflection, Creating CyberParks and Networking and Dissemination. The last works as a think-tank and is in charge of tailoring and organising knowledge transfer, young experts' platform, formulation of research perspectives and follow-ups. Further information about the project contents, participants, and results can be seen at www.cyberparks-project.eu.

2 DEFINING KEY TERMS

2.1 ICT – Information and Communications Technologies

The term Information and Communications Technologies (ICT) refers in this work to the different forms of communication by computer technology and digital devices. This includes the Internet, wireless networks, tablets and smart phones, and other communication mediums. ICT provide society with a vast array of new communication and information capabilities. Among all those opportunities the most important for this paper, and for CyberParks Project, is the communication aspect. First, new ICT devices not only enable, but also strongly attract people to communicate in real-time with others, also in completely different locations. Second, for the possibility of gathering information about places, they are going to or are already in, and of sharing information about real places to build virtual ones, something that was not possible before.

Social media is turning to be a big part of contemporary life. People more and more build and maintain their social relationships through various social media, and this affects increasingly the way they organise their everyday lives in the city. New socio-spatial practices have emerged, both on a collective level (flash mobs, the use of ICT in various political uprisings and riots, bike and car sharing programmes), as well as on an individual level (the use of navigation systems and recommendation software to find interesting places to visit. To this topic belong also the

annotation of places through Twitter, Facebook or review sites such as Yelp, using smart phones to arrange spontaneous meetings with friends or strangers, talking via mobile phones or exposing private topics in public or on social networks, posting private photos, sexual desires, and problems in school, etc.). For this reason, ICT is often studied in the context of how modern communication technologies affect the interactions between people and society. The passion of using technologies such as instant messaging, voice over IP, and video-conferencing and similar for immediate sharing information, experiences, and feelings brings completely new ways of uses and behaviours of people, also in urban places. See a person talking to “itself” on the phone or looking into mobile phone or tablet while walking or sitting in an open space is even more usual than see people talking to each other or observing the surroundings. Recently more studies are devoted to negative aspects of this virtual interaction. *Cyberbullying* can be mentioned as one example of threatening human behaviour or new form of aggression that has increased among adolescents and adults during recent years in the virtual environment of the Internet (Katzer, 2007; 2013, Fetchenhauer & Belschak, 2009).

The developments over the past thirty years transformed ICT into an inherent part of society. It has grown into an important social medium. People build and maintain their social relationships through various social media, and increasingly this affects the way they organise their everyday lives in the city. New socio-spatial practices have emerged, both on a collective level (flash mobs, the use of ICT in various political uprisings and riots, bike and car sharing programmes), as well as on an individual level (the use of navigation systems and recommendation software to find interesting places to visit. To this topic belong also the annotation of places through Twitter, Facebook or review sites such as Yelp, using smart phones to arrange spontaneous meetings with friends or strangers, talking via mobile phones or exposing private topics in public or on social networks, posting private photos, sexual desires, and problems in school, etc.).

Relevant for the work on the interaction between ICT and public spaces concerns the features of ICT to allow on-demand access to content anytime and from nearly anywhere. Hence, the property to engage individual users as well as groups of people to interact and congregate online and share information, and bring them to be outdoors, are relevant aspects.

2.2 Public Open Spaces

For our purpose *public open space* is to be understood as a collective term and in its broadest sense, as an unbuilt space inserted into the urban fabric, planned, designed and managed with particular purpose and used by the general public, regardless ownership or in terms of rights. The network of public open spaces includes both the natural and built environment. Among them are streets, squares, plazas, market places, parks, greenways, community gardens, playgrounds, waterfronts, etc., each one playing a vital role in the city, whether for mobility, for social life, for leisure and recreation, and/or on account of their scenic value and ecological, environmental merits for nature and landscape preservation.

2.3 Green Spaces, Exposure to Nature and Physical Activity

Green spaces, a widely common type of public open spaces, are predominantly characterised by a high percentage of vegetation and unpaved surfaces. Due to their characteristics and multifunctional aspects, they represent irreplaceable foundation for most of the Ecosystem services in urban areas, from cultural to regulating, supporting, and even provisioning.

Green spaces are known to make valuable environmental, social, and people’s well-being based contributions to the urban environment. The roles and benefits of green spaces are extensive and multifunctional. Several authors have researched and reported on varied evidence of those benefits and functions to a greater or lesser extent (summarised in Table 1). This extensibility and multi-functionality means that a green space can bring different benefits in different ways to different users and with different results.

Table 1. A simplified list of the benefits, functions, and values green spaces can provide. (GreenKeys, 2008).

Ecological and Environmental	Natural resource, supports the protection of natural resources: preserves functions of soil, water, flora and fauna, buffers climate, opportunities for enrichment, biodiversity, wildlife corridors, etc.
Economic	Positive impact on business and property values, source of additional revenues for the municipality (events, taxes on property, etc.), is the sum of values that people, both individually and collectively, attach to nature
Social	Outdoor activities, meeting places catering to all ages, popular value of being close to nature, venue for events, fairs and concerts, fundraising, etc., nature experiences, the “outdoor classroom”, building sense of place and society,
Structural	Quality of the urban landscape, visual aspects, effect on property values, promotes the identity of a city or an area, defines urban character

Without having the intention of presenting an exhaustive list, but to illustrate their diversity, the green spaces network in a city can potentially include tree-lined streets, promenades and alleys, green squares, plazas, playgrounds and market places, gardens and urban parks, greenways, green belts, community and allotment gardens, waterfronts, churchyards and cemeteries, urban woodlands and urban “wilderness”. Green spaces increase the aesthetic appeal, amenity and values of the urban landscape, contribute to diversify densely built up and highly artificial urban environment. They allow and maintain the presence of nature in the urban environment. Here nature has a chance to develop. When integrated into the green infrastructure of the city, green spaces contribute to the connectivity of habitats, enabling the propagation and protection of species and biodiversity conservation. Aside from providing places to play, be active or relax, relevant for this work is the property of green spaces in offering the contact to nature. Even though they can be extremely manipulated, people still consider them part of the natural environment. Berman *et. al.* (2008) demonstrated that, after just an hour interacting with nature, memory performance, and attention spans improved by 20%. In UK Bird (2004) found out that physical inactivity is a major preventable health risk, which affects about 60% of the population. Palliative measures to promote the physical activity should be close to where people live and with an emphasis on walking. As recreational walking is a suitable activity to increase physical activity levels, it is also cheap to put into practice. What is not mention is the need of suitable places – places safely accessible, with low levels of atmospheric and noise pollution. To be able to offer such places, cities have to invest in their public open spaces what demands high level policy and urban planning practice (Smaniotto & Hoyer, 2014).

2.4 Understanding the Publicness of Urban Open Spaces

Important for this work are those open spaces that have or could have value for enabling the share of experiences, contributing to the called public life, the city's “publicness”, and inclusiveness. The conceptualisation of these spaces as democratic spaces is associated with “public domain”, the network of spaces that belongs to the community and is freely accessible for everyone (Smaniotto 2014). As they afford the common ground for communication and information exchange, these are the social spaces where people can democratically meet outdoors and interact with others as well as with the urban fabric reality. Public spaces, as the stage of urban life, have the capacity of embodying multiple meanings. As social gathering places, they enable the exchange between different social groups, independent of class, race and ethnicity, gender and background, etc. They are places to express cultural diversity, to relax or move, see and be seen or even be anonymous in a crowd (Thompson, 2002). The social interactions are important for defining a sense of place, for contributing to the individual physical, cultural, and spiritual well-being, for the personal development and social learning and for the development of tolerance (Thompson 2002, Šuklje 2010). In a political sense, they offer a forum for political representation, display and action (Habermas, 1990), here known and unknown people meet, here all strata of society encounter each other, here the formal and informal relationships take place. For being ‘open-to-all’ (Thompson 2007, 2002), they are

neutral territories, which could be inclusive and pluralist for accepting and accommodating differences. This concerns also their use for public purposes, such as to hold collective celebrations or to influence collective decision-making (Storch, 2011). This brings about the symbolic character public spaces can embody as representative of the collective and of sociability (rather than individuality and privacy (Thompson 2002, 2007; Smaniotto Costa & Schmitz, 2013).

Whyte (1980) pinpointed that what attracts people to public spaces are other people. If on the one hand the quality of being an enabler of social interrelations confers to the public spaces a positive connotation. On the other hand given the heterogeneous nature of the urban society with distinguishing objectives and features in its social organisation, calls for demystify the relationship between public space and social interaction, a relationship often seen with certain romanticism (Smaniotto, 2014). The modern urban environment, in its complexity, is considered one of the causes of the increasing social segregation; isolation and little involvement of people together (Gehl, 1987). Observing how people use public spaces Hampton & Gupta (2008) come to the conclusion that each user or group of users "privatise" their space, creating what they call a *cocoon*. The space is not shared, but divided and shredded individually or collectively between different users. Although invisible and limited in time, these cocoons reduce the likelihood of serendipitous encounters, contradicting the common expectations for public behaviour. Therefore, public spaces are arenas of multiple and sometimes competing interests, occupied by people unequal in gender and social and cultural class (Thompson, 2002). They can as well be locational and situational spaces of conflict among disputing interest groups and individuals (Katzner, 2011).

3 INTERWEAVING PUBLIC OPEN SPACES WITH DIGITAL DEVICES

Is there a necessity, possibility, and feasibility to interlink public open spaces with digital devices? Would not it be more suitably, especially for urban green spaces, to encourage a clearer separation between "nature" and "high-tech", rather than search for their interweaving? Should the "contacts with nature" be technology free? On the first glance, maybe the answer would be "Yes" but ... The interactions between digital and physical domains used to be considered as largely separate; nowadays, with the increased profusion of wearable ICT, mobile connectivity and interaction possibilities via social media, profoundly influence our conception of time, space and place, social relationships, citizenship and identity. We were used to see people in urban parks relaxing with newspapers, books but nowadays phones and tablets are commonly brought along. The digital has become part of our outdoor lives and that trend is set to continue (Thomas, 2014), but with hitherto unknown consequences. It is necessary to understand and to study the linking, and this means taking the challenge seriously and in a comprehensive approach.

The central foundation of our arguments is backed by existing knowledge and experience of importance of public open spaces for urban sustainability. Several works highlighted the social, ecological, and economic benefits of public open spaces, from a single as well as from a cumulative perspective. Several authors examine the relationship between environment, physical activities, and health. Recent works devote the analyses to some aspects of the interrelationship between ICT and public spaces. Smaniotto (2013) listed several examples of these interactions; De Lange (2013) explores the effect of ICT in a *hybrid urbanism*. Meyrowitz (1985) and Hampton *et al.* (2009) report on social behaviour and social interactions under the influence of ICT, Hampton & Gupta (2008) on the use of wi-fi in public and semi-public spaces, Graham (2004) on the virtual city and cyberspace. Graham & Auguri (2007) make connections among the virtual city, crisis of public space, social polarisation and the access to computers and telematics, and Souza e Silva (2006) deals with the hybrid space, a mash-up of real-world spaces with mobile technology. Recent research into the connections between technology and biophilia (Thomas, 2013) concluded that the preponderance of nature metaphors, memes and images to

be found in cyberspace (e.g. surfing the internet, twitter stream, the cloud, viruses, worms and bugs) can be understood as a way by which users imagine virtual space as a familiar physical ecology.

3.1 The real and virtual

The high levels of mobile phone and Internet penetration are underpinning a strong correlation between the real (physical), and virtual (digital) domains, even if the use of digital tools for personal and social interactions for increasing links to the real world remain unchanged. People of all ages still need contact with nature (Louv 2005) and with other people, in order to develop different life skills, values, and attitudes, to be healthy, satisfied with their lives and environmentally responsible. Recent research into biophilic design, restorative environments, nature deficit syndrome, and technobiophilia demonstrates that a green environment is essential to well-being in both analogue and digital surroundings (Thomas 2013).

3.2 Communication and activities

A relevant aspect of ICT is their ability to enhance communication with (potential) users and allow creative participation and community formation. ICT can be a useful tool for scenario simulations to enhance the attractiveness and responsiveness of the public spaces. Users can share information, expose their opinions, needs and desires. GPS and other GIS supported devices can greatly inform about usage-spatial relationships. These pose a challenge for spatial planners to respond creatively and holistically. ICT in public spaces may also bring threats that should be taken into account like electronic aggression – as above mentioned, from the users' view in regard to their needs as well as from the designer's open research opportunities for meeting the social needs and public preferences. A high number of projects, activities and initiatives take up aspects of interaction among users, ICT and social behaviour (e.g. MobileCity, Cyberbullying, ISTME), others set up on ICT for spatial analyses, planning methodologies and public involvement (Click Your Way, Behaviour Mapping, People Friendly Cities), as well a series of urban games. Although ICT relies on interactions among users, very little is known about ICT-users related to public open spaces. Interventions of digital media are supposed to change the perception of today and future public space role, design and usage. In fact, what those changes mean for public spaces' character and design we are unknown yet. For the moment the interactions of ICT and public spaces can be seen in three different ways For each one some examples are given and discussed.

- The use of ICT devices in public spaces (phoning, texting, wi-fi, gaming);
- The ICT as information transport media (internet, newsletter);
- ICT as a tool for social reporting and planning (e-planning) - this includes the possibilities the ICT offer for connecting people on urban issues (e.g. for enhancing participatory processes).

4 EXAMPLES

There are different examples of blended digital/public open spaces, e.g. digital displays in cities, wi-fi provision in parks and squares, on-the-spot tourist information, broadcasting and interactive art performances, urban games, etc. This list is not intended to be comprehensive, but it does attempt to make sense of an enormous body of ideas and research that bear on the topics of urban ecology, sustainable development and the effects of digital devices on them. At present, these are novel, uncommon and diverse, but they are increasing. Even if they are not goal-oriented towards urban spaces, they influence the perception and use of such spaces, adding new dimensions to their planning and design, e.g. new street furniture and park elements.

4.1 The use of ICT devices in public spaces: The WLAN in Public Spaces

The explosion of the Internet and the wireless access thereto has created incredible demands for connectivity. In this context, mobile communication devices are important because they enable users to access the internet outdoors. Until now internet is accessed mainly from home and work place, but following semi-public spaces as train stations, airports, hotels, etc., the wireless local area networks are also reaching streets, squares and parks enabling laptops, smartphones or tablets to get connected to the internet. The list of cities that already offer basic Wi-Fi service in hotspots located in public places is steadily growing; and includes world-cities as London, New York and Paris (fig. 1, fig.2).

Meanwhile, several websites support the finding of Wi-Fi access points (or hotspots). Such information is also already standard in online travel guides. Initially, and in many places Wi-Fi service has been installed and operated in public spaces by telecommunications operators, but is increasingly taken over by local governments. Thus, the availability of this technology and its access, partly free of charge, in public spaces can be seen as a social service provided by the council. This can be of relevance especially for those who cannot afford a private high-speed service.



Figure 1. The city of Santos (Brazil) offers a free Wi-Fi access on different public spaces, even on the beach promenade. Maybe such indication signs could replace those of "Keep off the grass". (Smaniotto, 2013). Figure 2 For the European Football Championship 2012 the host cities in Poland started offering several hotspots free internet access in public spaces. Signs indicate the coverage areas, like here in the city of Poznan. (Smaniotto, 2013). Figure 3: The North Park in Ljubljana (Slovenia), opened in 2009, was designed by IN.KA.BI office under the motto "Associated Books of the World". Here multimedia portals offer reading on screens and listening of classics of world literature in their original languages. A USB port also allows the broadcasting of own music - what is an attraction for teens. A proposed Internet access has not been implemented yet. (IN.KA.BI, 2010).

Wi-Fi services in public places can be a feature to attract different and more users to sites leading to a greater use of these spaces. Bringing more people outdoors can make public spaces more alive, deserted places can be revived. More people improve also the safety of these places and can mean diversity, thus contributing to reduce social inequalities and to increase cohesion and tolerance. Since participating in real and virtual spaces can contribute to the public discourse, which in turn can stimulate political action and develop more democracy. At the same time perhaps none of these will happen, as internet and ICT may prevent existing public life making private activities in public spaces shrink or diminish. The availability of Wi-Fi hotspots does not mean necessarily the access to information is greater or the dissemination and diversity of ideas increase (Hampton *et. al.*, 2009).

Wi-Fi reaching public spaces is already challenging designers and landscape architects to meet the needs of people living in an increasingly connected world. The Wi-Fi hotspots do not require only new signs to inform their existences (as Figure shows) but for making the use of ICT and mobile devices outdoors more comfortable already new street furniture is being designed. This new furniture could have further influence on the urban landscape. In Paris, six different kinds of intelligent street furniture are being already tested. This includes the *Digital Harbour*, a kind of open kiosk with a plant-covered roof, equipped with swivel seats and tabletops designed for

laptop computers. It offers free Wi-Fi connection and recharging points for electronic devices. In Belgrade, users of the Tašmajdan Park can recharge the batteries of mobile phones, tablets, and multimedia devices with solar energy. Solar powered benches are planned to be installed in Boston offering similar services (fig.3).

The ICT as information transport media: The Real City Virtual

As Cerveny (2009) points out the modern city is built not just upon physical and social infrastructures, but also upon patterns and flows of information that are always growing and transforming. Real cities can be found in the virtual world in different ways. In the internet a series of online maps, satellite radar images, photo archives, panoramic views of streets and buildings, both institutional and private, of the most diverse cities is available. This not only facilitates the access to information, but it also permits new readings of the city and helps citizens and planners to get a better grasp of reality. To the contemporary information culture belongs already browser based active maps with geographical information systems (GIS) on the internet (WebGIS).

Web portals offer another way to meet the real cities in cyberspace. Besides maps and images service it is possible to undertake virtual tours through distant real landscapes and cities, panoramic views of streets and buildings. Increasingly the panoramic views of streets are offered from a viewer's eye position and not only from the bird's eye view, this allows users to go on virtual walking tours through different cities and landscapes without leaving the physical environment. One of the best-known portals, the Google Street View on Google Maps is increasingly offering virtual tours through green spaces, as through the Hyde Park in London or High Line Park in New York.

Through the virtual tours people can get information, view, admire, and partly even experience places that otherwise would not be possible. The possible benefits are many, from becoming familiar with a place before an actual visit happens, to a deeper knowledge and widening awareness. These virtual tours are far from being only imaginary trips to exotic places. Often they meet practical objectives such as a preview of a real destination, or navigating to it using an app on a mobile device.

4.2 ICT as a tool for social reporting: New Media, Social Interrelations and Public Spaces

ICTs also encompass a social component as they provoke changes in people's lifestyles, the way they relate and communicate to each other. The social media and the so-called social network enable people having conversations online. These conversations can take a variety of forms, for example, chatting, blogging, or sharing photos. The social media is increasingly affecting all areas, from individuals to society, economy, and politics.

Even if the use of digital tools for personal and social interactions is increasing, building links to the real world remain unchanged. One example can be seen in the feature called *Places* offered by Facebook, one of the most successful social networks. An analysis made by Facebook based on the meeting places of its users' across 25 cities around the world revealed their most *social landmarks*. In six of these cities, public spaces (squares, parks, gardens, and streets) are the most popular venues for meetings, e.g. the Kurfürstendamm in Berlin or Times Square in New York. This study brought the confirmation that the climate also plays a role in the lives of internet users. In cities with warm weather, meetings take place outdoors, as in the Ibirapuera Park in São Paulo, and in colder cities people tend to meet more indoors, in bars and clubs, like in Moscow. Social media represents powerful tool for collective action, as it allows communication, coordination, and information sharing at very low costs and with an incredible speed. These features help to mobilise masses and emit callouts to meet at a certain place to demonstrate or protest. In Brussels, for example, a group claiming for car-free spaces, as well as more and better public spaces in the Belgian capital uses Facebook to mobilise people to participate in the picnics held on city streets.

The actions that need public attention, such as demonstrations, strikes, sport events, or even carnivals, require precisely the prominence that public spaces can offer. These events require the immediacy of a live acting or the impact of the kinetic energy of a mass in motion. The Tahrir Square in Cairo, the Taksim Square in Istanbul became worldwide known in this context. The revolutionary movements of the so-called Arab Spring revolutions of early 2011 calling for more democracy and regime change were fostered by the use of modern means of communication. Internet, social media, blogs, twitter, etc. were important drivers (Storck, 2011) allowing a fast dissemination of information, ideas and even live and unofficial images of conflict areas. Public spaces being indeed used in an "unconventional" manner with protesters and tents creates a powerful medial image, as figure 4 shows. These "occupations" in fact evidence public spaces as democratic places able to encourage appropriation in accordance to the users' needs and aspirations. This appropriation embodies, at its core, the central idea of publicness. These examples, in the author's opinion, clearly show that the public spaces do not become obsolete, but anchored in ICT reaffirm their role as a democratic space in the contemporary connected metropolis.



Figure 4: After demonstrating in the bank district of Frankfurt the Occupy Movement, which fights against social and economic inequality, occupies in summer 2012 the lawns Friedrich Square in city of Kassel (Germany) during Documenta 13, one of the most important contemporary art exhibitions in the world (Smaniotta, 2013).

5 CONCLUSIONS

Improving the quality of the urban environment is an endless task. There is no sustainable city or creative economy, if there are no healthy and liveable urban spaces. In a sustainable city, the adjective "public" should not be only an appendix, but a quality and a request to appreciate and recognise public spaces as places for individual and collective expression. Ensuring the network of public spaces can provide a variety of benefits and opportunities for social interaction should be a programme and council policy, and regard aspects as safety, accessibility, quality, and design of these spaces. This calls not only for skilled professionals (i.e. landscape architects, urban designers) able to accept the challenge to draw up convincing ideas and inclusive spaces, but also politicians to prioritise the inclusion of quality public spaces in the urban agenda. The challenge is how to make use of ICT to make urban open spaces even more public and inclusive and to attract more people to live a healthier way of life. As none "is willing to give up the use of machines" (Thomas, 2013), the question is how to integrate these in a healthier life style. The quality of public spaces plays here a decisive role, since nobody will expend leisure time outdoors if the environment is not attractive, accessible, and safe. Many people today support the notion that every person, especially young people, has a right to access the internet, but considering Louv's (2005) maxim: The more high-tech our lives become, the more nature we need, we should also call for right to access the nature in a healthy urban environment. New technologies will probably induce the creation of public spaces 2.0 then even the increasingly virtual world will not waive the real architecture but with spaces that challenge convention propel the cultural narrative. As Thomas (2013) says, CyberParks will be intelligent spaces embedded with sensors and computers. The central challenge remains how to use digital technologies to transform our cities into interactive landscapes and urban places, encouraging involvement and better social environments, supporting sustainability, responsibility, and knowledge about nature, people, and the city.

REFERENCES

- Bannwart, E. 1996. Virtuelle Räume und reale Erfahrung. *Telepolis*. www.heise.de/tp/druck/ob/artikel/6/6026/1.html . 24/07/2012.
- Berman, M. G., Jonides, J., & Kaplan, S. 2008. The cognitive benefits of interacting with nature. *Psychological Science*, 19(12), 1207–1212. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02225.x
- Carmona, M., Magalhães, C., Hammond, L. 2008. *Public space: the management dimension*. London: Routledge.
- Cervený, B. 2009. Civic Information System. <http://www.vurb.eu/2009/07/29/city-modeling> . Accessed 15/01/2013.
- COST- European Cooperation in Science and Technology. 2013. Action TU 1306. http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1306 July, 2014.
- De Chant, T. 2012. Urban trees reveal income inequality. <http://persquaremile.com/>. Accessed 10/08/2012.
- Enjolras B., Steen-Johnsen, K., Wollebæk, D. 2103. How do social media change the conditions for civic and political mobilization?. <http://www.academia.edu/1353639> Accessed 24/ 04/2013.
- Fetchenhauer, D. und Belschak, F. 2009. Cyberbullying in Chatrooms- Who are the victims? In *Journal of Media Psychology*.
- Firmino, R. J., Duarte, F. & Moreira, T. 2008. Pervasive Technologies and Urban Planning in the Augmented City. In *Journal of Urban Technology*, 15 (2): 77-93.
- Gehl, J. 1987. *Life Between Buildings: Using Public Space*. New York: Van Nostrand Reinhold
- Goheen, P. G. 1998. Public space and the geography of the modern city. *Progress in Human Geography* 22 4.: 479-496
- Graham, S. Ed. 2004. *The Cybercities Reader*. London: Routledge.
- Graham, S.; Auguri, A. 2007. Virtual Cities, Social Polarisation and the Crisis in Urban Public Space. In *Journal of Urban Technology*
- Habermas, J. 1990. *Strukturwandel der Öffentlichkeit*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Hampton, K.; Livio, O.; Sessions, L. 2009. The Social Life of Wireless Urban Spaces - Internet Use, Social Networks, and the Public Realm. In *Journal of Communication*, 60 (4): 701–722. DOI: 10.1111/j.1460-2466.2010.01510.x.
- Hampton, K. and Gupta, N. 2008. Community and Social Interaction in the Wireless City: Wi-Fi use in Public and Semi-Public Spaces. In *New Media & Society*, 106.
- Horrigan, J.; Rainie, L. 2012. When Facing a Tough Decision, 60 Million Americans Now Seek the Internet's Help. Pew Research Center Publications, <http://pewresearch.org> . Accessed 22/07/2012.
- Katzer, C. 2011. *Das Internet als Tatort: Cyberbullying und sexuelle Gewalt- Wer sind die Täter, wer wird zu Opfern?* Hannover: Landesstelle Jugendschutz Niedersachsen .
- Katzer, C. 2007. *Gefahr aus dem Netz- Der Internet-Chatroom als neuer Tatort für Bullying und sexuelle Viktimisierung von Kindern und Jugendlichen*. Dissertation. Köln: Universität Köln.
- Larsen, T. K. 2003. ICT in urban planning. www.plan.auc.dk/~torben . Accessed 05/05/2013.
- Louv, R. 2005. *Last Child in the Woods: Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder*. Algonquin: Books of Chapel Hill
- Meyrowitz, J. 1985. *No Sense of Place: The Impact of Electronic Media on Social Behavior*. New York: Kindle Edition.
- Parkinson, J. 2008. Symbolic representation in public space: capital cities, presence and memory. <http://www.johnrparkinson.net/>
- PPS - Project for Public Spaces, Inc. 2012. *Placemaking and the Future of Cities*. <http://www.pps.org>. Accessed on 22/04/2014.
- Rawlinson, C.; Guaralda, M. 2012. Chaos and creativity of play: designing emotional engagement in public spaces. In Brassett, J. et al (Eds). *Design and Emotion Conference. Out of control: Proceedings of 8th International* 1-12. London: University of the Arts London
- Smaniotto Costa, C., Hoyer, J. 2014. Why invest in Urban Landscapes? Impacts of European Research on Paradigm Shift in Urban Planning. Focus, In *Journal of the City and Regional Planning Department*, San Luis Obispo
- Smaniotto Costa, C. 2014. Can we change processes in our cities? Reflections on the role of urban mobility in strengthening sustainable green infrastructures. In *Journal of Traffic and Logistics Engineering*, 2, 2 141-155.
- Smaniotto Costa, C., Menezes, M., Mateus, D. 2014 How would tourists use Green Spaces? Case Studies in Lisbon. In *Project CyberParks*. Lisboa: Entretextos.
- Smaniotto Costa, C., & Schmitz, R. M. 2013. As modernas tecnologias de informação e comunicação e o espaço público Explorando as fronteiras de uma nova relação. In *Revista de Geografia E Ordenamento Do Território*, (3): 197–229.
- Smaniotto Costa, C. 2012. *Kommunikationstechnik im öffentlichen Raum - Beispiele für neue Interaktionen*. In *Stadt und Grün*
- Smaniotto Costa, C.; Steinmeier, G. 2012. 'A caça ao tesouro ao ar livre. Geocaching, uma oportunidade de lazer em espaços verdes'. São Paulo: Arqutextos www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqutextos/12.143/4332 Accessed on 07/04/2014.
- Souza e Silva, A. 2006. From cyber to hybrid: mobile technologies as interfaces of hybrid spaces. In *Space & Culture*, 9 (3): 261-278.
- Storck, M. 2011. 'The Role of Social Media in Political Mobilisation: a Case Study of the January 2011 Egyptian Uprising'. <http://de.scribd.com/doc/132230246> . Accessed 22/04/2014.
- Šuklje Erjavec, I. 2010. Designing an urban park as a contemporary user-friendly place. In Golicnik Marušić, B. & Nikšič, M. (Eds). *Human Cities - Celebrating Public Space*: 39-51. Oostkamp: Stichting Kunstboek.
- Thomas, S. 2013. *Technobiophilia: Nature and Cyberspace*. London: Bloomsbury
- Varna, G. and Tiesdell, S. 2010. Assessing the Publicness of Public Space: The Star Model of Publicness. In *Journal of Urban Design*
- Thompson, C. W. & Travlou, P. (Eds) 2007. *Open Space: People Space*. Abingdon: Routledge.

Um Estudo Exploratório Acerca da Segurança Contra Incêndio Numa Instituição Pública de Ensino Superior do Estado do Rio de Janeiro

Luciana Rezende Thomaz dos Santos

Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Mestrado em Engenharia Civil, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.
thomazluciana@yahoo.com.br

Joel de Araujo

Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Pesquisador do Grupo de Estudos Temáticos Ambientais (GETA) do Departamento de Biologia, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.
jaraujo0403@gmail.com

Orlando Celso Longo

Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Pós-Graduação em Engenharia Civil, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.
orlando.longo@gmail.com

ABSTRACT: This article refers to a study of the conditions of fire safety in the building of the Faculty of Business Administration and Accounting from Universidade Federal Fluminense. Its overall objective is to understand the conditions and fire safety, as specific: report them, contrasting with current standards and proposing - when necessary - alternatives to mitigate them. Instruments used: document analysis, interviews and semi-open script, along with department heads of departments and employees. The population served: students, teachers, servers and external audiences). Data analysis was conducted in according to relevant legislation and the results were scored item by item, with suggestions guided by the law and literature focused on the theme. The results indicate that there are many problems encountered in that building, such as: lack of equipment, fire escapes, signaling, among others. Some problems can be resolved with simple measures, but others require public budget to adapt existing buildings.

Keywords: Security, Fire, Panic, Prevention.

RESUMO: Este artigo refere-se a um estudo das condições de segurança contra incêndio no prédio da Faculdade de Administração e Ciências Contábeis da Universidade Federal Fluminense. Seu objetivo geral é conhecer as condições de segurança contra incêndio e, como específicos: relatá-las, contrastando com as normas, propondo – quando necessário - alternativas para mitigá-las. Instrumentos utilizados: análise documental, entrevistas e roteiro semi-aberto, aplicado a chefes de departamento, secretarias e funcionários. População beneficiada: alunos, professores, servidores e o público externo). A análise dos dados foi feita à luz da legislação pertinente e os resultados foram pontuados item a item, com sugestões pautadas na legislação e literatura voltados à temática. Os resultados indicam que muitos são os problemas encontrados naquele prédio, tais como: a falta de equipamentos, de escadas de incêndio, de sinalização, entre outros. Alguns problemas podem ser resolvidos com medidas simples, porém, outros necessitam de orçamento público para adaptar as construções já existentes.

Palavras-chave: Segurança, Incêndio, Pânico, Prevenção.

1. INTRODUÇÃO

O artigo apresenta um estudo acerca das condições de segurança contra incêndio numa Instituição de Ensino Superior, localizada na cidade de Niterói. Neste contexto, utilizou-se como

objeto de estudo o prédio da Faculdade de Administração e Ciências Contábeis da Universidade Federal Fluminense. Aborda-se aqui, os aspectos necessários para a segurança contra incêndio em prédios que foram construídos antes do Decreto-lei nº 247 de 21/07/1975.

Assim, através de uma avaliação técnico-científica (com base em documentos, registros fotográficos, vistorias, checklist, e entrevistas junto aos responsáveis dos setores envolvidos), o artigo busca evidenciar a importância em se adequar tais construções principalmente em virtude do número elevado de usuários que por aquele espaço circula, aí inclusos: docentes, discentes, servidores e comunidade local usuária dos serviços/projetos de extensão.

2. BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Constituição Federal de 1988, estabelece as competências em seu artigo 144, incisos e parágrafos o seguinte:

“Art. 144 - A segurança pública, dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, é exercida para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, através dos seguintes órgãos:

V – polícias militares e *corpos de bombeiros* militares...

§ 7º - A lei disciplinará a organização e o funcionamento dos órgãos responsáveis pela segurança pública, de maneira a garantir a eficiência de suas atividades.”

Com a criação do Decreto-lei no. 247 de 21/07/1975, o Corpo de Bombeiros passa a ter atribuições para realizar estudos, planejar, executar e fiscalizar normas referentes à segurança das pessoas e seus bens contra incêndio e pânico em todo o Estado do Rio de Janeiro.

O decreto 897 de 21 de setembro de 1976 regulamenta o decreto 247, que estabelece os requisitos básicos para as edificações. É o chamado COSCIP. Ele fixa os requisitos exigíveis nas edificações e no exercício de atividades no Estado do Rio de Janeiro.

O COSCIP trata da matéria referente às construções realizadas *após a sua data de criação*. Porém, como existem construções anteriores a ele, foi criado o decreto no. 35.671, de 09 de junho de 2004, que dispõe sobre a segurança nas edificações anteriores à vigência do COSCIP.

2.1. Classes de Incêndio

O COSCIP, no artigo 82, I a IV, classifica os tipos de incêndio em classes A, B, C e D, onde se identificam a construção como principalmente de Classe A (madeira, lixo, etc) e C (equipamentos elétricos).

2.1.1. Sistemas de Prevenção a Incêndio

O Sistema de prevenção de Incêndios no Rio de Janeiro é regulamentado principalmente pelas leis e normas do Corpo de Bombeiros do Rio de Janeiro, além das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pertinentes ao assunto.

2.1.2. Agentes Extintores

Segundo (Camillo Jr., 1999), os agentes extintores são substâncias químicas sólidas, líquidas ou gasosas, que são utilizadas na extinção de um incêndio, disposta em aparelhos portáteis de utilização imediata (extintores), conjuntos hidráulicos (hidrantes) e dispositivos especiais (sprinklers e sistemas fixos de CO₂). Os extintores podem ser divididos em *portáteis* (operados por um único indivíduo), ou *carretas* (quando sobre rodas) exigindo dois ou mais operadores.

2.1.3. Quantidade de Extintores

O artigo Art. 84 do COSCIP especifica que a quantidade de extintores será determinada no Laudo de Exigências, obedecendo, em princípio, a tabela de classificação de risco em relação à quantidade de extintores.

2.1.4. Localização e Sinalização dos Extintores

O COSCIP em seu art. 85, determina que a localização dos extintores levará em consideração o seguinte:

- I – A probabilidade de o fogo bloquear o seu acesso deve ser a mínima possível;
- II – Boa visibilidade, para que os possíveis operadores fiquem familiarizados com a sua localização;
- III – Os extintores portáteis deverão ser fixados de maneira que nenhuma de suas partes fique acima de 1,80m (um metro e oitenta centímetros) do piso;
- IV – A sua localização não será permitida nas escadas e antecâmaras das escadas;
- V – Os extintores sobre-rodas deverão sempre ter livre acesso a qualquer ponto da área a proteger;
- VI – Nas instalações industriais, depósitos, galpões, oficinas e similares, os locais onde os extintores forem colocados serão sinalizados por círculos ou setas vermelhas. A área de 1m² (um metro quadrado) do piso localizada abaixo do extintor será também pintada em vermelho e, em hipótese alguma, poderá ser ocupada; e ainda só serão aceitos os extintores com selos em conformidade com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), seja de vistoria ou de inspeção conforme as datas de vigência.”

2.1.5. Hidrantes

Segundo (CAMILLO JR, 1999), são três os tipos de hidrantes: os de coluna e os de parede e os subterrâneos.

Os *hidrantes de coluna* e os subterrâneos são localizados na parte externa do prédio, calçada e são ligados pela parte subterrânea. Já os de *coluna* ficam dentro das instalações do prédio e são abastecidos através de tubulações que saem da caixa d'água ou cisterna.

2.1.6. Saída de Emergência

A NBR 9077 de 2001 define os tipos de escadas existentes: escada de emergência; escada à prova de fumaça pressurizada; escada enclausurada à prova de fumaça; escada enclausurada protegida; e escada não enclausurada ou escada comum.

A NBR 9077/2001, estabelece as medidas e os equipamentos que as escadas de emergência devem possuir para um adequado e seguro escape.

2.1.7. Sistema de Iluminação de Emergência

O sistema de iluminação de emergência é tratado pela NBC 10898.

2.1.8. Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio

Conforme (SEITO, 2008, p. 201), o sistema de detecção e alarme de incêndio é um conjunto de equipamentos destinados a gerar um alarme ou uma ação automática de extinção quando um de seus componentes entrar em atuação em função de um princípio de incêndio.

2.1.9. Sistema de Brigada de Incêndio

O Decreto nº 35.671 de 09 de junho de 2004, estabelece entre outros, em seu art. 2º, inciso IV, que as edificações escolares cuja altura exceda a 30 metros ao nível do logradouro público ou

da via interior licenciadas ou construídas antes do referido Decreto deverão ser dotadas de rede de chuveiros automáticos do tipo “sprinkler” além de brigada de incêndio.

A Resolução SEDEC nº 279 de 11/01/2005 estabelece as definições dos tipos de brigada assim como o seu dimensionamento de acordo com o tipo de edificação prescrito em tabela anexa à Resolução.

2.1.10. Sistema de Controle de Fumaça

A NBR 11836 de 1992 estabelece as condições técnicas mínimas, métodos de ensaios e critérios de comportamento exigíveis a detectores automáticos de fumaça do tipo pontual. Assim como a NBR 14880 de 2002 trata das saídas de emergência em edifícios – escadas de segurança – controle de fumaça por pressurização.

2.1.11. Sistema de Chuveiros Automáticos

Seito (2008, p. 265), o sistema de *Sprinklers* e o controle de fumaça atuam diferentemente. O sistema de sprinklers controlará o tamanho do incêndio, assim reduzindo a quantidade de fumaça gerada. Recomenda sua utilização junto com os exaustores de fumaça.

2.1.12. Sinalização de Emergência

A NBR 13434-2 de 2004– descreve as formas, dimensões e cores para a padronização de sinalização de segurança contra incêndio e pânico.

2.1.13. Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

De acordo com a NBR 5419 de 2005, “...é um sistema que consiste em subsistema de captores, subsistema de condutores de descida e subsistema de aterramento.”

3. MÉTODOS

A área geográfica da pesquisa está localizada no Município de Niterói – Estado do Rio de Janeiro – e, o objeto de estudo foi o prédio da Faculdade de Administração e de Ciências Contábeis da Universidade Federal Fluminense, localizado no Campus do Valonguinho. Aloca os seguintes cursos: Administração, Ciências Atuariais, Ciências Contábeis, Empreendedorismo, Hotelaria, Nutrição, Odontologia e Turismo, além de diversos cursos *latu e strictu-sensu*. Buscou-se investigar no referido prédio, não somente a existência de equipamentos de segurança, como também, a sua adequação às normas existentes voltadas à garantia dos usuários no quesito incêndio-pânico, uma vez que cerca de 1000 pessoas utilizam o prédio no horário diurno e no horário noturno tem-se o número aproximado de 1640 pessoas. Tal fato deve ser evidenciado devido a grande quantidade de pessoas ali presentes e o risco a que possam estar expostas. A Coleta de dados teve uma duração de 146 horas. Quanto aos instrumentos utilizados, fez-se uso de fontes primárias (entrevistas, aplicação de um roteiro semi-aberto e registros fotográficos da edificação e seus equipamentos de segurança) e de fontes secundárias (análise documental, pesquisa bibliográfica e em redes eletrônicas). As informações são originárias dos dados fornecidos pelos atores envolvidos. No caso em tela, os coordenadores, diretores dos cursos e outros respondentes por eles designados que foram importantes para o resultado da presente pesquisa. A população e a amostra pesquisada está circunscrita aos diretores e coordenadores assim como pessoas por eles designadas. As entrevistas e o roteiro semi-aberto foram diretamente voltados ao atendimento das exigências dos objetivos da pesquisa

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados encontrados foram divididos por itens encontrados e confrontados com a legislação de segurança contra incêndio conforme itens a seguir.

4.1 Acessos

Os acessos em alguns andares *estão obstruídos* com móveis, plantas, blindex e grades (figuras 1 e 2). A Norma Brasileira NBR 9077/1993 no item 4.5.1.2 recomenda que os acessos devem permanecer livres de obstáculos (móveis, divisórias, etc.) mesmo quando o prédio esteja supostamente fora de uso. Os acessos obstruídos dificultam a passagem das pessoas em caso de escape.



Figura 1: Corredor do 4º andar. Fonte: Santos et al, 2014, pág. 75 Figura 2: Grade nos corredores. Fonte: Santos et al, 2014, pág. 71.

4.2 Alarme de incêndio, brigada de incêndio, Sprinklers, iluminação de emergência, sistema automático de detecção e sinalização

A utilização do prédio no horário diurno é mais intensa nos andares mais baixos (até o 5º. andar). Cerca de pelo menos 1000 pessoas transitam neste horário (sem contar com a comunidade que se utiliza dos serviços lá prestados), enquanto que no horário noturno são utilizados os andares mais altos (do 6º. Ao 8º.) com cerca de 1640 pessoas entre docentes, discentes e servidores. Aos sábados funcionam vários cursos de especialização e mestrado no horário diurno.

Não existe nenhum dos itens deste quesito no prédio em estudo. Como os andares até o quinto andar ficam fechados no período noturno e aos sábados, a percepção do risco pela população que está acima destes (sexto ao oitavo) poderá ser tardia em caso de necessidade de escape. Isso porque muitos ficam em laboratórios e salas de aula, o que faz com que numa situação de emergência fique difícil avisar a todos rapidamente.

O prédio enquadra-se no artigo 2º. do Decreto 35.671/2004, que informa que as edificações acima de 30 metros devem possuir Brigada de Incêndio além de Sprinklers.

Não existem luzes de emergência nem de sinalização. Em caso de falta ou desligamento da energia do prédio, não é possível transitar pelo local (principalmente pelas escadas). A NBR 10898, que estabelece os requisitos mínimos para sistemas de iluminação de emergência e a NBR 13434-2 – descreve as formas, dimensões e cores para a padronização de sinalização de segurança contra incêndio e pânico, o que não é atendido naquele prédio.

Não existe sistema de detecção. Assim, em caso de incêndio - nos horários em que o prédio está vazio ou à noite onde somente funcionam os andares superiores (6º. ao 8º.) – se houver um incêndio nos andares inferiores, somente após algum tempo é que será percebido pela segurança local que fica na parte externa do prédio ou pelos usuários que estejam no momento . Por ser um prédio antigo, o artigo 1º do Decreto 35.671/2004 exige a instalação de alarme de incêndio para prédios anteriores ao decreto acima.

4.3 Escada Enclausurada

A largura da escada é de 1,84m e possui *somente um corrimão* (figura 3). Em alguns pontos do corrimão visualiza-se a *descontinuidade da madeira* deixando exposto o ferro que se encontra

com ferrugem. O COSCIP em seu art. 183 inciso VII, obriga a utilização de corrimão e o inciso VIII que tenha mais de um corrimão quando a distância da escada for maior que 1,80m. O item 4.8.2.3 da NBR 9077/2001 estabelece que os corrimãos devem ser projetados de forma a serem agarrados fácil e confortavelmente, permitindo um contínuo deslocamento da mão ao longo de toda a extensão, sem encontrar quaisquer obstruções, arestas ou soluções de continuidade.

O chão é constantemente encerado e não possui nenhuma faixa antiderrapante. Não possui abertura para ventilação nem tampouco iluminação de emergência. A NBR 9077/1993 em seu item 4.7.1 g determina que as escadas devem possuir pisos em condições antiderrapantes.

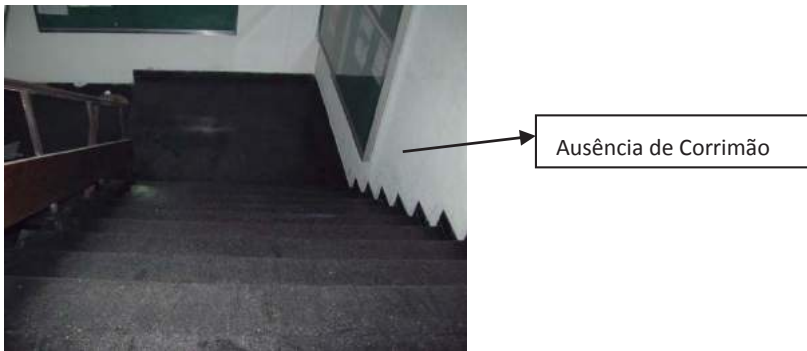


Figura 3: Escadas do prédio. Fonte: Santos et al, 2014.

As portas dos andares são do tipo corta-fogo. Porém *não dispõem de dispositivos de fechamento*. Ficam permanentemente abertas. No quinto andar a porta está encostada na parede (figuras 4 e 5). O art. 200 do COSCIP diz que as portas do tipo corta-fogo leve deverão ser providas de dispositivos mecânicos e automáticos de modo a permanecerem fechadas, porém, destrancadas. Assim como a NBR 9077 /2001 no item 4.5.4.4 estabelece que as portas das escadas devem ser providas de dispositivos mecânicos e automáticos, de modo a permanecerem fechadas, mas não trancadas, no sentido do fluxo de saída, sendo admissível que se mantenham abertas, desde que disponham de dispositivo de fechamento, quando necessário.

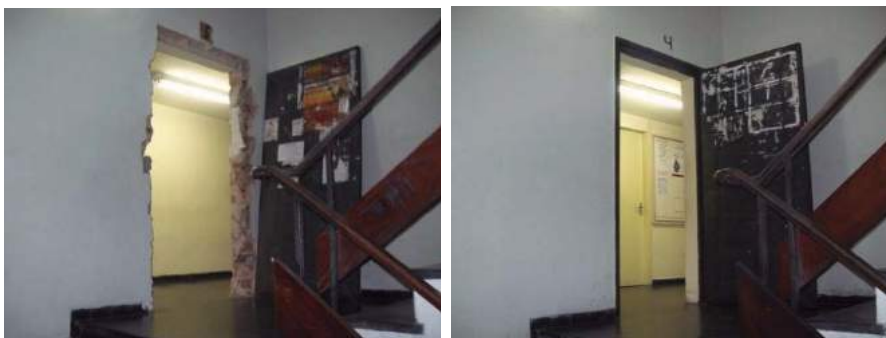


Figura 4: Porta corta-fogo do 5º andar. Fonte: Santos et al, 2014, pág. 110. Figura 5: Porta corta-fogo do 4º andar. Fonte: Santos et al, 2014, pág. 110.

4.4 Escada de Emergência

Não existem escadas de emergência. A única escada do prédio fica localizada na parte central, atrás dos elevadores, conforme pode-se observar na planta baixa de um dos andares (figura 6). De acordo com a tabela 7 da NBR 9077/1993, o número de escadas exigido para ocupação classe E1 com área de pavimento maior que 750m², é de no mínimo duas.

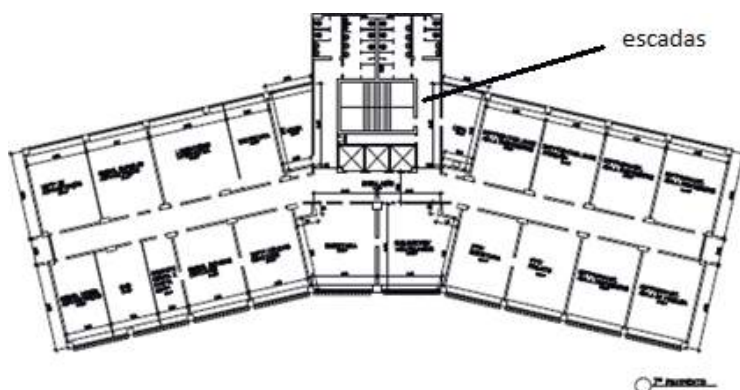


Figura 6: Planta baixa do 7o. pavimento. Fonte: Adaptado de SAEN

4.5 Extintores e Hidrantes de Coluna

Existem *três tipos de extintores* distribuídos (Água 11 unidades, CO₂ 7 unidades e Pó Químico 2 unidades). Com relação à distância dos extintores, o prédio está enquadrado como risco pequeno, conforme observa-se na Tabela 3 do artigo art. 84 do COSCIP. Em todos os andares os extintores estão fora da validade de recarga. Alguns estão incompletos, fora de sua localização normal (no chão, com obstáculos dificultando seu acesso ou em locais pouco visíveis) figuras 7 a 9. Conforme foi informado pelo setor que administra este serviço o contrato encontra-se vencido e estão providenciando nova licitação. A figura 7 demonstra que o vencimento não é recente, o que é muito perigoso. A NBR 12962/1998 no item 4.1.2 trata da frequência das inspeções.



Figura 7: Validade da carga vencida. Fonte: Santos et al, 2014. Figura 8: Extintor localizado no 3º andar. Fonte: Santos et al, 2014. Figura 9: Extintor atrás das estantes. Fonte: Santos et al, 2014.

Nesta edificação existem hidrantes de paredes, num total de 8, sendo 1 (hum) por andar. Todas as caixas estão sem os equipamentos necessários para sua utilização figuras (10 a 12) e as caixas são pintadas em vermelho, mas não tem a indicação de INCÊNDIO. Não possuem vidro ou estão quebrados em alguns casos figura (10), conforme exige o art. 28 do COSCIP. Não se pode afirmar sobre as condições de funcionamento da tubulação nem se existe reserva técnica. Também não foi possível confirmar a falta de um sistema de acionamento das bombas em caso de incêndio.

A maioria dos abrigos é utilizada para guardar materiais de limpeza, lixo, latas de tintas, etc. figuras (10 e 11), o que vai de encontro ao que é exigido na NBR 13714/1998, no item 4.7.4 que diz que os abrigos não devem ter outro uso além daquele indicado na Norma. Algumas caixas ficam trancadas por meio de grades nos corredores, impedindo seu uso em caso de incêndio figura (12). Tal situação está em desacordo com os Itens 2.1.1 – c e C.2.2-a do item acima onde informam que os hidrantes devem estar desobstruídos e sinalizados.



Figura 10: Caixa de hidrante - térreo: Madeira no Interior. Fonte: Santos et al, 2014. Figura 11: Interior do hidrante no 5º andar. Fonte: Santos et al, 2014. Figura 12: Hidrante trancado. Fonte: Santos et al, 2014.

4.6 Pára-Raios

O cabo do sistema de para-raios *passa junto a uma tubulação que parece ser de energia elétrica na lateral esquerda do prédio* (Figura 13). Próximo ao seu aterramento foram encontradas madeiras e um aparelho de ar condicionado (figuras 14 e 15). O COSCIP em seu artigo Art. 165 exige que o cabo de descida ou escoamento dos para-raios deverá passar distantes de materiais de fácil combustão e de outros onde possa causar danos.



Figura 13: Sistema de Pára-raios. Fonte: Santos et al, 2014. Figura 14: Aterramento do Pára-raios. Fonte: Santos et al, 2014. Figura 15: Ar condicionado ao lado do pára-raios. Fonte: Santos et al, 2014.

5 CONCLUSÕES

No presente estudo vários fatores foram observados:

5.1 Acessos

Com relação ao que foi verificado no item 4.1 deste artigo e observando o quantitativo de pessoas usuárias deste prédio, recomenda-se: 1 - a retirada dos materiais como também a orientação da administração dos cursos sobre a importância de sua desobstrução; 2 – a abertura total das grades durante os horários de funcionamento do prédio; e 3 - a abertura das portas blindex em direção às saídas.

5.2 Alarme de Incêndio, Brigada de Incêndio, Sprinklers, Iluminação de Emergência, Sistema Automático de Detecção e Sinalização

Pelo fato de não existirem nenhum dos itens citados, recomenda-se que sejam tomadas providências no que tange suas instalações e criações.

Outro ponto extremamente relevante é a sinalização. Recomenda-se a instalação de placas e faixas fotoluminescentes em todos os andares e escadas. Indicativas do andar nas portas corta-

fogo, indicativas das saídas de emergência nos corredores, sinalização dos equipamentos (extintores, hidrantes). Os rodapés podem ser pintados com tinta fotoluminescente ou utilizar faixas fotoluminescentes para demarcação do corredor e das saídas. Os degraus devem ter faixas antiderrapantes e fotoluminescentes

Nos elevadores, acima do botão para acionamento, deve-se colocar uma placa proibindo sua utilização em caso de emergência. É recomendável também sinalização de proibido fumar em todos os andares.

5.3 Escada Enclausurada

Alguns problemas devem ser tratados, como a descontinuidade do corrimão, a instalação de outro corrimão na escada, a recomendação para a equipe de limpeza não encerar os degraus, a instalação de iluminação de emergência, assim como a colocação de faixas antiderrapantes nos degraus. Recomendamos ainda a devida instalação de um sistema de fechamento das portas corta-fogo assim como a recolocação da que está fora do lugar.

5.4 Escada de Emergência

Recomenda-se a instalação de escadas externas de emergência, se possível no final dos corredores (figura 16).

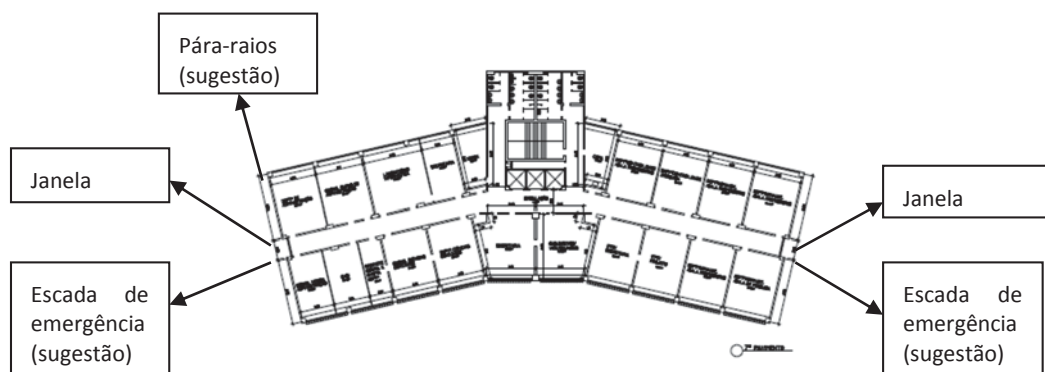


Figura 16: Sugestão para instalação de escadas de emergência. Fonte: Santos et al, 2014, pág. 119.

5.5 Extintores e Hidrantes de Coluna

Recomenda-se a imediata licitação para ambos os casos, assim como não permitir que contratos fiquem vencidos, a substituição/reposição de alguns componentes como lacre, mangueiras, esguichos, etc., a desobstrução de alguns extintores e hidrantes e também a recolocação em locais de fácil acesso, com a devida sinalização.

5.6 Pára-Raios

Recomenda-se que seja feita uma verificação/inspeção por especialistas, com relação aos riscos apontados e instruir os gestores do perigo de se acomodar materiais próximos a este sistema. Em havendo possibilidade, recomenda-se a mudança dos cabos de aterramento do sistema de pára-raios para futura acomodação das escadas de emergência nas laterais do prédio, conforme sugerido na figura 16.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 5419 Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas*, 2005. 42p. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 9077 Saídas de Emergência em Edifícios*. Rio de Janeiro, 2001. 35p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10898 Sistema de iluminação de emergência*, 1999.24p. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 11836 Detectores Automáticos de Fumaça para Proteção contra Incêndio*. 1992. 40P.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 12962/1998: Inspeção, Manutenção e Recarga em Extintores de Incêndio – Procedimento*. 1998. 4p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13434-2: Sinalização de segurança contra incêndio e pânico - Parte 2: Símbolos e suas formas, dimensões e cores*, 2004. 19p. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13714: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio*, 2000. 25p. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 14880: Saídas de emergência em edifícios - Escadas de segurança - Controle de fumaça por pressurização*, 2002. 12p. Rio de Janeiro

Brasil. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, Senado.

Camillo JR, Abel Batista. 1999. *Manual de Prevenção e Combate a Incêndios*. São Paulo: Editora SENAC 15ª Edição.

Código De Segurança Contra Incêndio E Pânico Do Estado Do Rio De Janeiro – COSCIP, 2001. Decreto 247 de 1975. Rio de Janeiro.

Rio De Janeiro. Decreto nº 35671 de 09 de junho de 2004. Dispõe sobre a segurança contra incêndio e pânico nas edificações construídas anteriormente à vigência do Decreto nº 897 de 21 de setembro de 1976 e dá outras providências. Disponível em:

http://www.cbmerj.rj.gov.br/novo/legislacoes/Decretos_Estaduais/Dec_Est_N_35671.pdf

Santos, Luciana R T dos. et al. *Segurança e Gestão Ambiental: Um Estudo Exploratório Acerca da Segurança Contra Incêndio e Conforto Ambiental*. 2014. 140 f. Dissertação Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense 2014. Rio de Janeiro.

Secretaria De Estado Da Defesa Civil. Resolução SEDEC nº 279, de 11 de Janeiro de 2005. Rio de Janeiro, 2005.

Disponível em:

<[http://www.defesacivil.rj.gov.br/documentos/coscip/Resolucao_SEDEC_%20Nr_279, de 11 de Janeiro de 2005 Dispos_e_a_Avaliacao_e_a_Habilitacao_do_Bombeiro_Profissional_Civil.pdf](http://www.defesacivil.rj.gov.br/documentos/coscip/Resolucao_SEDEC_%20Nr_279,_de_11_de_Janeiro_de_2005_Dispos_e_a_Avaliacao_e_a_Habilitacao_do_Bombeiro_Profissional_Civil.pdf)>

Seito, Alexandre I., et al. 2008. *A Segurança contra incêndio no Brasil*. São Paulo: Projeto Editora.

Democratizando estratégias de gestão urbana: o exemplo das Zonas de Proteção Ambiental em Natal/Brasil

Ruth Maria da Costa Ataíde

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Arquitetura, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

rataide_58@hotmail.com

Miss Lene Pereira da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

misslenep@gmail.com

Ana Claudia de Sousa Lima

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Pesquisadora colaboradora do grupo de Pesquisa ECO-HABITAT Arquitetura e Urbanismo, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

anasousalima@gmail.com

Rosa de Fátima

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Pesquisadora colaboradora do grupo de Pesquisa ECO-HABITAT Arquitetura e Urbanismo, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

rosa.urbanismo@gmail.com

ABSTRACT: In accordance with the national context, the city of Natal (Rio Grande do Norte-Brazil) has, since the 1990s, made efforts to effect urban planning joint actions with social housing and environmental protection. In this process emphasize the regulatory mechanisms provided for in the Master Plan, including those applied to democratic management, environmental protection and compliance with its social and environmental function, from which we established a macro-zoning which defines the spaces more and less suitable for occupation ground. The Master Plan stands out to the Environmental Protection Zones, occupying approximately 37% of the territory of the city and whose regulatory processes are still in development and public discussion. This article addresses the descriptive method and analyzes these processes, considering the involvement of different social actors, conflicts and institutional capacity; finally identifies the major advances in efforts to realization of environmental management of Master Plan.

Keywords: Urban Management, Areas of Environmental Protection, Natal/RN - Brazil.

RESUMO: Em consonância com o contexto nacional, o município de Natal (Rio Grande do Norte -Brasil) tem, desde a década de 1990, empreendido esforços para efetivar ações de planejamento urbano articuladas com as de habitação social e proteção ambiental. Nesse processo destacam-se os mecanismos de regulação previstos no Plano Diretor, entre eles os aplicados a gestão democrática, à proteção ambiental e ao cumprimento da sua função socioambiental, a partir das quais foi estabelecido um macrozoneamento que delimita os espaços mais e menos adequados à ocupação do solo. Neste ganham relevo as Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs), que ocupam aproximadamente 37% do território e cujos processos de regulamentação encontram-se ainda em fase de elaboração e discussão pública. O presente artigo aborda o método descritivo e analisa tais processos, considerando o envolvimento de diferentes atores sociais, os conflitos e competências institucionais; por fim, identifica os principais avanços nos esforços para efetivação dos instrumentos de gestão ambiental do Plano Diretor.

Palavras-chave: Gestão Urbana, Zonas de Proteção Ambiental, Natal/RN - Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Desde a última década do século XX o município de Natal, localizado no estado do Rio Grande do Norte, região Nordeste do Brasil, tem empreendido esforços para efetivar ações de planejamento urbano articuladas com as de habitação social e proteção ambiental, as quais se tornam visíveis na elaboração/aprovação de seu marco normativo urbanístico, em especial o Plano Diretor instituído pela Lei 07/1994 (Natal 1994). Tais ações se inscrevem no campo dos direitos humanos, sociais e ambientais estabelecidos pelo marco insitucional do país em vigor pela Constituição Federal de 1988 e pelo Estatuto da Cidade de 2001.

Desde a sua aprovação, este Plano Diretor tem sido objeto de várias atualizações e revisões, sendo a última realizada no ano de 2007, que resultou na Lei 082/2007. Nessa Lei o Plano mantém a base conceitual do seu antecessor, que se fundamenta no princípio da sustentabilidade do ambiente construído, desde a perspectiva urbana e ambiental. Entre as estratégias de gestão nele reafirmadas destacam-se a gestão democrática da cidade, a proteção ambiental e o cumprimento da função socioambiental do lugar. Além disso, em sintonia com o marco normativo nacional, estabeleceu um sistema de gestão dos processos de decisão que reafirma e amplia a participação social no planejamento municipal.

A partir desses mecanismos e considerando a vulnerabilidade socioambiental do território foi estabelecido um macrozoneamento que delimitou os espaços mais ou menos adequados à ocupação do solo. Neste zoneamento ganham relevo a delimitação das Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs), fundamentada no reconhecimento dos direitos de todos os cidadãos à cidade e ao meio ambiente equilibrado. Entretanto, o controle da ocupação humana nos espaços delimitados como ZPAs, que correspondem a aproximadamente 37% do território municipal, continua pendente das suas respectivas regulamentações, cujos processos encontram-se ainda em fase de elaboração e discussão pública.

Cabe salientar que esse ambiente normativo se defronta com a natureza dos processos de ocupação do solo desses espaços, alguns com ações antrópicas avançadas, historicamente consolidadas, expressas nos processos formais ou informais, de onde emergem diversos conflitos socioambientais. No caso de Natal, tal cenário de conflitos revela-se como uma das características da sua paisagem, fato que dificulta a mediação para o reconhecimento de direitos sociais e econômicos, sem comprometer o meio ambiente.

O presente artigo, objetiva analisar tais processos, considerando o envolvimento dos diferentes atores, os conflitos de interesses e as competências institucionais que emergiram durante os debates públicos. Para tanto, adotamos como procedimentos metodológicos a análise dos conteúdos normativos relativos ao sistema de gestão democrática presentes nos Planos Diretores e das estratégias adotadas pelo município para a sua efetivação, tomando como referência o esforço de regulamentação das ZPAs. Nesse contexto evidenciamos dois momentos distintos: O primeiro, de forma resumida e introdutória, que se desenvolveu logo após aprovação do Plano Diretor de 1994 e resultou na regulamentação de cinco ZPAs. O segundo, desencadeado a partir do Plano de 2007, e que se desenvolveu em dois momentos: um isolado, referente à ZPA7 e um em bloco envolvendo um processo de regulamentação de quatro ZPAs e de revisão de outras duas já regulamentadas. A discussão desses processos realça em especial as dificuldades institucionais de efetivar e consolidar o sistema de gestão aplicado a esses processos, assim como de lidar com os conflitos que lhe são inerentes.

1.1 O município de Natal no processo de Planejamento

Discutir as estratégias de democratização da gestão urbana no município de Natal a partir da efetivação (ou não) do novo desenho do seu marco normativo urbano e ambiental pressupõe a compreensão da sua inserção no contexto das iniciativas nacionais para a sua efetivação, as quais estão em sintonia com os debates e outras iniciativas governamentais mundiais sobre o

redirecionamento do modelo de desenvolvimento urbano e territorial. De fato, desde a segunda metade dos anos 1980 e da entrada em vigor do Estatuto da Cidade, discutido na década de 1990 e aprovado em 2001, a sociedade brasileira instituiu como premissa básica da política urbana, a necessidade de incorporar a sustentabilidade urbana e ambiental em todas as suas dimensões como sua principal diretriz. Esta orienta para a democratização do acesso ao solo urbano com a garantia da “proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico” (Brasil 2001).

No município de Natal (Fig.1) a efetivação dessas premissas e diretrizes tem posto em evidência as dificuldades de articulação entre as matrizes discursivas das políticas ambientais e urbanas, assim como a natureza da ação dos agentes que produzem e consomem o espaço e que expressam diferentes interesses. Estes têm se evidenciado no processo de construção e revisão do seu marco regulatório urbanístico e ambiental, iniciado na década de 1990, entre eles, o Código do Meio Ambiente de 1992 e o Plano Diretor de 1994, com destaque para os conteúdos das propostas de regulamentação das Zonas de Proteção Ambiental (ZPAs).

Para compreender a natureza dessas dificuldades e dos conflitos, faz-se mister contextualizar as especificidades físico-ambientais, urbanísticas e paisagísticas do município, que está situado em um sítio geográfico de notável fragilidade socioambiental e características singulares. Entre essas se ressalta presença de ecossistemas primitivos como dunas, vegetação de mangues, matas e restingas, além de uma diversidade de corpos d’água, que inclui as lagoas e os rios no seu interior e o Oceano Atlântico na sua margem leste (Fig. 1). A singularidade dessas unidades geoambientais no território fica mais evidenciada com a presença destacada do Rio Potengi, incluindo o encontro da sua foz com o oceano. Este Rio divide o território em dois setores: de um lado, a Região Administrativa Norte (RANorte); de outro, ao sul do rio, as outras três regiões do município (Fig. 1). No contexto metropolitano Natal conecta-se com os municípios de Extremoz, São Gonçalo do Amarante e Parnamirim.

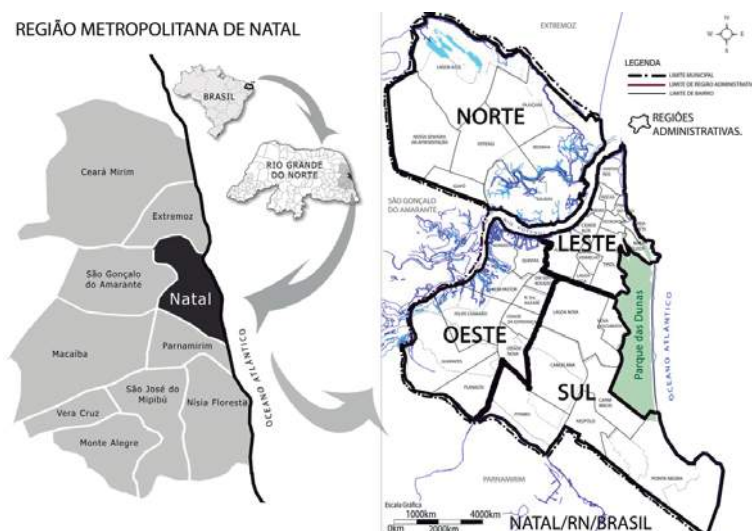


Figura 1. Localização Geográfica do Município. Fonte: Natal 2007, modificado pelas autoras, 2015.

Cabe salientar que grande parte das fragilidades socioambientais atualmente existentes no município, muitas delas concentradas nas ZPAs, são decorrentes de um processo histórico de ocupação do solo, que se acelerou a partir da década de 1970. Por outro lado e em decorrência disso, o debate sobre a necessidade de proteção à paisagem e dos componentes ambientais referidos têm estado na agenda dos movimentos sociais (comunitários e ambientalistas) desde finais da década de 1980, quando a ação do capital imobiliário nas faixas litorâneas, associada ao crescimento do turismo ficou mais acelerada. Desde então, Natal tem sido cenário de diversos conflitos, cujos conteúdos evidenciam as dificuldades de conciliação entre os interesses do crescimento urbano, apoiados nos interesses econômicos ou nas necessidades social por

moradia; e de outro, a necessidade da proteção ambiental. Entre as preocupações dos movimentos sociais e das estruturas governamentais sobre a degradação do meio ambiente destacam-se as elevadas taxas de impermeabilização do solo, a contaminação das águas subterrâneas que abastecem a cidade e sua Região Metropolitana, e de outros corpos d'água, os alagamentos nas áreas vulneráveis, a erosão costeira, entre outros. Além de estarem presentes nas agendas dos movimentos sociais, essas preocupações também foram destacadas no "Plano de Desenvolvimento Sustentável para Natal e sua região metropolitana" elaborado em 2008, mas nunca efetivado. Nesse contexto se insere o marco normativo urbanístico e ambiental do município em construção/consolidação desde 1994, cujo zoneamento territorial reconhece as fragilidades ambientais e a necessidade da proteção das áreas implicadas. As estratégias desenvolvidas para a efetivação dessa proteção, que ainda estão em curso e têm provocado reações dos movimentos sociais, constituem o objeto de discussão da próxima seção.

2 AS ZONAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL: CONTEXTO NORMATIVO MUNICIPAL

Consolidado pelo Estatuto da Cidade (Brasil 2001), a inserção do instrumento Zonas de Proteção Ambiental no marco normativo de Natal introduziu avanços significativos no sistema de planejamento e gestão municipal, em especial na proteção das áreas mais vulneráveis e que estavam em processo (ou sob ameaça) de degradação. Considerado como um instrumento de gestão urbana inovador no país, o Plano Diretor de Natal de 1994 (Natal 1994) incorporou as diretrizes constitucionais de democratização do acesso a terra e à cidade, assegurando, entre outros direitos, a ampla participação popular na gestão do território e a proteção do meio ambiente como prerrogativas essenciais à efetivação do direito à cidade sustentável.

Salienta-se, entretanto, que o impulso do marco legal de 1994 no campo da proteção ambiental não foi desvinculado do processo histórico. Conforme referido na introdução do artigo havia, pelo menos, duas décadas que o movimento social demandava ações institucionais efetivas nessa dimensão do planejamento territorial especialmente, a partir do debate que se instalou na cidade sobre os impactos da construção via Costeira nos finais da década de 1970. Como resultados dessa discussão destacam-se a instituição do Parque das Dunas em 1977, que teve o seu plano de Manejo aprovado em 1989 e as referências incluídas no Plano Diretor de 1984 (Natal 1984) aplicadas à proteção das unidades naturais de grande vulnerabilidade ambiental e da paisagem. Segundo Duarte, 2011, alguns estudos também identificam o nascedouro dessas ideias no Plano Diretor no Município de Natal de 1974 (Natal 1974), nas referências sobre as áreas prioritárias de "fragilidade ambiental". Segundo Ataíde *et al*, 2013, apesar de ser considerado tímido e pouco eficaz no efetivo controle ambiental do município, este Plano colocou em evidência a função de alguns desses espaços na paisagem natalense e no equilíbrio dos ecossistemas (dunas, mangues e outros) presentes no município e os incorporou ao seu zoneamento funcional, classificando o atual Parque das Dunas e o Morro do Careca como Zonas de Preservação Permanente. A maioria dos espaços delimitados como ZPAs no Plano Diretor de Natal/1994, posteriormente regulamentadas e ou delimitadas no Plano Diretor de 2007, já constavam do zoneamento do Plano anterior.

Segundo o Plano Diretor vigente, em seu artigo 17 (Natal 2007) as ZPAs integram o seu macrozoneamento e, como um dos seus eixos estruturantes, se aplicam as "áreas na qual as características do meio físico restringem o uso e a ocupação visando à proteção, manutenção e recuperação dos aspectos ambientais, ecológicos, paisagísticos, históricos, arqueológicos, turísticos, culturais, arquitetônicos e científicos do município." O macrozoneamento vigente orienta-se por uma classificação do controle de ocupação do solo em dois níveis: o macro e micro. No nível macro, estabelece três zonas sendo duas passíveis de ocupação mais e menos flexíveis: Zona adensável e Zona de adensamento básico, e a Zona de Proteção Ambiental (ZPA) aplicada às frações territoriais de elevada fragilidade ambiental; e no nível micro as Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS) aplicadas às frações territoriais de elevada precariedade

urbanística e de vulnerabilidade social e econômica. Nesse sentido, as Zonas de Proteção Ambiental, conforme destaca Ataíde *et al*, 2013, compreende um tecido urbano descontínuo, representado por dez parcelas territoriais que guardam as características referidas, estando distribuído em todas as regiões administrativas do município.

Sobre a distribuição desses espaços no município (Tab. 1), observa-se uma maior concentração na RANorte que abriga duas das maiores ZPAs (setor A da ZPA8 e ZPA9), ocupam, respectivamente, 9,41% e 4,35% do seu território; e o Parque das Dunas (ZPA2), que se expande pelas RAs Leste e Sul e ocupa sozinho 6,41%. Vale destacar, ainda, os espaços delimitados pelas ZPA1 e ZPA4, localizados de forma parcial ou total na RA Oeste, que ocupam 8,20%. Somadas, as superfícies dessas ZPAs, correspondem 36,81% da superfície do município.

Tabela 1. As ZPAs no território municipal e estado das regulamentações (março de 2015)

ZPAS	ÁREA DAS ZPAS		ÁREA DAS ZPAS / SUPERFÍCIE DO MUNICÍPIO (%*)	REGIÕES-RAS/BAIRROS ENVOLVIDOS
	(ha)*	%		
ZPAS REGULAMENTADAS				
ZPA 1	703,39	11,34	4,17	RA Oeste e Sul / Cidade Nova, Candelária e Pitimbu
ZPA 2	1.080,17	17,41	6,41 (Parque das Dunas)	RA Leste e Sul / Mãe Luíza, Tirol, Nova Descoberta, Lagoa Nova, Capim Macio e Ponta Negra
ZPA 3**	151,13	2,44	0,90	RA Sul / Pitimbu
ZPA 4**	649,55	10,47	3,85	RA Oeste / Felipe Camarão, Guarapes e Planalto.
ZPA 5	191,07	3,08	1,13	RA Sul / Ponta Negra.
ZPAS NÃO REGULAMENTADAS / EM PROCESSO DE REGULAMENTAÇÃO				
ZPA 6	363,17	5,85	2,15	RA Sul / Ponta Negra
ZPA 7	107,04	1,73	0,64	RA Leste Santos Reis
ZPA 8	2.209,71	35,61	13,11	RA Norte e Oeste/Potengi, Redinha e Salinas, Quintas, Nordeste, Bom Pastor, Felipe Camarão e Guarapes
ZPA 9	734,10	11,83	4,36	RA Norte/Lagoa Azul, Pajuçara e Redinha
ZPA 10	14,81	0,24	0,09	Mãe Luíza
TOTAL	6.204,14	100,00	36,81	

Notas: *Valores arredondados a partir do relatório IBAM (2010). A área do município de Natal corresponde a aproximadamente 168,53 km² (NATAL, 2010). ** ZPAs regulamentadas com base no PDN 1994, atualmente em processo de revisão. Fonte: Ataíde *et al* (2014) partir de Ataíde, 2013 e Ministério Público do RN, 2010.

Entretanto, passados mais de 20 anos desde a introdução do instrumento no Plano Diretor de 1994, apenas cinco ZPAs foram regulamentadas durante a vigência deste plano e encontram-se submetidas a alguma regra de controle urbanístico e ambiental. Entre as não regulamentadas ou com regulamentação diferenciada, como as identificadas na Tabela 1 e na Figura 2, se encontram dois grandes maciços dunares com cobertura vegetal de remanescentes da mata atlântica, denominados “Parque Estadual das Dunas” e “Morro do Careca” que correspondem, respectivamente, as ZPAs 2 e 6. O primeiro não é regulamentado por lei municipal, mas é protegido pela legislação ambiental estadual, onde é classificado como Unidade de Conservação. O segundo está com o seu processo de regulamentação em curso e possui também duas outras indicações (esferas estadual e municipal) para ampliação da sua proteção na mesma categoria de Unidade de Conservação.

Segundo Duarte, 2011, algumas ações administrativas e legislativas colocaram em evidência um processo de fragilização da proteção legal desses espaços em razão da legislação vigente e flexível ou pelas omissões no próprio processo de regulamentação das áreas. Acrescente-se a isso, a falta de determinação para efetivar o modelo de gestão desenhado pelo Plano Diretor,

que pressupõe um processo de planejamento dinâmico, de modo a manter atualizado o monitoramento e a vigilância dos processos de ocupação ou as ameaças de degradação que se manifestam continuamente nesses espaços, evidenciando uma diversidade de conflitos, e, por conseguinte, novos desafios nos processos de regulação desses espaços.

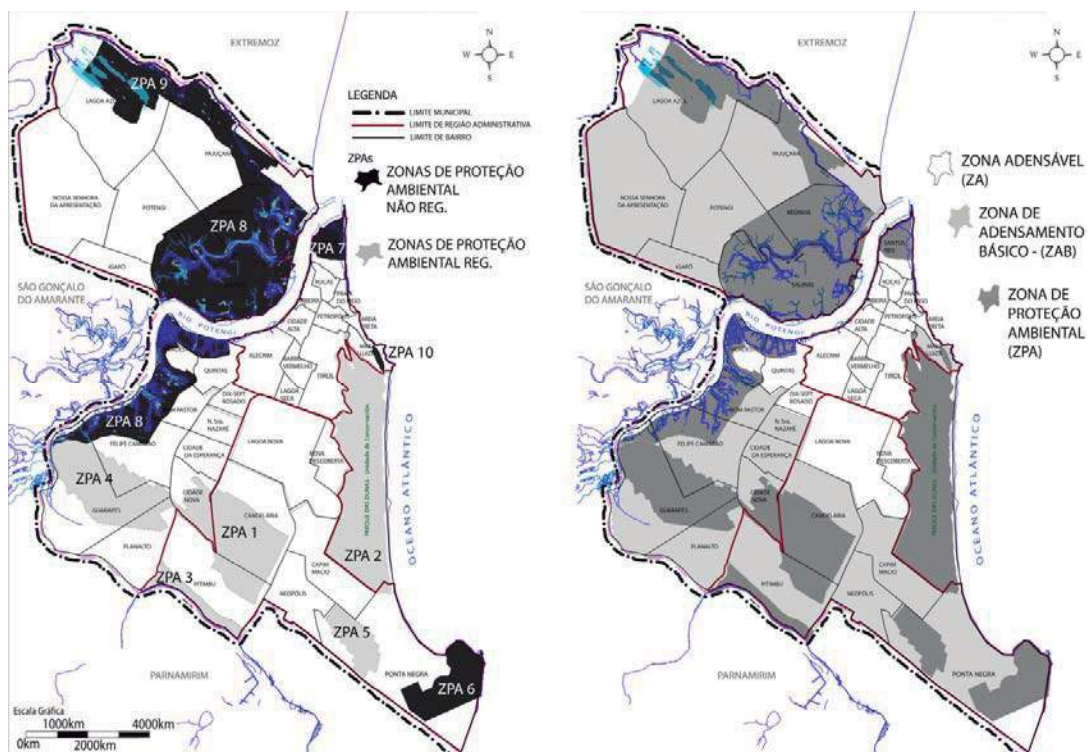


Figura 2. ZPAs regulamentadas e não regulamentadas do macrozoneamento do Plano Diretor de 2007. Fonte: Natal 2007, modificado pelas autoras, 2015

Ressalte-se ainda que embora os assentamentos informais estejam distribuídos em todo o território municipal, um número considerável deles se localiza nas áreas delimitadas como ZPAs, e destas, predominam as ocupações nas 4, 8 e 9, o que realça o comprometimento ambiental das mesmas e os conflitos socioambientais ali existentes.

3 OS PROCESSOS DE REGULAMENTAÇÃO DAS ZPAs – ESTRATÉGIAS INTITUCIONAIS E INTERESSES DA CIDADANIA EM CONFLITOS

Os processos de regulamentação das ZPAs se traduzem como importantes estratégias do novo desenho de planejamento urbano e ambiental do município na perspectiva da efetivação do direito a cidade sustentável e ao meio ambiente equilibrado e fundamentado no princípio da democratização da gestão. Conforme referido anteriormente, eles se realizaram em dois momentos: o que foi desencadeado a partir das primeiras indicações do Plano de 1994 e o mais recente, a partir das delimitações do Plano de 2007. Por outro lado, observando-se esse marco temporal, constata-se a lentidão dos processos e, por conseguinte, as dificuldades para a efetivação dos objetivos referidos.

Entre os Planos Diretores de 1994 e 2007, cinco ZPAs foram regulamentadas (ZPAs 1, 2, 3, 4 e 5), sendo a ZPA2 do Parque das Dunas, regulamentada por meio de Lei estadual através do seu Plano de manejo. Os seus processos de regulamentação observaram a estrutura de gestão então vigente, que não previa a realização de audiências públicas. Com isso, a participação popular na discussão das propostas ficou restrita ao Conselho de Planejamento e Meio Ambiente (Conplam), que funcionava como principal órgão consultivo e deliberativo na gestão dessa matéria no âmbito executivo municipal, para posterior envio ao legislativo (Câmara Municipal de Natal). Naquele contexto, as contribuições da sociedade sobre as propostas ficavam restritas

as oitivas dos conselheiros junto às suas respectivas entidades e a discussão no âmbito do conselho, onde se evidenciavam os conflitos de interesses sobre o uso e a apropriação dos espaços delimitados nas ZPAs.

A partir da vigência do Estatuto da Cidade e do início dos debates com vistas à elaboração do novo Plano de 2007 inicia-se, também, o processo de regulamentação das outras cinco ZPAs. Este foi iniciado com a proposta da ZPA 7, (Fortes dos Reis Magos), ainda em 2007 (em paralelo a revisão do Plano Diretor e ainda não se concluiu). Desde que a primeira proposta, elaborada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo, foi apresentada houve reações contrárias de diferentes seguimentos sociais sobre o conteúdo do zoneamento, dando como resultado várias modificações, as quais foram sendo incorporadas à medida que o debate se aprofundava e se apresentaram em quatro versões. Inicialmente, duas primeiras propostas foram discutidas no Conplam, sendo a segunda (versão substitutiva) aprovada e enviada à Câmara Municipal. Esta proposta foi posteriormente retirada do legislativo, em razão de um questionamento do Ministério Público Estadual (MPE), que não concordou com os parâmetros urbanísticos aplicados aos ambientes naturais da ZPA (dunas, vegetação de mangues e restingas), por considerá-los inadequados às características físicas e bióticas do lugar, próprias de APPs. Uma terceira proposta foi então elaborada pela Semurb, incluindo um novo zoneamento, que incorporava parte dos questionamentos do MPE sobre os parâmetros aplicados a proteção ambiental. Entretanto, o MPE manteve os seus questionamentos e contratou em paralelo um laudo técnico para avaliar as três propostas, resultando numa quarta versão, que até março de 2015 estava aguardando novos encaminhamentos dos órgãos de gestão e controle social do município.

Quanto às regulamentações das demais ZPAs (06, 08, 09 e 10), os processos tiveram início com a contratação, por parte da Prefeitura do Natal, de uma empresa de consultoria Instituto Brasileiro de Administração (IBAM) para realizar os estudos que fundamentaram as propostas de regulamentação, os quais foram concluídos em 2010. Em 2011, sob a coordenação da SEMURB, foi desencadeado o processo de discussão pública sobre as propostas para as ZPAs 6, 8, 9 e 10 ainda não regulamentadas e a revisão de duas outras já regulamentadas, a ZPA 3 e 4. Para este processo a Semurb, incorporando os instrumentos de democratização da gestão estabelecidos no Estatuto da Cidade e no Plano Diretor, convocou duas audiências públicas (dias 01 e 03 de junho de 2011), cujas pautas previam o debate de todas as propostas do IBAM, sendo: no primeiro dia a regulamentação e revisão das ZPAs e no segundo dia, as propostas de regulamentação de outros instrumentos de ordenamento urbano.

A primeira audiência (dia 01) evidencia um segundo importante momento do processo de regulamentação no contexto da democratização da efetivação (ou não) gestão urbana. Nesta audiência os movimentos sociais, as entidades de classe ligadas e outras instituições ali presentes se manifestaram sobre a metodologia adotada e explicitaram diversos questionamentos sobre o conteúdo das propostas, com participação destacada das entidades ligadas à construção civil (SINDUSCON e o CREA/RN), da UFRN e do MPE. Entre os questionamentos dois ganharam relevo: a não publicação antecipada dos estudos técnicos e das propostas apresentadas para debate, que dificultava a compreensão dos seus conteúdos e o cronograma (duas audiências concentradas) dos debates, considerado insuficiente para a complexidade dos temas, considerando que apenas as ZPAs não regulamentadas, cujo debate estava previsto para realizar-se em apenas uma manhã, envolviam aproximadamente 20,35% da superfície da cidade. Diante das manifestações, as audiências foram consideradas apenas como uma etapa de debates preliminares e o gestor público assumiu o compromisso de estabelecer um processo mais transparente e participativo, que incluiu a redefinição do cronograma e a instalação de um sistema virtual, que permitisse o envolvimento e acompanhamento da população na consolidação e atualização da legislação urbanística de forma permanente. Neste Programa, posteriormente denominado “Programa de Modernização

Administrativa no âmbito da Prefeitura Municipal do Natal o MODERNATAL”, foram disponibilizados os estudos e as propostas das ZPAs e dos demais instrumentos que estavam em processo de regulamentação.

Em dezembro de 2011, após a sistematização das contribuições enviadas por meio do MODERNATAL foram retomados os debates sobre as propostas de regulamentação e revisão das ZPAs, os quais foram estruturados a partir da realização de novas audiências públicas com novo formato e em dois momentos: duas audiências nos dias 21 e 22 de 2011, que iriam tratar, respectivamente, das propostas da ZPA 6 que envolve o Morro do Careca e dunas associadas (Fig. 3) e da ZPA 10, referente às Dunas do Farol de Mãe Luiza; e duas em fevereiro e março de 2012, que iriam tratar das propostas para ZPA 08 (ecossistema de manguezal e Estuário do Rio Potengi/Jundiá) e ZPA 9 (ecossistema de lagoas e dunas do Rio Doce), respectivamente. Entretanto, o órgão gestor e coordenador das audiências foi novamente questionado, desta vez, por não apresentar uma proposta metodológica clara de discussão pública e por agrupar, em um só momento, o debate sobre duas das ZPAs mais conflituosas, envolvendo interesses imobiliários e socioambientais, num período de festejos natalinos.



Figura 3. Zona de Proteção Ambiental 6. Fonte: Canindé Soares, 2013. Modificado pelas autoras, 2015.

No ambiente das discussões da audiência de 21 de dezembro e considerando o impacto das propostas sobre o território foi realçada a necessidade dos envolvidos firmarem um pacto sobre um fluxograma das regulamentações das ZPAs, de modo a garantir uma organicidade do processo participativo, que estivesse ajustado ao Sistema de Planejamento e Gestão Urbana do Município estabelecido no Plano Diretor vigente, 2007. Nesse contexto, acatando uma proposta dos participantes, essa audiência deliberou que o processo de discussão das propostas no âmbito do executivo observaria, individualmente, três etapas: as audiências, as discussões nos conselhos setoriais (Conplam, Conhabin, CMTTU e Consab) e, por fim, no Concidade (Conselho da Cidade), órgão central do sistema. Além disso, como se tratava de um conjunto de propostas que implicavam juntas, aproximadamente 37% do território municipal, também foi acordado que antes de serem enviadas ao legislativo, todas as propostas deveriam ser submetidas a uma conferência final com participação da sociedade (Fig. 4). Todas as contribuições das etapas seriam sistematizadas pela Semurb, a quem caberia o envio da proposta de lei ao legislativo.

Quanto ao conteúdo das discussões das ZPAs, nessa audiência foi discutida apenas a proposta da ZPA 6 que trata do “Morro do Careca”, criando condições para os movimentos sociais e as entidades profissionais e outras representações institucionais apresentarem os seus apontamentos. Entre esses, novamente ganhou relevo à participação do MPE que apresentou um laudo técnico específico sobre a proposta, de cuja elaboração participaram alguns dos autores do presente artigo (UFRN 2011). Os seus conteúdos fundamentaram, entre outras propostas, a da transformação da ZPA6 em uma Unidade de Conservação, “Monumento Natural do Morro do Careca e Complexo Dunar contínuo”, com o objetivo de ampliar e assegurar a proteção do valor cênico e paisagístico da área, incluindo o seu entorno, tendo em vista a necessária delimitação de uma área de amortecimento. Tal proposta tem encontrado resistência da corporação militar (Aeronáutica), responsável pela gestão da área da ZPA, que

constitui uma extensão do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno. Para esta corporação, mesmo concordando com a aplicação de algumas restrições de uso e ocupação da área a “criação da Unidade de Conservação (...) e exigiria a adoção de um plano de manejo sob a responsabilidade dos governos municipal ou estadual, contrariando o funcionamento das atividades da corporação” (Ataide 2014).

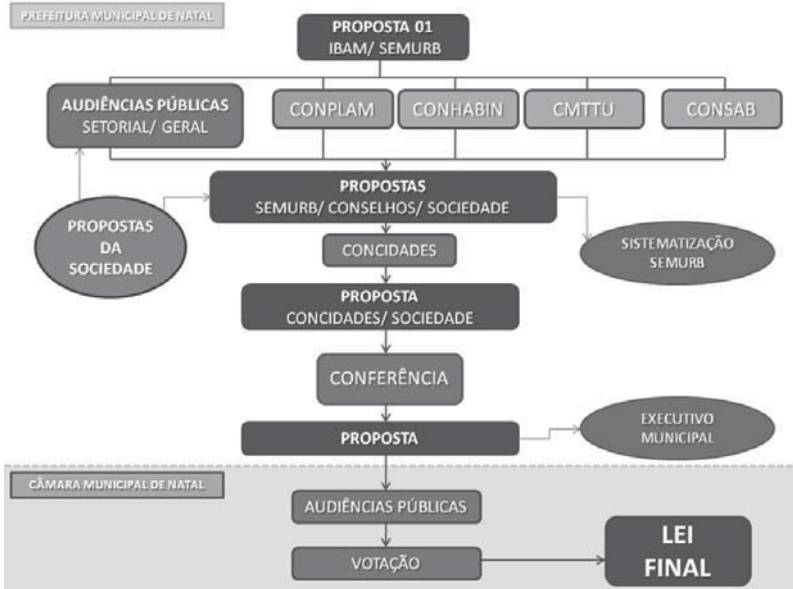


Figura 4. Fluxograma aprovado nas audiências para orientar os processos de regulamentação. Fonte: Natal, 2011

Em 02 de fevereiro de 2012 as audiências públicas foram retomadas, com a discussão das propostas para a ZPA 10 (Fig. 5). Nos dias 21 e 28 de março, foram realizadas duas outras audiências, desta vez para a discussão das propostas para a ZPA8 (ecossistema de manguezal e Estuário do Potengi/Jundiaí) ZPA 9 (ecossistema de lagoas e dunas ao longo do Rio Doce). As duas propostas de revisão das ZPAs regulamentadas (ZPA3 e ZPA4) ainda não foram apresentadas em audiências públicas ou em quaisquer outros debates públicos.



Figura 5. Zona de Proteção Ambiental 10. Fonte: Google earth 2014. Modificado pelas autoras, 2015.

4 CONCLUSÕES

Entres os processos de regulamentação das ZPAs, depreende-se que os das ZPAs 06 e 10 são os que mais avançaram nos esforços do município para efetivação dos instrumentos de gestão do seu Plano Diretor. Entretanto, até março de 2015 apenas a ZPA 6 tinha o seu processo de discussão pública no executivo concluído, inclusive com a aprovação do projeto de lei pelo Concidades, enquanto o da ZPA 10 continua em discussão no mesmo conselho. As propostas das ZPAs 7, 8 e 9, embora discutidas em contextos diferentes, ainda estão recebendo contribuições. A primeira atendendo a uma solicitação da Secretaria de Turismo do Município

para verificar a pertinência de inclusão de equipamentos de esporte náuticos em uma das suas margens (Rio Potengi), estando no aguardo de novos estudos sobre o tema. Quanto as ZPA8 e 9 as pendências correspondem às solicitadas na audiência pública de março de 2012, que ainda não foram concluídas pelo órgão gestor. Quanto a propostas para a revisão ZPAs 3 e 4, não há registros de abertura do processo de discussão pública no contexto do cronograma.

Nesse contexto e a partir da análise das discussões sobre as regulamentações das ZPAs constata-se que, apesar de Natal possuir um marco normativo urbanístico e ambiental avançado, as dificuldades para a sua efetivação continuam latentes. Estas se inserem no próprio modelo de gestão e na compreensão dos gestores e outros setores envolvidos sobre os objetivos da proteção ambiental desses espaços. De um lado, os gestores demonstram resistências à implementação do sistema de gestão de planejamento inserido no Plano Diretor, garantindo, de forma continuada, a participação ampla da população, conforme evidenciado nas audiências. Por outro, também apresentam dificuldades para incorporar as proposições dos atores sociais que tentam agregar novos argumentos fundamentados no equilíbrio socioambiental adaptado às características do lugar.

REFERÊNCIAS

Ataide, R.M.C. et al.2014 Infraestruturas militares e regulação urbanística e ambiental como estratégias de controle da expansão urbana de Natal, RN: consensos e dissensos. XIII Coloquio Internacional de Geocrítica: EL CONTROL DEL ESPACIO Y LOS ESPACIOS DE CONTROL. Barcelona: Universidad de Barcelona, 05 a 10 de Maio de 2014.

Ataide, R.M.C. 2013. Interés ambiental frente a interés social. La gestión de los conflictos socio-espaciales en los espacios naturales protegidos: los retos de la regularización urbanística de los asentamientos informales en Natal, RN. Brasil. Tese de doutorado. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2013. 608 p. Depósito Digital da Universidad de Barcelona <<http://hdl.handle.net/2445/44990>>.

Brasil.2000.Lei Federal no 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Brasília: MMA.

Brasil.2001 Lei Federal no 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece as diretrizes gerais da política urbana - Estatuto da Cidade. Brasília: MMA.

Duarte, M.C.S. 2011. Espaços Especiais Urbanos: desafios à efetivação dos direitos ao meio ambiente e moradia. Rio de Janeiro: Letra Capital.

UFRN/FUNPEC. 2008. Plano de Desenvolvimento Sustentável para Natal e sua região metropolitana. Natal: FADE/UFPE e a FUNPEC/UFRN.

UFRN/FUNPEC. 2011. Implicações ambientais e urbanísticas decorrentes das propostas de regulamentação da zona de proteção ambiental 6 (ZPA 6). Natal/RN.

Natal.2007. Prefeitura Municipal.Lei Complementar Nº 082, de 21 de jun 2007, que dispõe sobre o Plano Diretor de Natal. Natal: DOM, 2007

Natal.1994.Lei Complementar Nº 07, de 05 de agosto de 1994, dispõe sobre o Plano Diretor de Natal.Natal: DOM, 1994.

Natal.1984.Lei Complementar Nº 3.175, de 26 de janeiro de 1984, dispõe sobre o Plano Diretor de Natal.Natal: DOM, 1983.

Natal_.1974.Lei Complementar Nº 2.217, de 10 de julho de 1974, dispõe sobre o Plano Diretor de Natal.Natal: DOM, 1974.

CHAPTER 14 | CAPÍTULO 14 | CAPÍTULO 14

Empowerment and participation processes for sustainability

Processos de participação e de empoderamento para a sustentabilidade

Procesos de participación y de empoderamiento para la sostenibilidad



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Concepção de projeto habitacional flexível a partir da pré-ocupação

Anicoli Romanini

Faculdade Meridional, Escola de Arquitetura e Urbanismo, Núcleo de Estudo e Pesquisa em Edificações Sustentáveis (NEPES), Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

anicoli@imed.edu.br

Marcele Salles Martins

Faculdade Meridional, Escola de Arquitetura e Urbanismo, NEPES, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

marcelemartins@imed.edu.br

Andrea Quadrado Mussi

Faculdade Meridional, Escola de Arquitetura e Urbanismo, NEPES, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

andrea@imed.edu.br

Daiane Folle

Faculdade Meridional, Escola de Arquitetura e Urbanismo, NEPES, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

Daiane.folle@imed.edu.br

Sheila Chaves Garcia

Faculdade Meridional, Escola de Arquitetura e Urbanismo, NEPES, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

garcia.she@hotmail.com.br

ABSTRACT: In order to minimize the housing deficit in Brazil, the Brazilian government created the Minha Casa Minha Vida. Since then, this program becomes an alternative for low-income people realize the dream of getting their own house. In pursuit of this dream and provide a better quality of physical space for their community, a group of women formed a non-governmental organization and has partnered with the Center for Study and Research in Sustainable Buildings in Southern College (IMED), for the development of a housing project. The Center has as one of its premises that access to housing represents one of the most important rights of the citizen, proposed a housing project flexible social interest, developed from the principles of evolutionary construction. From a semi-structured interview with the stated preference technique, performed with future residents, community needs in relation to the prospects of expansion of their residences were raised. The project includes a living room, kitchen and adjoining laundry room, bathroom and two bedrooms, distributed in 45,63m², allowing expansion in garage, bedroom, kitchen, or room for trade activities. The preparation of the architectural project sought to integrate principles of sustainable architecture, comprising the building as part of the living habitat, closely linked to their place of conception, society, climate, the region and the planet. The project undertakes to disseminate ways to build with less environmental impact and greater social gains, without, however, be uneconomical. It is understood that, taking into account the real needs and interests of the inhabitants, can ensure better quality of life through the proposed solutions, both from an environmental standpoint as social, cultural and economic aspects.

Keywords: Social Housing, Flexibility, Minha Casa Minha Vida Program.

RESUMO: Com o intuito de minimizar o déficit habitacional no Brasil, o governo brasileiro criou o Programa Minha Casa Minha Vida. A partir de então, este programa, se torna uma alternativa para as pessoas de baixa renda concretizarem o sonho de obter a casa própria. Em busca deste sonho e de proporcionar uma melhor qualidade de espaço físico para sua comunidade, um grupo de mulheres formou uma entidade não governamental e firmou parceria com o Núcleo

de Estudo e Pesquisa em Edificações Sustentáveis da Faculdade Meridional (IMED), para o desenvolvimento de um projeto habitacional. O Núcleo tendo como uma de suas premissas que o acesso à moradia configura um dos mais importantes direitos do cidadão, propôs um projeto de habitação de interesse social flexível, desenvolvido a partir dos princípios da construção evolutiva. A partir de uma entrevista semiestruturada, com a técnica de preferência declarada, realizada com os futuros moradores, foram levantadas as necessidades da comunidade em relação às perspectivas de ampliações de suas residências. O projeto contempla sala de estar, cozinha e lavanderia conjugados, banheiro e dois dormitórios, distribuídos em 45,63m², permitindo ampliação em garagem, dormitório, cozinha, ou sala para atividades de comércio. A elaboração do projeto arquitetônico buscou integrar princípios da arquitetura sustentável, compreendendo o edifício como parte do habitat vivo, estreitamente ligado ao seu local de concepção, a sociedade, ao clima, a região e ao planeta. O projeto se compromete a difundir maneiras de construir com menor impacto ambiental e maiores ganhos sociais, sem, contudo, ser inviável economicamente. Entende-se que, levando em conta a real necessidade e interesse dos habitantes, pode-se garantir maior qualidade de vida através das soluções propostas, tanto do ponto de vista ambiental quanto dos aspectos sociais, culturais e econômicos.

Palavras-chave: Habitação de Interesse Social, Flexibilidade, Programa Minha Casa Minha Vida.

1 INTRODUÇÃO

O envolvimento da sociedade no processo de produção do conhecimento remete ao compromisso de considerar o indivíduo e seu bem estar, não somente físico, mas também psicológico, como centro de um círculo de informações e estudos que vislumbram mudanças de paradigmas e uma nova postura em relação a situações que envolvem a sociedade como um todo na busca de uma melhor qualidade de vida das populações.

Assim a busca de modelos que contemplem os diferentes aspectos do desenvolvimento social, ambiental e econômico de uma sociedade, tem motivado organizações e instituições a pesquisar e estabelecer convênios e ações em prol do desenvolvimento coletivo.

A concretização desta visão possibilita uma forma de integração Faculdade/Comunidade em um processo participativo, em que o número de agentes promotores da difusão do conhecimento se ampliam quando há o envolvimento dos representantes da comunidade organizada.

O entendimento do complexo sistema de relações inerentes ao espaço vincula-se à própria questão da configuração urbana e sua consequente leitura e manutenção, em que compreender o todo urbano a partir da dinâmica social é um fator essencial para alcançar os conceitos de cidadania e participação.

A universidade por sua vez ao exercer um papel de liderança na proposição de uma forma de educação interdisciplinar, deve estar ciente de que está cumprindo seu papel na preparação das novas gerações para um futuro social e sustentável.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar a parceria entre o Núcleo de Estudo e Pesquisa em Edificações Sustentáveis (NEPES) e o Grupo de Mulheres Unidos Venceremos na busca de soluções ecoeficientes e inovadoras dentro da arquitetura evolutiva, apresentando assim o projeto de uma habitação de interesse social (HIS) concebido dentro dos princípios de arquitetura sustentável. As HIS serão construídas no Loteamento Canaã, pertencente ao bairro São José, em Passo Fundo – Rio Grande do Sul – Brasil, e terão 210 unidades.

2 ENTIDADE COMUNITÁRIA GRUPO DE MULHERES UNIDOS VENCEREMOS E NÚCLEO DE ESTUDO E PESQUISA EM EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS (NEPES)

O Grupo de Mulheres Unidos Venceremos nasceu no Loteamento Leonardo Ilha, na cidade de Passo Fundo/RS, em março de 1999, tem como principal finalidade, a integração dos moradores e a luta pelos interesses comuns da comunidade.

O Núcleo de Estudo e Pesquisa em Edificações Sustentáveis (NEPES) foi fundado em março de 2011, formado por uma equipe de docentes e discentes pesquisadores da Escola de Arquitetura e Urbanismo da IMED dedicados à investigação na área da Sustentabilidade e da Habitação de Interesse Social.

O Núcleo propõe a discussão da aplicação de princípios e estratégias gerais para que se possa desenvolver uma proposta de projeto baseada na construção evolutiva, em que possam ser estabelecidas diretrizes gráficas que favoreçam a geração de projetos de HIS que visem à ampliação futura de forma otimizada, e que contribuam para a manutenção e continuidade da sustentabilidade econômica e ambiental da obra, assim como na qualificação do processo de projeto, é que se fazem necessários a presente pesquisa, a exposição científica e a aplicação de seus resultados para a sociedade em geral.

Com a crescente demanda por unidades habitacionais de interesse social, as pesquisas e propostas pelo Núcleo de Estudo e Pesquisa em Edificações Sustentáveis visam corroborar com a atual realidade de alta produção civil com baixo impacto ambiental ao consumir menos recursos naturais não renováveis e menos energia na produção dos materiais de construção; além disso, gerar poucos resíduos e consumir pouca energia na produção das unidades; considerando baixo consumo energético no uso das edificações; e baixo impacto ambiental no descarte após a vida útil das unidades.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Para que se possa desenvolver uma proposta de projeto baseada na construção evolutiva, em que possam ser estabelecidas diretrizes gráficas que favoreçam a geração de projetos de HIS que visem à ampliação futura de forma otimizada, e que contribuam para a manutenção e continuidade da sustentabilidade econômica e ambiental da obra, assim como na qualificação do processo de projeto, fez-se necessário como já mencionado uma pesquisa aprofundada sobre o perfil da comunidade que ocupará este novo loteamento.

A metodologia empregada para o presente trabalho contou com a aplicação do questionário e foi efetuada em duas etapas, por bolsistas e voluntários do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Edificações Sustentáveis (NEPES), com a colaboração de acadêmicos da Escola de Arquitetura e Urbanismo da IMED (Figuras 1 e 2).

A primeira parte do questionário abordou os dados socioeconômicos dos responsáveis beneficiados pelo Programa e no segundo momento, foi realizada a entrevista semiestruturada por meio da técnica de preferência declarada (PD). Esta metodologia consiste em apresentar diversas alternativas aos respondentes para que uma seja escolhida, e a opção do respondente indica a sua escolha preferida de atributos em relação às demais alternativas. Dessa maneira, alternativas de diversos atributos podem ser classificadas, ou subclassificações podem ser identificadas.

Conforme o levantamento dos dados obtidos pelo questionário aplicado, alguns itens foram considerados mais relevantes para análise e apresentação do perfil da população beneficiada.



Figuras 1 e 2. Aplicação do questionário as famílias beneficiadas.

De acordo com a pesquisa, pôde-se observar que há uma grande diferença na quantidade de homens e mulheres que são responsáveis pelo contrato de sua residência, e conseqüentemente, pelo lar. A maioria, 71% de mulheres, se deve primeiramente em função da iniciativa e formação do grupo que era composto apenas por mulheres.

O item Escolaridade demonstra uma grande divisão das parcelas. As maiores porcentagens, 28%, correspondem a pessoas com Ensino Fundamental Incompleto (EFI) e Ensino Médio Completo (EMC). 15% têm o Ensino Fundamental completo (EFC) e 18% tem o Ensino Médio incompleto (EMI). Percebe-se que 43% da população ouvida contempla apenas o Ensino Fundamental (EF), e 46% contempla o Ensino Médio (EM), independente da conclusão. Dentre os outros subitens tem-se 5% de Curso Superior Incompleto (SI), 4% de Curso Técnico (CT) e 1% de Curso Superior completo (SC), além de 1% de analfabetismo (ANALF.). Pode-se dizer, portanto, que a grande maioria da comunidade respondente possui baixa escolaridade, mas uma pequena parcela possui curso superior (Figura 1).

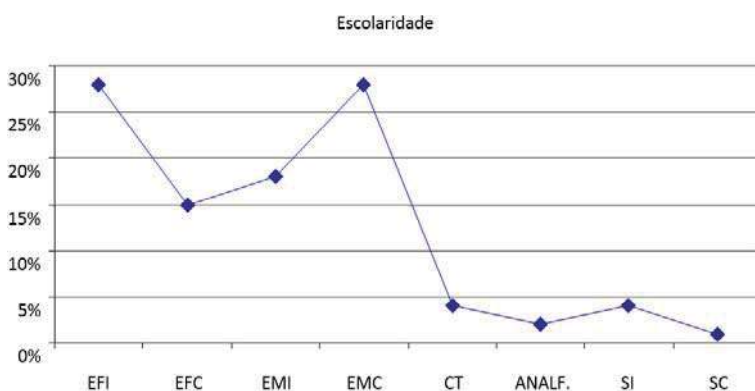


Figura 3. Escolaridade dos entrevistados

Através dos respondentes do questionário proposto, está a Idade da pessoa responsável pela assinatura contratual do projeto da residência pelo programa do Governo Federal Minha Casa Minha Vida. Pela Tabela 2 observa-se que a maior parcela do responsável compreende a idade entre 21 e 30 anos (42%). A segunda maior parcela compreende a idade entre 31 e 40 anos (24%). Através desta apuração percentual pode-se dizer que este novo loteamento, idealizado e desenvolvido por uma organização comunitária, propõe-se a ser ocupado, a partir de uma responsabilidade contratual social e financeira, por uma população considerada jovem (em torno de 70%). Desta forma, percebe-se que cada vez mais cedo, concomitante às condições favoráveis (econômicas e sociais), está se buscando a aquisição da moradia própria.

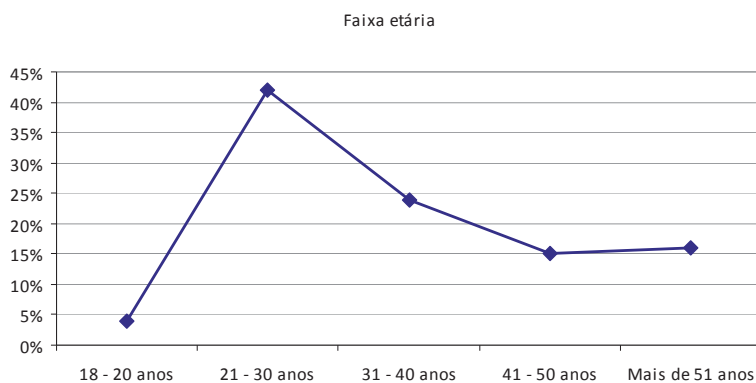


Figura 4. Faixa etária dos entrevistados.

A Figura 3 contempla o Estado Civil dos respondentes, e mostrou que duas grandes parcelas da amostragem se divide entre casado (40%) e solteiro (39%). Há ainda uma terceira parcela significativa de pessoas separadas (19%). Este levantamento mostra que quase 60% corresponde a uma população de solteiros e separados, ou seja, pessoas sem vínculo matrimonial.

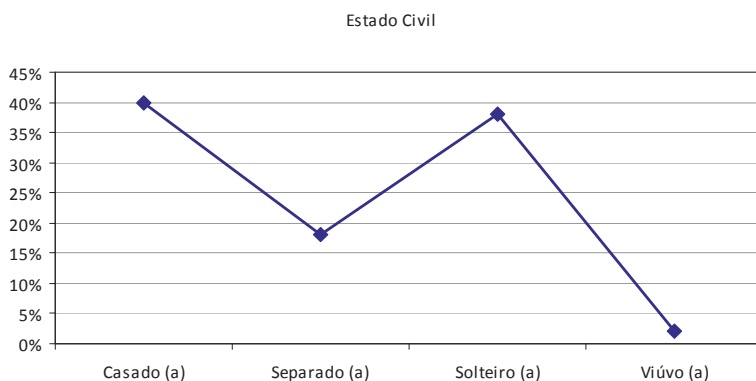


Figura 5. Estado civil dos entrevistados.

São novas formações de famílias, que normalmente são constituídas por um ou mais contribuintes, e, conforme dados apresentados acima, formado basicamente por mulheres. Esta grande parcela analisada é parte importante da demanda pela habitação social, principalmente em função da facilidade de aquisição e condições favoráveis.

Quanto à quantidade de pessoas que irão ocupar a nova residência. Percebe-se, que as maiores porcentagens correspondem às maiores quantidades de pessoas que ocuparão a residência, ou seja, as três maiores parcelas são 29% para 6 ocupantes, 24% para 5 ocupantes e 19% para 4 ocupantes. Isso demonstra a grande importância e necessidade que esta comunidade terá em relação à construção evolutiva. Conhecer estas necessidades auxiliará na melhor ocupação e ampliação das residências construídas para proporcionar um maior conforto aos usuários (Figura 4).

Com relação à renda familiar, confirmou-se que as maiores parcelas (89%) da população ouvida possuem renda de um a dois salários mínimos, estando de acordo com o programa de crédito do Governo Federal para aquisição da habitação de interesse social.

Também foi questionado se as famílias possuem membros com algum tipo de deficiência física ou mental, pode-se considerar pequena a parcela de respondentes que precisam de adaptações aos projetos para melhor conforto dos futuros ocupantes. Destes 8% do total de 150 respondentes possuem familiar com algum tipo de mobilidade reduzida.

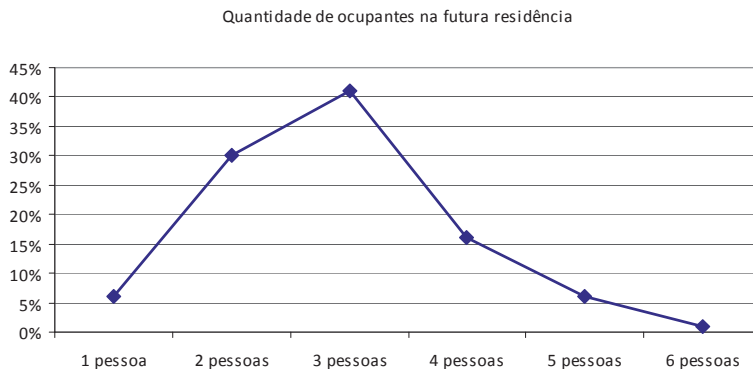


Figura 6. Quantidade de pessoal que irão morar na residência

Outra questão relevante para a análise do perfil dos responsáveis da família que ocupará o novo loteamento é a procedência (o bairro) em que esta população mora atualmente. Pode-se observar que 37% dos entrevistados moram no bairro São José e 26% mora no bairro Leonardo Ilha. Sabe-se que o bairro Leonardo Ilha compreende uma extensão do bairro São José, e da mesma forma, o novo Loteamento Canaã compreende uma extensão do bairro Leonardo Ilha.

Dessa forma, percebe-se que a grande maioria dos futuros moradores do novo loteamento tem conhecimento de seus arredores e preferência pelo espaço físico de seu futuro bairro, já estando familiarizados com o entorno, tanto quanto pela organização comunitária que já favorece estes dois bairros existentes. “A soma dos hábitos constitui a habitação. E a habitação é a função que propicia e decanta a Arquitectura. [...] A habitação é assim o propósito principal da Arquitectura: a sua tese” (ARNAU apud COELHO, 2003).

Dentro da análise do perfil dos entrevistados conclui-se que a grande maioria da comunidade respondente possui baixa escolaridade, porém cada vez mais cedo, concomitante às condições favoráveis (econômicas e sociais), está se buscando a aquisição da moradia própria.

A grande maioria dos líderes familiares deste novo loteamento trata-se de mulheres em sua maior parte solteiras e separadas, ou seja, pessoas sem vínculo matrimonial. Isso reflete novas formações de famílias, que normalmente são constituídas por um ou mais contribuintes com grande demanda pela habitação social, principalmente em função da facilidade de aquisição.

Um fato muito importante observado na pesquisa é o grande número de pessoas que compõem o círculo de moradores de cada HIS, demonstrando a grande importância e necessidade que esta comunidade terá em relação à construção evolutiva, método de projeto que será testado e implementado pelos pesquisadores deste projeto. Conhecer estas necessidades auxiliará na melhor ocupação e ampliação das residências construídas para proporcionar um maior conforto aos usuários.

Ainda, percebeu-se que a grande maioria dos futuros moradores do novo loteamento conhece as condições e arredores do bairro e percebem como uma boa oportunidade permanecer no local em que reconhecem e percebem uma identidade, já estando familiarizados com o entorno, tanto quanto pela organização comunitária que já favorece os dois bairros existentes envolvidos neste processo.

4 ARQUITETURA SUSTENTÁVEL - PROPOSTA DAS RESIDÊNCIAS

Os projetos arquitetônicos são desenvolvidos, em grande parte, conforme as inovações tecnológicas e, embora as pessoas estejam conscientes da importância de se pensar em um contexto sustentável, isso ainda não é uma prioridade para todos os projetistas na hora de planejar a arquitetura. Para Yeang (2000, apud MONTES, 2005), o projeto ecológico se traduz em construir com um impacto ambiental mínimo e, se for possível, construir para o alcance do efeito contrário, ou seja, criar edifícios com consequências positivas, reparadoras e produtivas

para o ambiente natural, pensando a edificação desde seu ciclo de vida: produção, construção, funcionamento, evacuação e recuperação.

Habitar consiste em o indivíduo situar-se em determinado espaço, onde se sinta seguro, e onde seja propiciado o seu repouso, a restauração da saúde, o convívio familiar e o crescimento social (PALERMO, 2009). Para satisfazer as exigências do bem-estar do usuário, e garantir a qualidade de vida, a habitação deve considerar as qualidades necessárias que dizem respeito aos ambientes criados por ela. Coelho (2007) complementa:

Habitar é marcar um território e os seus edifícios e também ser marcado por eles, salientando-se que “a casa continua a ser a unidade essencial do ambiente humano construído” (Richard Weston, “A casa no século vinte”- grifo autor). Habitar com qualidade constitui uma possibilidade que marca o habitante desde o processo que segue na procura e escolha da sua casa e dos espaços que a envolvem e a constituem, até à vivência que aí pode ter.

A residência unifamiliar proposta é composta por dois dormitórios, uma sala, uma cozinha, um banheiro e lavanderia, com área total de 45,63 m² (Figura 7). Foi concebida para permitir ampliações futuras, tais como: garagem, dormitório, cozinha ou sala para comércio. O projeto arquitetônico contempla conceitos da arquitetura evolutiva e se compromete a difundir maneiras de construir com menor impacto ambiental e maiores ganhos sociais, sem, contudo, ser inviável economicamente. O sistema construtivo proposto é o Light Steel Framing (LSF), por apresentar características que proporcionam uma obra limpa, pois é um sistema de construção a seco, o que minimiza o uso de recursos naturais e a produção de resíduos proporcionando uma maior rapidez na execução.



Figura 7. Planta humanizada.

Existem estratégias de concepção de projeto através das quais se podem melhorar o comportamento e a eficiência energética das edificações. Dessa forma, as estratégias de condicionamento térmico passivo adotadas são: uso da cor branca na edificação por ser a que mais reflete os raios solares; sistema de ventilação cruzada, onde a temperatura, a umidade do ar e a higienização nos ambientes são favorecidas; iluminação natural valorizada, buscando uma redução nos gastos com energia; além disso, poderão ser adotadas outras estratégias que visam

à sustentabilidade, como o uso de um painel solar para aquecimento da água de consumo e de uma cisterna para o recolhimento da água das chuvas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concepção fundamental da operacionalização do projeto de pesquisa foi o desenvolvimento de um processo participativo com envolvimento direto de todos os agentes envolvidos e, principalmente, o da comunidade futura do Loteamento Canaã, representada pelos próprios moradores. A garantia do resgate efetivo das necessidades locais, através do conhecimento das demandas que direcionaram ações projetuais materializadas na concepção do projeto, assegura, assim, o fiel retorno das expectativas da comunidade envolvida no processo.

Por fim, percebe-se a importância deste trabalho, na medida em que contribuirá para o desenvolvimento de projetos habitacionais mais sustentáveis ambiental e socialmente para população de baixa renda, realizando-se inicialmente uma análise pré-ocupação das futuras habitações.

O que se tem de visar é a constituição de arquiteturas habitacionais simultaneamente bem qualificadas na sua arquitetura e bem vivas e amadas pelos seus habitantes, pois como diz Oscar Niemeyer: “não é a arquitetura que vai mudar a vida, a vida é que pode mudar a arquitetura” (das “Conversas de Amigos” entre Niemeyer e José Carlos Süssekind). Tudo se liga à necessidade de não repetir mais, os mesmos erros, já os repetimos vezes sem conta. E para isso é essencial estabelecer consensos básicos e redefinir um conceito de arquitetura claramente aberto e sensível à vida e ao mundo (COELHO, 2003).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coelho, António Baptista. “Habitar com qualidade e urbanidade”. Revista Habitar Hoje, Novembro de 2003. Disponível em: <<http://www-ext.lnec.pt/GH-APPQH/Site/htm/textos.htm>>. Acesso em: 10 ago. 2012

Coelho, A. B.; Cabrita, A. R. Habitação evolutiva e adaptável. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2003.

Montes, M. A. T.. 2005. Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial. 2005. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

Palermo, C. “Sustentabilidade Social do Habitar”. Florianópolis: Ed. Da Autora, 2009.

Ejemplificación de la problemática actual de las ciudades latinoamericanas, a través del análisis de santiago de querétaro

Jocelyn Erandi Reyes Nieto

ISISE, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

jocelyn@student.uc.pt

Luis Simões da Silva

ISISE, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

luiss@dec.uc.pt

Vitor Murtinho

CES, Departamento de Arquitetura, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

vmurtinho@uc.pt

Constança Rigueiro

ISISE, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal.

constanca@ipcb.pt

Adelino Gonçalves

ISISE, Departamento de Arquitetura, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

amsg@uc.pt

ABSTRACT: Sustainable development is intrinsically linked to the population growth and the relation of habitability - urban space; it has as its main objective the preservation of the environment and the proper management of natural resources. For this reason, the region of Latin America represents one of the areas where Sustainable Development can increase its relevance and tackle important challenges, as it presents one of the highest rates of urbanization of the world. During the last decades, Latin American communities have incorporated programs with the idea of promote sustainable urban development and safeguard heritage. But until now, it is still presenting problems unsolved, such as pollution, environmental degradation and detriment of social factors. Much of this situation is because the proposals do not promote solutions that achieve viable approaches for the real needs; therefore, these programs do not cover or solve all the requirements of society. To contribute in the search of solutions and detonate a good sustainable development in Latin America, it was created this article, which acts as a guide to encourage the reflection on the lifestyle of these communities and also promotes a pragmatic view through an understanding of the needs, deficiencies and problems that are currently produced in these communities. Presenting as an example the analysis of the city of Santiago de Queretaro, Mexico, where it can be visualized easier the problems exposed

Keywords: Latin American problematic, Sustainable Development, Safeguarding the heritage, Urbanism, Natural Resources.

RESUMÉN: El desarrollo sustentable en la actualidad, esta intrínsecamente asociado al crecimiento poblacional y a la relación de habitabilidad – espacio urbano; teniendo como objetivo la preservación del medio ambiente y la correcta gestión de recursos naturales. Por tal motivo, América Latina es una región con grandes desafíos y capacidades en el ámbito del desarrollo sustentable, esto se debe a que presenta una de las mayores tasas de urbanización en el mundo. Durante las últimas décadas, las comunidades Latinoamericanas han incorporado ideas y programas cuya finalidad ha sido impulsar el desarrollo urbano sustentable y salvaguardar el patrimonio. Sin embargo aun se presentan problemas sin resolver, como la contaminación, el deterioro medioambiental, el detrimento en los factores sociales, la pobreza

extrema, entre otros. Gran parte de esta situación, se debe a que la mayoría de las propuestas impulsadas, no promueven soluciones integrales con enfoques viables que logren percibir las necesidades reales de dichas comunidades; por lo tanto, estos programas no logran cubrir ni resolver todos los requerimientos de la sociedad. Para contribuir en la búsqueda de soluciones y proyectos que detonen el desarrollo sostenible en América Latina, se ha creado este artículo, que funge como una guía para suscitar la reflexión sobre la forma de vida de dichas comunidades y promueve una visión pragmática a través de un conocimiento más profundo de las necesidades, carencias y problemáticas que se producen actualmente, presentando como un ejemplo el análisis de la ciudad de Santiago de Querétaro, México, donde es posible visualizar más fácilmente las problemáticas expuestas.

Palabras clave: Problemática de Latinoamérica, Desarrollo Sustentable, Salvaguardar el patrimonio, Urbanización, Recursos naturales.

1 INTRODUCCIÓN

América Latina y el Caribe, es una de las regiones del mundo que por su alta urbanización (Cohen, 2004), presenta grandes desafíos, así como grandes oportunidades para lograr el éxito en el aspecto del desarrollo sostenible, el cual lleva a una mejoría ostensible de la calidad de vida de sus habitantes al gestionar nuevas tendencias de urbanización.

Según reportes de la Organización mundial de las Naciones Unidas, la población de esta región, ha ascendido 214.4 millones de personas de 1972 al 2000 y se estima que para el 2030 este incremento será de 604 millones (United Nations Commission on Human Settlements, 2002).

Dado a este crecimiento poblacional inminente y a la búsqueda de mejores estándares de vida, en las últimas décadas este territorio ha adquirido un progreso importante en el desarrollo de sus centros poblacionales, abriendo la oportunidad a nuevas investigaciones que presenten mejores perspectivas analíticas urbanas, nuevas políticas de ordenamiento poblacional y territorial, nuevos proyectos específicos de mejora vial y obras arquitectónicas de intelecto socio ambiental (Naciones Unidas, 2010).

Sin embargo, las soluciones actuales aun distan de ser ideales dejando grandes cuestiones sin resolver; esto se debe a la falta de enfoques viables y tangibles para el desarrollo idóneo de estas comunidades; parte de esta situación es debido a que todavía no existe un entendimiento integral sobre las necesidades y requerimientos reales de las sociedades latinoamericanas, por otro lado la mayoría de las soluciones propuestas hasta ahora, son programas no creados para esta región del mundo en específico; sino en muchos casos, son adaptaciones de sistemas tanto conceptuales como proyectos construidos con una tendencia de idealización para los países del primer mundo como son Estados Unidos y la Unión Europea.

Para ayudar en la búsqueda de soluciones y proyectos que detonen el desarrollo sostenible en la región, se ha realizado un estudio sobre las carencias de una ciudad latinoamericana (Santiago de Querétaro, México), buscando con dicho estudio generar una apertura al análisis y comprensión de más ciudades de América Latina y el Caribe y así, poder contribuir a generar una guía de reflexión y promover una visión pragmática con perspectivas analíticas usando mecanismos de intervención para la problemática real de América Latina y el Caribe.

Este artículo muestra las cuestiones más sobresalientes obtenidas en el análisis mencionado, siendo su principal objetivo el introducir al lector en un conocimiento más profundo y una mejor comprensión sobre los problemas que se producen actualmente en dicha región.

2 AMÉRICA LATINA

Es una región cuya extensión geográfica es de 21,069,501 km², cuenta con una población de 589,018,078 habitantes (Trading Economics, 2013), abarca la mayor parte del continente

americano, como se puede observar en la Fig. 1, se caracteriza porque sus habitantes hablan las lenguas romances: español y portugués como lenguas oficiales y está conformada por 42 países que se subdividen en 4 categorías geográficas, según el *Latin American Network Information Center*:

- América del Norte: México.
- América Central: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá.
- América del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Guyana Francesa, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay y Venezuela.
- El Caribe: Antigua y Barbuda, Aruba, Bahamas, Barbados, Cuba, Dominica, Granada, Guadalupe, Haití, Islas Caimán, Islas Turcas y Caicos, Islas Vírgenes, Jamaica, Martinica, Puerto Rico, República Dominicana, San Bartolomé, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía y Trinidad y Tobago.



Figura 1. Región de América Latina y el Caribe.

2.1 Contexto

En gran medida, la caracterización social, la extensión territorial y el crecimiento poblacional de las ciudades de América Latina y el Caribe, están estrechamente ligadas a su historia y a los movimientos sociales que se han producido en cada país; sin embargo, existen tendencias comunes que han marcado el desarrollo de la evolución actual en dicha región. A continuación se mencionan las más importantes:

- Desde la década de los años 50's, la ubicación de la población de la región de América Latina y el Caribe ha experimentado una combinación de tendencias centrípetas y centrífugas (Rodríguez & Villa, 1998). La primera de ellas se refiere a los procesos de concentración de la población en algunas zonas, generando de esta manera un rápido crecimiento demográfico y la ampliación de los límites territoriales de estas comunidades. El segundo conjunto de tendencias (centrífugas), tratan de un incremento gradual de las fronteras internas, dando lugar a la ocupación progresiva de los espacios vacíos dentro de la región.
- En la década de los años 90's, el proceso de urbanización se desaceleró en algunos países de la región, pero comienzan a ser más notorios ciertos problemas urbanos, como son: escasez de servicios públicos, degradación ambiental, pobreza, hacinamiento, segmentación social y criminalidad (Bárcena & Simioni, 2003). Con el surgimiento de tales problemas, las ciudades latinoamericanas presentaron nuevas complejidades y posibilidades, que a su vez implicarían desafíos y oportunidades en varios frentes.
- En el curso de las últimas décadas, en América Latina y el Caribe la agenda urbana ha evolucionado. Dentro de los aspectos relevantes que han caracterizado al desarrollo urbano y territorial reciente se pueden mencionar: la acelerada urbanización, la ocupación cada vez más intensiva de territorios que en el pasado contaban con escasa población, el reemplazo de un patrón migratorio, aumentando la importancia de la migración entre ciudades y barrios urbanos, acentuándose la migración internacional (Bárcena & Simioni, 2003).

Como se puede observar, uno de los procesos más relevantes experimentados por América Latina y el Caribe al final del siglo XX y principios del siglo XXI, ha sido el crecimiento acelerado de la población, cuya intensidad ha generado una explosión demográfica. A medida que la población urbana ha ido creciendo, se ha ido generando una caracterización social de las comunidades latinoamericanas, actualmente existen 5 escalas diferentes de poblaciones, las cuales se determinan debido a su magnitud poblacional y extensión territorial:

- Pueblos, villas, aldeas, comunidades, etc. (menos de 15,000 habitantes)
- Ciudades pequeñas (de 15,001 a 100,000 habitantes)
- Ciudades medianas (de 100,001 a 1,000,000 habitantes)
- Ciudades grandes (de 1,000,001 a 10,000,000 de habitantes)
- Macro ciudades (mayores de 10,000,001 de habitantes)

Hoy en día en América Latina existen 2 de las 10 ciudades más grandes del mundo (Distrito Federal, México y São Paulo, Brasil), otras 2 macro ciudades (Buenos Aires, Argentina y Rio de Janeiro, Brasil), 67 ciudades grandes, así como un sin número de ciudades medianas, ciudades pequeñas y pueblos.

2.2 La urbanización actual y el Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe

A pesar de existir un crecimiento poblacional agudo y un alto grado de concentración territorial en urbes, no se podría concluir que también existe un incremento en el desarrollo de estas comunidades (esto incluye todos los tipos de desarrollo: político, económico, sustentable, social, entre otros). Por el contrario, existe un detrimento y desequilibrio concerniente con las cuestiones relacionadas al crecimiento y desarrollo, ya que en los últimos años hemos podido observar diversas transformaciones importantes en la región que nos colocan dentro de una zona mundial con mayor crecimiento; sin embargo en el ámbito del término desarrollo no contamos con los mismos resultados.

En cuanto a la urbanización actual, una de las transformaciones más importantes ocurridas en estos años, está representada por el paso de la ciudad de campesinos a la ciudad urbana, movimiento dado a través de la migración de las poblaciones rurales a una mayor comunidad en zonas urbanas (Bárcena & Simioni, 2003). A pesar de este fenómeno, las urbes no han adquirido la capacidad de incrementar conjuntamente su sistema económico, generando sobre todo en las periferias de las ciudades, colonias de pobreza las cuales dependiendo del país donde se encuentran pueden ser conocidas como: favelas, callampas, vecindades, pueblos jóvenes, villas de miseria o cinturones de miseria. Se puede decir entonces, que la urbanización de las comunidades latinoamericanas presentan una dualidad en conceptos: la polarización y la desigualdad social, la cohesión y la fragmentación, la actuación de libre mercado en detrimento de la fortaleza del Estado, son entre otros los más agudos contrastes que se viven a diario en los espacios urbanos (Deyanira Matrille, 2011).

En cuanto al desarrollo sustentable se refiere, actualmente existen diversas instituciones tanto del sector gubernamental como del sector privado, encargadas del estudio y promoción de proyectos que fomenten el desarrollo sustentable. Entre algunos de estos proyectos encontramos la implementación del programa "INTEGRATION", el cual es un claro ejemplo de revitalización de áreas urbanas en América Latina y el Caribe (urb-al III, INTEGRATION, 2012). Es un programa constituido en base a un conjunto de proyectos piloto locales, donde se aplicaron los conceptos de desarrollo urbano sostenible por medio de acciones y medidas concretas, dando principal relevancia a la dimensión social.

No obstante y a pesar de los esfuerzos generados, aun no existe ningún proyecto que resuelva todas las demandas de dichas comunidades, dado que la mayoría de estos proyectos presentan una visión limitada o fungen sólo como pantallas de un sistema político, por lo cual es posible afirmar que hoy en día la característica central del problema radica en la magnitud del

crecimiento de la población, pero más específicamente se encuentra en la amplitud de falta de correspondencia entre el cambio demográfico y el cambio político (Arrossi, Bombarolo, Hardoy, Mitlin & Perez Coscio, 1994) (UNILA, UNIOESTE e UNIAMÉRICA, 2014).

Debemos mudar de ideas y ampliar horizontes para consolidar mejores soluciones, pero sobre todo, debemos tener presente cuál es la problemática real a la cual pretendemos dar esas soluciones. Se trata de construir nuevas visiones de las necesidades de esta región, con el mayor acuerdo posible para garantizar la continuidad en el tiempo y que los proyectos o soluciones establecidas trasciendan a los períodos de gobierno y cubran las verdaderas carencias sociales, promoviendo un desarrollo sustentable para toda la población y no sólo para determinados sectores sociales (Gastón, 2012).

3 SANTIAGO DE QUERÉTARO, MÉXICO. UN CASO DE ESTUDIO

Como todas las ciudades que conforman la región de América Latina y el Caribe son únicas, entendemos que tienen necesidades y carencias específicas. No obstante por ser una región común, todas cuentan con objetivos comunes y se enfrentan a retos similares.

En esta sección, se presenta el análisis de una ciudad latinoamericana, Santiago de Querétaro, México, con la finalidad de ejemplificar algunas de las problemáticas principales que esta región enfrenta y cuyo objetivo es generar un parámetro de conocimiento más real para ser utilizado como una guía para suscitar la reflexión sobre la forma de vida de dichas comunidades y ayudar a promover el desarrollo sustentable.

3.1 Caracterización de la ciudad

Santiago de Querétaro es la capital del estado de Querétaro de Arteaga, localizado en la región del Bajío del territorio Mexicano (Fig. 2).



Figura 2. Localización de la ciudad de Santiago de Querétaro.

Considerado Patrimonio de la Humanidad desde 1996, es un sitio histórico de gran importancia cultural y social, debida a su dramática historia e inmenso bagaje cultural resultado de poseer una población multiétnica. Cuenta con un carácter económico de gran relevancia a nivel nacional, por ser uno de los principales polos de inversión en México, impulsados por su industria (principalmente las industrias automotriz y aeroespacial), su turismo y su posición estratégica territorial (Smilovitz, 2012).

Se ha seleccionado esta ciudad dentro del sin número de ciudades latinoamericanas existentes, debido a que presenta una gran flexibilidad para mostrar la problemática real en un contexto normal, así como también porque esta ciudad a pesar de ser considerada una metrópoli competitiva con alta calidad de vida para sus residentes, muestra una contrariedad entre los aspectos de funcionalidad e inequidad.

Entre las particularidades importantes para el entendimiento de esta ciudad nos encontramos con temas como su localización, división territorial y su población.

3.1.1 Localización y división territorial

La ciudad de Santiago de Querétaro se localiza al suroeste del estado de Querétaro, limita al sur con los municipios de Corregidora y Huimilpan, al este con El Marqués y al noroeste con el estado de Guanajuato. Su extensión territorial es de 689.80 km², el cual representa el 5.9% del área total del estado de Querétaro de Arteaga (Municipio de Querétaro, 2012).

En el caso específico de Santiago de Querétaro, la rápida urbanización y la dinámica de organización del territorio generan continuas transformaciones, complicando la centralización de la urbanización, por lo cual esta ciudad está políticamente dividida en siete delegaciones (Fig. 3a): Centro Histórico, Epigmenio González Flores, Felipe Carrillo Puerto, Félix Osoros Sotomayor, Josefa Vergara y Hernández, Santa Rosa Jáuregui y Villa Cayetano Rubio (Fig. 3b).

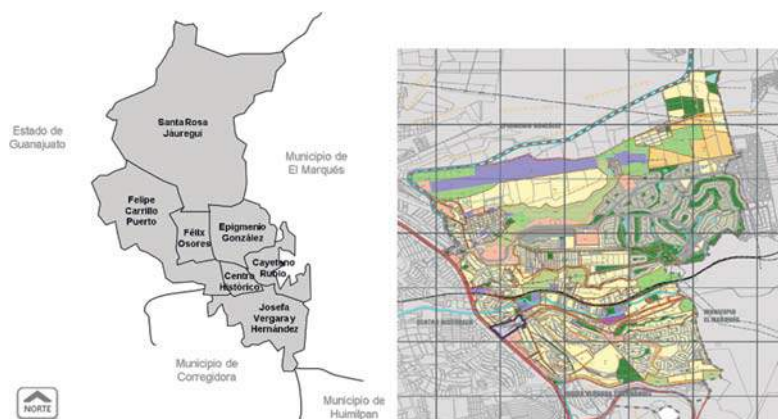


Figura 3. División política de Santiago de Querétaro y carta urbana de la Delegación Villa Cayetano Rubio

Esta división territorial busca que las autoridades competentes tengan un análisis urbano más detallado sobre la ciudad (a través de la realización de cartas urbanas, planes municipales, reglamentos, etc.) y que el crecimiento de la metrópoli se realice de una manera más ordenada satisfaciendo los objetivos gubernamentales para el desarrollo de la ciudad.

3.1.2 Población

Según el último censo realizado en la ciudad de Querétaro, en el año 2010 contaba con una población de 801,940 habitantes (Municipio de Querétaro, 2012), suma que se incrementaba a 1,174,224 habitantes si se contempla toda el área metropolitana de Querétaro (formada por los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués y Huimilpan).

No obstante, dicha cifra ha tendido a incrementar notoriamente, debido a que el crecimiento demográfico durante la última década ha alcanzado una tasa de 34.36%, debido principalmente al “fenómeno migratorio”, el cual es conocido porque anualmente más de 20,000 personas nuevas se vuelven residentes queretanos. Este fenómeno, aunado a la dinámica interna, representa el problema de crecimiento de la mancha urbana con todas sus consecuencias (Municipio de Querétaro, 2012).

El movimiento migratorio antes mencionado, también contribuye a que gran parte de la población sea joven y de edad trabajadora, debido a que el 46.23% de la población del municipio es menor de 25 años, sólo el 7.30% son mayores de 60 años y el restante 45.30% está en el rango intermedio (entre 25 y 60 años), siendo la edad media de la población de 26 años de edad (Municipio de Querétaro, 2012).

Otros datos estadísticos importantes son que en la década de los 90's y principios de este siglo, la tasa de natalidad ha mostrado una tendencia a la baja. En el 2011 la tasa de natalidad fue de 16.4 nacimientos por cada 100,000 habitantes. Y en lo que respecta a la tasa de mortalidad se registraron 3.8 muertes por cada 100,000 habitantes, encontrando que la esperanza de vida actual es de 78 años en mujeres y 73 años en hombres (Municipio de Querétaro, 2012).

3.2 Problemática actual

La principal idea para generar soluciones que detonen un Desarrollo Sostenible es considerar las relaciones entre la forma social, espacial y la estructura urbana, manteniendo un balance perfecto entre historia, cultura, política, contexto y forma de vida de una ciudad. Respondiendo a las preguntas ¿Qué resolver? y ¿Cómo resolverlo?

El correcto entendimiento de la primera cuestión va a determinar el actuar del segundo cuestionamiento, por lo cual es de primordial importancia que los estudios sobre las necesidades de una ciudad sean captados a través de diversas perspectivas y que involucren la mayor cantidad de aspectos.

El presente análisis muestra un panorama de la problemática actual de la ciudad de Querétaro, vista desde tres vertientes principales del Desarrollo Sustentable, las cuales son: desarrollo social, movilidad y planeamiento urbano. Cada una de estas categorías corresponde a las relaciones mencionadas anteriormente <forma social – desarrollo social>, <forma espacial – movilidad> y <estructura urbana – planeamiento urbano>. Así mismo, cada uno de estas categorías representa un eje fundamental para el adecuado funcionamiento de una ciudad.

3.2.1 Desarrollo social

Santiago de Querétaro es una ciudad de contrastes, aun cuando los indicadores socio-económicos reportan una posición privilegiada en el contexto nacional se pueden observar grandes deficiencias dentro del factor social. Para entender este desequilibrio, es importante hablar de los niveles socioeconómicos del lugar, creados por la Asociación Mexicana de Inteligencia de Mercado y Opinión Pública (AMAI), la cual es una norma fundamentada en un análisis estadístico que permite agrupar y clasificar a los hogares mexicanos en siete niveles, de acuerdo a su capacidad para satisfacer las necesidades de sus integrantes en términos de: vivienda, salud, energía, tecnología, prevención y desarrollo intelectual (AMAI, 2014).

Tabla 1. Características de los Niveles Socioeconómicos (AMAI, 2014).

Nivel	Características	Población queretana
A / B	Clase alta. Es el segmento con el más alto nivel de vida del país. Tiene cubierto todas las necesidades de bienestar, es el único nivel que cuenta con recursos para invertir y planear para el futuro. (Fig. 4 imagen de la izquierda)	4.3 %
C +	Clase media alta. Al igual que el anterior, este segmento tiene cubiertas todas las necesidades de calidad de vida, sin embargo tiene limitantes para invertir y ahorrar para el futuro.	11.4 %
C	Clase media. Este segmento se caracteriza por haber alcanzado un nivel de vida práctica y con ciertas comodidades. Cuenta con una infraestructura básica en entretenimiento y tecnología.	15.8 %
C -	Clase media baja. Los hogares de este nivel se caracterizan por tener cubiertas las necesidades de espacio y sanidad y por contar con los equipos que le aseguren el mínimo de practicidad y comodidad en el hogar.	18.7 %
D +	Clase baja alta. Este segmento tiene cubierta la mínima infraestructura sanitaria de su hogar.	20.2 %
D	Clase baja. Es el segundo segmento con menos calidad de vida. Se caracteriza por haber alcanzado una propiedad, pero carece de la mayoría de los servicios y bienes satisfactorios.	22.4 %
E	Pobreza extrema. Este es el segmento con menos calidad de vida o bienestar. Carece de todos los servicios y bienes satisfactorios. (Fig. 4 imagen de la derecha)	7.2 %



Figura 4. Desigualdad social dentro de la ciudad de Santiago de Querétaro.

De acuerdo con este estudio, la población de Querétaro es principalmente de clase baja, pero la distinción de clases sociales, el desequilibrio y la inequidad social, son sin duda de las principales problemáticas dentro de la ciudad y de toda la región de Latinoamérica. A si mismo, el problema de desigualdad puede detonar otros conflictos de desarrollo social, como: la desertificación de distintas zonas residenciales, el fraccionamiento de la configuración urbana, la marginación, la inseguridad, la degradación de viviendas, la falta de coherencia entre arquitectura habitable y confort social y el detrimento en el ámbito de salud.

Actualmente en Santiago de Querétaro existen 260 asentamientos que carecen de servicios básicos, el 4.82% de su población vive en viviendas que no cuentan con piso, el 6.19% de la población no cuenta con agua potable, el 4.10% de sus habitantes no tienen servicios sanitarios adecuados y el 3.26% de la población no cuenta con una red de electricidad (Municipio de Querétaro, 2012). Así mismo, la infraestructura destinada para el sector salud no responde al ritmo de la creciente demanda (Municipio de Querétaro, 2012).

3.2.2 Movilidad

La infraestructura urbana bien planeada y el equipamiento adecuado pueden transformar a las ciudades en algo mejor y contribuir a la calidad de vida de sus residentes. Actualmente en cuanto a este tema se refiere, la ciudad de Querétaro cuenta con algunas complicaciones debido al incremento vehicular existente. Hoy en día se estima que en el área metropolitana existen 560,000 vehículos, cifra que se incrementa cada año (Municipio de Querétaro, 2012).

Santiago de Querétaro como la mayoría de las ciudades latinoamericanas cuenta con vías de transporte rápido; sin embargo estas vialidades no son capaces de satisfacer todos los requerimientos viales (Fig. 5), por lo cual se vuelve una necesidad imperativa la construcción de más y mejores carreteras, calles, avenidas, etc. que fortalezcan la movilidad de vehículos y de personas; así también es importante reforzar la cultura peatonal que en los últimos años ha ido adquiriendo más fuerza, así como promover el uso de transportes alternos.

En cuanto al transporte público se refiere, es necesario generar una restructuración, ya que este sistema ha crecido fuera de control, brindando un servicio inadecuado e inseguro, por lo cual, los residentes prefieren optar por la adquisición de un vehículo propio a su utilización.



Figura 5. Problemas de movilidad dentro de la ciudad de Santiago de Querétaro.

Por último, otra de las problemáticas observadas en lo que al ámbito de movilidad se refiere, es el mal estado de la infraestructura vial, existiendo paradas de transporte público mal diseñadas

o en ciertos casos improvisados, debido a que se eliminan las bahías, falta de una iluminación y señalización adecuada, creando espacios inseguros para las personas que utilizan el transporte público. A su vez en el aspecto peatonal, el vehículo privado tanto público resultan ser una amenaza para los peatones, no respetando las zonas destinadas para ellos como las banquetas, pasos de cebra, así como la infraestructura para el peatón (puentes peatonales, semáforos, etc.) no es la adecuada para propiciar una movilidad segura (Fig. 6).



Figura 6. Problemas de accesibilidad peatonal.

3.2.3 Planeamiento urbano

La parte de infraestructura va intrínsecamente relacionada con la cuestión socio-económica y el estatus social, encontrando que existen partes de la ciudad donde el planeamiento urbano es un tema de suma importancia, pero en otras zonas se puede observar el descuido inminente de infraestructura, mobiliario y equipamiento urbano (Fig. 7). Se recomienda impulsar la mejora de la infraestructura y el equipamiento urbano, promoviendo una igualdad en los servicios ofrecidos (agua potable, drenaje, electricidad, recolección y tratamiento de residuos), incrementar los espacios verdes y recreativos, proteger el patrimonio cultural e histórico, así como mejorar el comercio, el turismo y el sector industria.



Figura 7. Descuido de infraestructura, mobiliario y equipamiento urbano.

4 CONCLUSIONES

Como es posible observar, las comunidades latinoamericanas son un punto de exploración para contribuir en la mejora y desarrollo sustentable. No obstante debido a las problemáticas presentadas, se puede concluir que las soluciones presentadas hasta ahora son sin duda sólo un peldaño para lograr generar comunidades competitivas.

Empero, no basta con la realización de proyectos aislados para generar un desarrollo sostenible adecuado; debemos apelar a una nueva lectura de la ciudad desde un enfoque donde sean contemplados los aspectos físicos, sociales, económicos, políticos, culturales, ideológicos entre otros; aspirando a una interpretación integral de las necesidades reales no resueltas y a través de la innovación, la tecnología, el conocimiento global, así como el local, buscar establecer lazos entre las instituciones gubernamentales referentes a la planeación de las ciudades y los habitantes de dicha comunidad.

Hay que generar y promover un dinamismo de una sustentabilidad, que aproveche y preserve los recursos naturales con los que se cuenta, no deteriorando el medio ambiente, que mejore la

calidad de vida y el estatus social de sus habitantes, que genere una actividad económica autosuficiente y que cambie la perspectiva de las políticas y administraciones gubernamentales.

REFERENCIAS

AMAI. 2014. Niveles Socio Económicos. Recuperado de: <http://nse.amai.org/data/>

Arrossi, S., Bombarolo, F., Hardoy, J. E., Mitlin, D. & Perez Coscio, L. 1994. *Funding Community Initiatives*. Londres, Earthscan.

Bárcena, A. & Simioni, D. 2003. El papel de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en el avance de la cooperación regional en temas de asentamientos humanos: gestión urbana y sostenibilidad. *Gestión urbana para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.

Cohen, B. 2004. Urban Growth in Developing Countries: A Review of Current Trends and a Caution Regarding Existing Forecasts. *World Development*. Vol. 32. Issue 1. Pp. 23–51.

Deyanira Matrille, L. 2011. Arquitectura y Sociedad. Recuperado de: <http://yarlinbrito.wordpress.com/2011/05/16/arquitectura-y-sociedad/>

Gastón, A. 2012. *El desafío hacia el gobierno abierto en la hora de la igualdad*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile, Chile.

Latin American Network Information Center. 2014. Recovered by: <http://lanic.utexas.edu/subject/countries/index.html>

Municipio de Querétaro. 2012. *Plan Municipal de Desarrollo 2012 – 2015*. Recuperado de: <http://www.municipiodequeretaro.gob.mx/contenido.aspx?q=fhHPSp4GXlQb5RwPYA+4myDXx2Fyn1qk>

Naciones Unidas. 2010. *Avances en la sostenibilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.

Rodríguez, J. & Villa, M. 1998. Distribución espacial de la población, urbanización y ciudades intermedias: hechos en su contexto. *Ciudades intermedias en América Latina y el Caribe: propuesta para la gestión urbana*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). LC/L.1117. Pp. 28-32.

Smilovitz, E. 2012. *Querétaro, una ciudad para invertir*. Recuperado de: www.altonivel.com.mx/24396-queretaro-un-estado-en-movimiento.html

Trading Economics. 2014. *Population; total in Latin America and Caribbean*. Recovered from: <http://www.tradingeconomics.com/latin-america-and-caribbean/population-total-wb-data.html>

UNILA, UNIOESTE e UNIAMÉRICA. 2014. *IV Jornadas Internacionais de Problemas Latino-Americanos. América Latina: lutas, experiências e debates por uma integração dos povos*. A preferência ideológica na formulação de políticas públicas. Foz do Iguaçu, Brasil.

United Nations Commission on Human Settlements. 2002. *The State of the World Cities Report*. United Nations Publications, New York, EEUU.

urb-al III, INTEGRATION. 2012. *Desarrollo Urbano Sostenible en Latinoamérica*. Parte 2, Stuttgart, Alemania, 6 - 5.

Integrative Methodologies in Technical Assistance Projects for Urban Communities

Heliana Faria Mettig Rocha

Federal University of Bahia, School of Architecture, Salvador, Bahia, Brazil

University of Copenhagen, Sector of Landscape Architecture and Planning, Copenhagen, Denmark

helianamettig@ufba.br hfmr@ign.ku.dk

Maria Suzana Moura

Federal University of Bahia, School of Administration, Salvador, Bahia, Brazil

mariasuzana@gmail.com

ABSTRACT: The paper discusses the Integrative Methodologies (IM) used in the process of technical assistance to urban communities during the activities in the first experience of the specialization course "Professional Residency in Architecture, Urban Design and Engineering", from Federal University of Bahia, Brazil. Initially, we explore the context of the experience. Then, we highlight the theoretical references of IM, as well as its application in the learning environment at the university, using action research approach. Later, it describes the integration of professional residents in urban communities in Salvador, among other cities, which revealed their appropriation of these methodologies. Finally, the conclusions point that IM, while using non-conventional means of expression, enable the expansion of interaction possibilities of the role of professionals in technical assistance projects for urban communities. It helps gather its potentialities turning them more resilient.

Keywords: Integrative Methodologies, Technical Assistance, Professional Residency, Urban Communities, Resilience.

1. INTRODUCTION

In the Brazilian contemporary urban context, there has been a constant political struggle for governmental interventions to supply the needs of poor communities, including adequate housing, basic sanitation and energy distribution, to name only the main legal rights for decent housing. One of the main advancements of the social movements for urban reform has finally resulted in the approval of the Federal Law 10,257/2001, known as the City Statute (Brasil, 2001), conquered by popular initiative.

Within this context, architects, city planners and engineers, professionals with the function of planning and building spaces with the scope of the complex interdisciplinary task of imagining and creating better and more inclusive cities, most of the time, feel powerless to implement the invention and use of better technologies. At the present moment, strengthened by the collective will that creeps in by the definition of other priorities, these professionals should be able to act together with communities and city managers in better initiatives for necessary changes (Gordilho-Souza, 2013).

Contributing to this vision, the Federal University of Bahia, via the School of Architecture, together with the graduate program in Architecture and Urban Planning and the LabHabitat: Laboratory for Housing and the City and in partnership with the Polytechnic School, launched the proposition of the Professional Residency in Architecture, Urbanism, and Engineering (AU+E/UFBA). As a specialization course similar to that of the medical school, it enabled the "Technical Assistance for Housing and the Right to the City" course, with the enrollment of its first session in the second academic semester of 2013 (Gordilho-Souza et al, 2014).

The course aims to contribute to the training of professionals and citizens to enable innovative urban integration and social inclusion projects, learning from the city in a broad and ongoing dialogue to set new commitments for collective construction (UFBA, 2014). All the subjects of the theoretical part of the course, the initial four months, encourage critical reflection and questioning of pre-established ideas as well as the use of creativity in the choice of subjects and solutions for the associated communities. Among the course subjects, Methodologies and Techniques for Collaborative Projects includes the study of integrative and participatory methodologies, as well as the techniques and tools of action research to interact with diverse social groups (Thiollent, 2011).

The objective of this curricular component help define appropriate participatory ways of apprehending reality, knowledge production and definition of projects from technical participatory diagnosis; and awaken the managers involved with technical assistance projects, their role as agents of social transformation in the communities they serve. Such subject demonstrated knowledge of various promotional techniques of citizen participation in projects development, which may be included in the field of integrative methodologies. The direct application of these methodologies in the classroom enabled the group experience a kind of community, with its own characteristics, demands, needs and dreams in order to identify and strengthen a common purpose - the learning of MI. Using unconventional references through the encounter with the sensibility and the intuition, the residents were connected by the experience, through the creation of a conducive ambience for learning, and also by providing new instruments for the fieldwork.

The interaction between professional residents and communities, in Salvador, was based on a database with demands organized by LabHabitar. This interaction took place in two stages: during the completion of the theoretical subjects, having the Work Plan as a guide to the next period of fieldwork. Thus, it is in this context that MI are discussed here, while an experienced content in the approach process of professional residents in the classroom, and between them and the associated urban communities.

2. INTEGRATIVE METHODOLOGIES

2.1. Basic Notions

Since the 1970s, there has been much talk of popular, or citizen, social participation within public, urban projects and territorial development policies. However, there has been little progress in terms of tools and methodologies able to cope with the diversity of training, languages and forms of expression. We continue acting under the hegemony of intellectual thought produced by logic and analytical rationality, with verbal expression. Therefore, it is a common scene in many of our meetings and classes to find people physically present but mentally absent, with only one individual talking, reproducing the verticality and command relations, encouraging obedience and absenteeism. This tends to happen even in participatory processes promoted by the State and/or the Civil Society.

Considering this fact, we need to understand what has developed in our civilization. In coping with the demands of collaboration and participation, the techno-scientific codes based essentially on the logical-analytical-verbal rationality are insufficient. It is what Gianella (2008) points out as a necessary paradigmatic turning point that can be provided by the integration of education and management and the forgotten human dimensions of body, emotion, intuition, and art.

We have experienced the turning point of this paradigm in teaching-learning and university extension experiences since the early 2000s, a process that was deepened upon the authors' encounters with Valeria Giannella and other action research groups. Such experiments have shown how fruitful the connection is among our bodies and the interaction of people through the cir-

cular arrangement of chairs and by providing space for the inclusion of various artistic expressions. These collective and personal connection elements provide a means to bring together the sensitive and the intuitive, mobilizing people for the shared production of knowledge and collective creation.

We have noticed that this type of practice allows us to create a fruitful field for flowing intuition, unity and other levels of perception. Interestingly, body movements focused on senses and feelings, as well as the circled seating positions, have the potential to generate a favorable environment for the first approach to a topic that is to be examined. In relation to the circles, Bolen (2011) draws attention to the specific dynamics that constitute a group that adopts this form in its meetings, as it "encourages the psyche, confidence and authenticity" and, depending on the practices developed, "stimulates the imagination and means for creativity". These are fundamental qualities of participatory management in the perspective presented. These conjectures echo our observations in practice in recent years, including the classroom and field activities of the Residency AU+E.

We can say that the way in which we work is also art, integrating here the Yoruba vision "that art is in the body", and that the body is, "as expression and language, full of intentionality, where existence takes place" (Merleau-Ponty, 1971; Moura & Calil; 2009). Furthermore, the body "knows the world before we can reduce it to abstract concepts and schemes of our own mental processes" (Duarte Jr., 2004). Art and the body open up the possibility of the coexistence of the sensitive and the intellectual/intuitive dimensions in human knowledge, enabling a kind of sensitive knowledge which surpasses analytical thinking. Rational thinking is linear, focused and analytical. It belongs to the realm of intellect, whose function is to discriminate, measure, classify. "[...] The intuitive knowledge, on the other hand, is based on a direct experience, non-intellectual reality, due to an expanded state of awareness. It tends to be a synthesizer, holistic and non-linear" (Capra, 1991).

We found, through Moraes (2014), a path toward deepening the dialogue when she speaks of "the importance of the climate generated in teaching-learning environments" through the integration of the body, emotions, dialogue and human coexistence. That's because, again according to the author, the learning environment, as well as every place "where life happens", can be perceived as an "energetic and vibrational field of different frequencies, shaped by relationships, intentions, decisions and awareness of those who inhabit it" (Moraes, 2004).

Through this understanding, the perspective opened to the educator as well as to the architect and urban planner who intend to encourage the development of participative projects is to facilitate the creation of environments that encourage listening and the emergence of collective intelligence, which contributes to co-creating knowledge, projects and actions. Besides the aspects mentioned by Moraes (2004), we included in the notion of environment the physical space with the distribution of furniture (chairs and tables) and the composition of elements that stimulate the senses (visual, olfactory and sound), as we detail in the next item.

The experiences we have had so far have led us to work with groups in different training contexts, which begin with the creation of a welcoming environment, followed by each participant's contributions in the context and subsequent collective creation process. Specifically about the course addressed here, the basics outlined above led to the creation of a diagram, which we named the Spiral of Participatory Technical Assistance, expressed below.

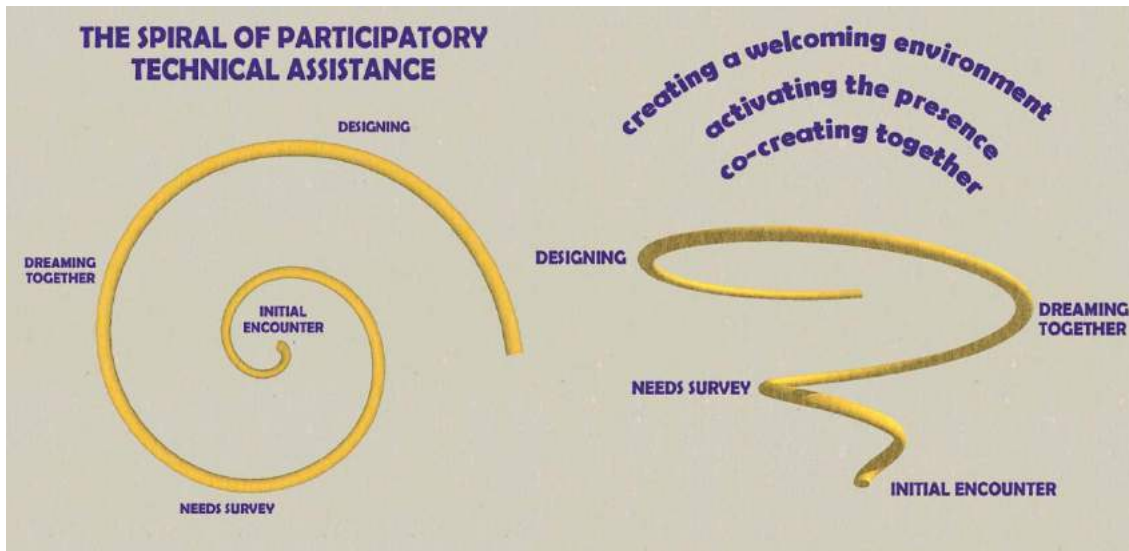


Figure 1. The Spiral of Participatory Technical Assistance presented in the class of IM for Participatory Processes.

We thought of four points when viewing the spiral that integrate moments of technical assistance in the field: the initial encounter survey of needs, dreaming together and designing. As these aspects are not stagnant, they are in constant motion and can eventually lead to different goals. For example, each step of survey of needs require new meetings with an approach that is differentiated from that of the initial encounter. In other words, they are on another level of the ascending spiral. As an analogy of the spiral's shape in two and three dimensions, the approach process and the understanding of the community needs can ascend in an upward direction, but sometimes they descend in the downward direction. This may occur when resuming the previous process and depending on the situation; there is no single rule. This phenomenon is seen as a natural movement for the growth and strengthening of relations between people, and between people and the environment, as development built over time. As such, the IM are based on diverse forms of expression that help make this process more human and permanent.

Figure 1 also suggests ascension of meetings between technicians and the community, facilitating the understanding that they may have a natural axis conductor when focusing on creating a welcoming environment with both collective and individual presence. In the construction of a sense of belonging to the group and the community, the development of content through unconventional expression precedes planning and co-creation. Relating to the field of systemic pedagogy, according to Machado (2005), the spiral shape is a metaphor referring to the recursive phenomenon whereby the frequent returning to prior learnings, re-defining them and combining them, constantly reconstructs history and knowledge itself. Thereby, we propose connection exercises between what is learned together with the personal and the collective level, in everyday life. Participants build the environment for its establishment through awareness and the importance concurrently given to knowledge and self-knowledge.

2.2. Application of IM in the classes of Residency AU+E/UFBA

We carry out the whole process with the intention that the group of residents could experience being a community with its own characteristics, needs and dreams in order to identify and strengthen a common purpose. The starting point was the creation of a harmonized environment to foster interaction, one of the basic elements that characterize the IM field (Moura 2013), from the arrangement of chairs in a circle to the use of background music and aromatic essence to the activation of different perception senses of the body. Another element was the preparation of the circle's center, where a flower, colored pens, books on the subject, and a blank paper were placed, which the participants subsequently used for the registration of agreements regarding the purpose of the meeting (Fig.2).



Figure 2. Application of MI: ambience, circle of chairs with center, for *Dialogue Wheel* technique. Source: author's archive.

After everyone was comfortable, we set out to reaffirm why we were there and the importance of the participants' presence. People were invited to express their names and bring a quality that were offering for the proper conduct of the meeting, which is another step for people to be fully at the present moment, activating the presence and the feeling of belonging to the group and the place (Somé 1977). This methodology used one of the forgotten dimensions in educational and professional environments, namely our body that is the closest natural element to ourselves. This is another fundamental step to activate sensations and intuition and to intensify our physical and mental presence. For this process, we invited people to participate in a meditative practice: free breathing and movements that allowed participants to bring awareness to the present moment and to pay attention to feelings of comfort and discomfort. We next connected this practice to the context of the Residency AU+E and the purpose of the methodology. At this point, we introduced the history of the university program, which was related by older teachers who knew about the foundation of the School of Architecture. They articulated a link between the school's origin and the purpose of this course, which were both founded to promote participatory projects of social interest.

Among the techniques used for the survey of needs and the moment to dream together were:

1. Dialogue wheel is a technique that was used to define the purpose and the agreements of the group of residents and teachers (the authors of this article). In circle, participants were asked to exercise the listening and contextualized speaking, fully listening to the other, without being drawing up their own speech during the hearing. This attitude encourages dialogue and the exchange of knowledge, making them more pleasant and fruitful. This technique, developed by the authors, had as references The 'Listen Wheel', based on Giannella and Moura (2009) and the approach of Mariotti (2011) on Dialogue;
2. Invented history is one storytelling technique which everyone is invited to create together in a circle, a storyline and characters, from a theme/purpose agreed, being the facilitator who starts it. Within the context of the subject, this technique was introduced to deal with the needs and conflicts of the group at that time (Giannella & Moura, 2009);
3. Green Map, known worldwide as Green Map, is a technique that encourages the involvement of participants and allows viewing how much they know about the site in focus. In the course, the green map was applied to the neighborhood where the School of Architecture is located at the spiral step of 'dream together' (Green Map, 2014);
4. Thematic theater is a technique used to stimulate creativity and collective learning. Residents were divided into groups and asked to simulate situations of conflict and possible solutions at the time of interaction with the community, connecting with intuition and creativity (Giannella & Moura, 2009).

Later, at the moment of the collaborative project design, we used the *World Café* technique, bringing previously elaborated questions about possible solutions to the situation presented by

one of the participating communities. The residents gathered in small circles, each with a specific issue that should be studied through drawings and free texts, and generated some design guidelines in technical assistance to answer the demands of that community in a collaborative experience (The World Café,2015) (Fig. 3).



Figure 3. Application of MI: *World Café* technique.

In general, the power of harmonization and peacemaking we can experience with IM creates more creative ways of dealing with conflicts and tensions that we encounter and with the challenges we face in relationships among people, assisting them in their paths and supporting projects and groups in the classroom and in other areas (Moura, 2013). The IM approach was successfully validated in the classes of Residency AU+E/UFBA in the aspects of encounters needs survey, dreaming together and in the moments of collaborative planning and design. By following this experimentation, all groups of residents took ownership of some of these practiced methodologies and created their own approaches into specific workshops described in their Work Plans and developed at the fieldwork, as noted in the introduction.

2.3. Application of IM in the Technical Assistance Process

From participant observation, the mentoring of some residents, and contact with the original inhabitants of some communities during the field activity, we identified some appropriations of IM in technical assistance processes. This happened through workshops planned by the groups in order to achieve a participatory technical diagnosis, which would be the next product of the course. To demonstrate the relationship with the Spiral of Participatory Technical Assistance, take some examples of workshops developed by each group, noting that the spiral served only as reference or guiding principle for other creative ideas applied in workshops, adapted to the local reality of each participating community. It is from this standpoint that we understand the method's validation.

We noticed that, in meetings with communities and their leaders, the groups generally sought to create host environments to provide mutual confidence through the arrangement of chairs in a circle, innovating the forms of creative presentation, enabling individual and collective presence, even during the toughest meetings. The importance given to the story told by local elders also helped in demonstrating respect, honoring the oldest citizens and their memories of their communities. Many groups used the feature of joint development agreements to guide the meetings through active listening, where each participant was required to fully hear each other during their speeches, without elaborating on his own speech or an answer during the hearing. This attitude made the dialogue wheel and the practices of knowledge exchange more effective, enabling them to become more pleasant and fruitful (Fig.4).



Figure 4. Application of MI: *Dialogue Wheel* technique.

Aiming to promote the recognition of people and their living space, some groups demonstrated a concern for identifying the vision that inhabitants have of their own community and environment, starting to recognize their problems and potentials through the construction of simple maps and diagrams as an easy way to understand where everyone could contribute with their impressions throughout the process. This practice resembles the green map technic that was used in the classroom and can be considered as an expansion of this one. In more participatory contexts, some workshops achieved the creation of diagrams that mapped groups and their support networks, broadening the perception of these networks both by locals and by the residents. Normally, this recognition is the first step towards promoting the strengthening of the community (Borges et al., 2014). The Green Map technique was used by two of the groups in different communities, supporting the very location of the main social, environmental, service, and equipment references existing in the site.

By observing a group that assisted a *quilombo* community, from African ancestrals, located at a non-urban area, we realized that there was a strong connection between the residents and the community members that permitted the application of a collaborative mapping for the memory of the community. This preparation helps to bring people closer together by recognizing the intangible value inherent in their community. The validity of the methodology is demonstrated by the care about the *genius loci*, which meant consider a deep meaning of the place and the honoring of the community elders' memories. While conducting the meetings and workshops in this early period of fieldwork, the groups of residents faced some challenging obstacles, such as difficulties in mobilizing people for participation. This difficulty led groups to promote dialogues with the communities, leading to changes in strategies based on the evaluation of the adopted process. Together, some residents sought to identify successes and failures and the reasons for community members' low attendance. Accordingly, the group working with an urban community, close to the central districts of the city, experienced a very particular situation. The reason for the lack of mobilization was the discouragement caused by previous, unfruitful collaborations with university groups, from which the community had not experienced returns. This spurred the group to utilize their creativity to remedy the issue. For this case, the residents created a technical assistance format on an individual scale to identify the predominant needs of the community and to then develop their technical assistance projects. This methodology enabled the recording of reports of possible interventions, in addition to referencing some specific contributions to the public institutions.

These meeting moments, identifying needs and collective dreams were realized beyond conventional means, redefining processes of traditional technical diagnostics that are often unilateral. Overall, with this step completed, the groups were able to synthesize the demands for each community and develop a diagnosis that they presented in the Participatory Technical Diagnostic Seminar of the Residency AU+E. From that moment forward, it was possible to identify the conceptual axis that would guide each group's work, directing the individual work of each resident based on the contributions of the communities participating in technical assistance projects.

3. FINAL CONSIDERATIONS

The Residency AU+E proposal was collectively designed in recent years, and, finally, puts the Federal Law No. 11,888/2008, for Public and Free Technical Assistance for Social Housing, into practice in an inclusive way. In this context, architects, urban planners and engineers, as well as professionals in related fields, can be prepared technically and intuitively to create better, more inclusive and resilient cities. In this sense, urban resilience has expanded its concept beyond a response to a natural or physical impact (Walker et al. 2004). It can also characterize a system with its ability to change and continuous adaptation, considering its flows, dynamics, networks and the environment from people who experience the urban environment, coming closer to the concept of social resilience. In this sense, resilience proves to be a skill that is built daily and it depends on components such as collaboration, adaptation, anticipation, interaction and mobilization (Mostafavi, 2010; Rocha, 2014).

The reported experience draws attention to the potential application of MI in learning environments and technical assistance. The training of professionals with this type of methodology differs from the conventional technical preparation. It emphasizes the sensitive, the art, the body and the careful look at oneself, people and the environment, as grounds for the application and re-creation of techniques, which are designed to facilitate meetings, surveys of needs and collaborative design, being phases of the Spiral of participatory technical assistance.

In this type of approach is up to the architect and urban planner, as any professional who intends to act with participatory processes, also contribute to the creation of environments that encourage listening and the emergence of collective intelligence; including the furniture distribution or layout (chairs in circle) and the insertion of elements that stimulate the senses (visual, audible and olfactory) in any of the spiral steps. Similarly you must enable sensitive and committed presence to be held the exchange and joint construction of knowledge and solutions, using and re-creating techniques such as those reported here.

In the classes given to the first course and during the technical assistance process, we found evidence that the integrative methodologies expand the possibilities of expression and interaction of residents among themselves and with the urban communities. This happens through simple participatory practices that restore, including traditional knowledge, as the meeting in a circle around a center with the focus of the meeting, the practice of listening and dialogue and the integration of body and of various forms of art, among others. After all, as pointed out by Giannella & Moura (2009), the integrative methodologies are designed to provide the production of interactive knowledge, and are intended to value the real skills of each person involved in the process, mobilizing the collective wealth of the whole human being.

Thus, the whole process happened through the appropriation of tools, techniques and dynamics capable of enhancing the learning processes that were used inside and outside the classroom and in spaces of technical assistance practices based on the exchange of experiences among the people involved. We seek an alignment between knowledge and practice, experimenting with new ways to observe, feel and realize the aspirations of the collective, regarding social issues and organizations.

Anyway, getting back to the spiral metaphor of MI, this refers to the idealization and construction of several participatory techniques through considering theory and practice cyclically and upward trend, considering the importance to live with the uncertainty of knowledge, the daily life and the unexpected. However, these practices depend on flexibility for creation and adaptation to specific contexts, as well as permanent attitudes evaluation, self-criticism and listening by professionals, expanding the scope and applicability in different situations, in addition to academic practice. The reflection developed here does not exhaust the subject, however, indicates the need for further research on the potential and challenges of the implementation of Integrative methodologies in participatory learning contexts and professional performance. The Spiral

of Technical Assistance, with their *momentums* and techniques, also deserves further research and deeper reflections.

REFERENCES

Bolen, J. S. 2011. O Milionésimo círculo: como transformar a nós mesmas e ao mundo: um guia para círculos de mulheres. 2 ed, São Paulo: Triom.

Borges, I. A. & Alonso, R. C. & Rocha, H. F. M. 2014. O direito à cidade pela experiência do projeto “Nova Esperança – Meio Ambiente Urbano”. In III ENANPARQ - Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo: arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva; Proc. nac. conf. São Paulo: Makenzie.

Capra, F. 1991. Ponto de Mutação. São Paulo: Ed. Cultrix.

Duarte Jr., J. F. 2004. O sentido dos sentidos: a educação (do) sensível. Curitiba: Criar.

Brasil. Lei 10.257. 2001. Brasília: Estatuto das Cidades.

Giannella, V. 2008. Base Teórica e Papel das Metodologias Não Convencionais para Formação em Gestão Social. In Caçado, A. et al (eds). *Os desafios da formação em gestão social* Coleção ENAPEGS, v. 2: 11-36.. Palmas: Nesol; UFT, Católica do Tocantins, UNITINS.

Giannella, V. & Moura, M. S. 2009. Gestão em rede e Metodologias não Convencionais para a gestão social. In *Roteiros Gestão Social*, v. 2 Série Editorial CIAGS,. Salvador: Editora CIAGS.

Gordilho-Souza, A. 2013. Assistência Técnica em Arquitetura, Urbanismo e Engenharia: Avanços Institucionais. In 6º. PROJETA – O projeto como instrumento para a materialização da Arquitetura, Proc. nac. conf. Salvador: UFBA.

Gordilho-Souza, A. & Rocha, H.F.M. & Lima, L.C. 2014. Design and Technology for Inclusive Housing: Professional Residency Experience. In ZEMCH - Zero Energy Mass Custom Homes International Conference; Proc. intern. conf., Londrina, 4-6 June 2014. Londrina: UEL.

GreenMap. 2014 Directions to a Sustainable Future. <http://www.greenmap.org>

Machado, V. 2014. Definições de prática pedagógica e a didática sistêmica: considerações em espiral. In *Revista Didática Sistêmica*, v.1. Trimestre: out-dez de 2005. <http://www.redisis.furg.br>

Moraes, M. C. 2004. Pressupostos Teóricos do Sentipensar. In Moraes, M. C. & De La Torre, S. *SentiPensar: Fundamentos e Estratégias para Reencantar a Educação*. Petrópolis: Vozes.

Mostafavi, M. and Doherty, G. *Ecological Urbanism*. 2010. Cambridge: Harvard University Graduate School of Design with Lars Müller Publishers.

Moura, M.S. 2013. Metodologias Integrativas. Abrindo Novos Caminhos para a Criação Coletiva na Gestão Social. In *RIGS – Revista Interdisciplinar de Gestão Social*. v.2 n.3, set./dez: 179-188. <http://www.rigs.ufba.br>

Moura, M.S. & Calil, M. 2011. Sala em cena: jogos teatrais na formação do/a gestor/a social. In *Revista Terceiro Incluído: transdisciplinaridade e educação ambiental*. v.1, n.1, p. 57-74, jan./jun. ISSN 2237079X. Goiânia <http://www.revistas.ufg.br/index.php/teri/article/view/14389>

UFBA - Residência AU+E/UFBA. 2014. Residência Profissional em Arquitetura, Urbanismo e Engenharia da Universidade Federal da Bahia. <http://www.residencia-aue.ufba.br>

Rocha, H.F.M. 2014. Senso Coletivo e Resiliência: a visão original das ecovilas. In Fórum Habitar 2014: habitação e desenvolvimento sustentável.- Minas Gerais 2014. *Livro de Actas* Belo Horizonte:UFMG <http://www.forumhabitar.com/>

Somé, S. 1977. *The Spirit of Intimacy: Ancient African Teachings in the Ways of Relationships*. Berkeley: Berkeley Hills Books.

The World Café <http://www.theworldcafe.com>

Thiollent, M. 2011. Methodology of Action Research. 136 p Cortez,.

Walker, B. & Holling, C. & Carpenter, S. & Kinzig, A. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. In *Ecology and Society*, 9 (2), 5.:<http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>

Instrumento para monitorar empoderamento no Programa Nacional de Habitação Rural

André Vilela Pereira

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Geografia, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

andre.pereira@iphan.gov.br

Andrea Naguissa Yuba

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Geografia, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

naguissa@gmail.com

ABSTRACT: This article proposes a standard questionnaire to be applied during the execution of rural housing production programs, aiming the Rural Housing National Program (PNHR), part of Minha Casa Minha Vida Program (PMCMV). It is intended to provide tools for the data acquisition that allow monitoring of results of these programs regarding empowerment of targeted individuals and groups of these policies. Literature review brought up fundamental issues related to the debate about empowerment, and substantiate a questionnaire to analyze the process, structured from three interrelated aspects, to be answered by beneficiary families of rural housing policies.

Keywords: Public Policy, Rural Housing, Empowerment.

RESUMO: Este artigo propõe um modelo de questionário a ser aplicado durante a execução de programas de produção de habitação rural, visando o Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), integrante do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), com a intenção de instrumentalizar a obtenção de dados que possibilitem um monitoramento dos resultados destes programas em relação ao empoderamento dos indivíduos e grupos beneficiários destas políticas. A revisão de literatura apontou questões essenciais do debate a respeito do empoderamento, e fundamentaram um questionário estruturado para analisar o processo a partir de três aspectos, inter-relacionados, a ser respondido por famílias beneficiárias de políticas de habitação rural.

Palavras-chave: Política Pública, Habitação Rural, Empoderamento.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo procura trazer o empoderamento ao centro da discussão das políticas de habitação rural, buscando meios de mensurá-lo e refletir sobre seu fomento a partir das políticas públicas. Parte-se de um entendimento de que se deve mitigar a exclusão social, a inequidade e a pobreza, não somente por uma questão de justiça social, mas também por serem condições limitadoras do desenvolvimento econômico de um país.

Estudos econométricos apontam que níveis elevados de desigualdade, como os do Brasil, dificultam ou mesmo impedem o crescimento da economia (SANTOS, 2001), motivo pelo qual se entende que a discussão a respeito das alternativas para um desenvolvimento mais sustentável passe também por ampliar e democratizar o acesso e a inclusão, diminuindo as barreiras para a emancipação individual e coletiva dos indivíduos e grupos comumente afastados da economia – seja pela falta de capital físico, humano ou social (PUTNAM, 2000) – buscando a superação da exclusão social e pobreza.

Uma real superação das condições que caracterizam a pobreza, em seus diferentes níveis, dá-se no momento em que o indivíduo se encontra incluído socialmente e economicamente, de forma a não mais depender de maneira tão sensível do Estado, ou de outras forças ou instituições, ao

ponto de manter uma relação de subordinação. Escorel (1999) aponta a exclusão social como um "isolamento dos indivíduos, abalo do sentimento de pertencimento social, anomia, crise de vínculos sociais e de coesão social". O empoderamento, junto a conceitos afins, relacionados à participação, inclusão, democracia e a própria discussão do papel do Estado na garantia dos direitos básicos aos cidadãos, são temas que permeiam o debate ideológico a respeito do desenvolvimento (ROMANO, 2002).

A luta pela inclusão e superação da pobreza passa, portanto, pela educação, capacitação e pelo empoderamento, de forma a possibilitar uma superação estrutural e duradoura. Se o poder se manifesta nas relações entre diferentes entidades ou seres (FOUCAULT, 1979), a estratégia do empoderamento serve, a uma equalização das concentrações de poder, com o interesse da superação da pobreza. A inequidade, a extrema desigualdade nas relações de poder, em suas diversas dimensões, reflete-se na mesma pluridimensionalidade da pobreza. A dissolução desses nós de desigualdade reforça, sinergicamente, a autonomia, de forma individual, ao mesmo tempo em que ressignificam e tornam mais legítima a coletividade.

Por ser um conceito transdisciplinar, de natureza estrutural, é certo afirmar que deve-se buscá-lo não somente a partir de uma visão abrangente, mas por meio de diversas abordagens, com diferentes enfoques (VILLACORTA & RODRIGUES, 2002), atacando e removendo as dificuldades e limitações externas, ao mesmo tempo em que se busca capacitar e motivar o indivíduo, nas diferentes áreas do desenvolvimento e relações humanas. Por isso o tema do empoderamento é tratado em diferentes e diversas políticas governamentais, muitas vezes para os mesmos grupos ou indivíduos.

No meio rural, a busca pelo empoderamento de seus habitantes é pungente, considerando que, historicamente, este meio sofreu um abandono parcial do poder público, levando à falência das políticas sociais básicas em áreas como habitação, saúde, transporte (MARICATO, 2001). A ausência do poder público nesse espaço, aliás, confunde-se com sua própria conceituação, se observarmos que algumas definições de *espaço rural*, definidas em oposição ao que é o urbano, equivocadamente não comportam o desenvolvimento do território sem que, com isso, ele perca sua atribuição (SARACENO, 1994), ou seja, confundem o rural com um local deficitário, não desenvolvido.

2. OBJETIVO

Ainda que as atuais políticas voltadas para a habitação no meio rural tenham em seu suporte discussões amplas e planos construídos coletivamente, com a participação de entidades e movimentos sociais envolvidos, é difícil afirmar que os programas derivados dessas políticas, que agem sobre o território – tanto urbano quanto rural – tenham alterado, de forma considerável, lógicas estruturadas de poder e concentração de terra e renda.

De acordo com Hoffmann e Ney (2010), observando-se os censos agropecuários desde 1975 até o último realizado em 2006, por intermédio do índice de Gini para analisar a proporção da área ocupada pelos 50% menores e 5% maiores, é possível notar uma forte estabilidade, ou inércia, na concentração de terra no Brasil, e, se aplicado o índice de Atkinson, pode-se notar inclusive um leve aumento nessa concentração. Ou seja, no mínimo, não há como se afirmar qualquer tendência de redução na desigual distribuição da posse da terra no país desde 1975, apesar das políticas de assentamento em curso desde o 1º PNRA (Plano Nacional de Reforma Agrária), de 1985.

Em que pese os impactos que as políticas voltadas ao meio rural têm na emancipação dos seus beneficiários, inexistem dados oficiais que auxiliem analisar se estes, a partir do apoio que recebem do governo na realização de seus direitos fundamentais, têm capacidade de desenvolverem, a partir de então, sua vida e sua produção. Para se viabilizar tal análise de um programa aplicado nacionalmente, este trabalho propõe a criação de um modelo de

questionário, a ser aplicado após o processo de construção e ocupação das residências, facilitando a compreensão tanto da situação de empoderamento global dos agricultores familiares e assentados atendidos por esses programas, quanto para se identificar méritos e fraquezas do design dos programas ou de sua aplicação, nacionalmente e até em regiões específicas, a depender do tratamento dos dados coletados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Empoderamento

O conceito do empoderamento abarca uma concepção do desenvolvimento alternativo, de que o chamado desenvolvimento tradicional falhou ao promover uma parte crescente da sociedade à marginalidade na participação política, social e econômica, criando uma centralização excessiva de ativos em uma minoria reduzida (HOROCHOVSKI 2006), nas franjas da economia monetária (SEN, 1997).

Batliwala *apud* Sen (1997) define o poder em dois aspectos centrais: controle sobre recursos (físico, humano, intelectual, financeiro e de si) e controle sobre ideologia (crenças, valores e atitudes). É “o processo de obter controle sobre si mesmo, sobre a ideologia e os recursos que determinam o poder”. Se o poder se relaciona com o controle, o empoderamento se trata de ganhar o controle (SEN, 1997).

O conceito, da forma que nos referimos hoje, consolidou-se nos anos 1970, nos Estados Unidos, por meio dos movimentos de direitos civis (ANTUNES & ROMANO, 2002), em especial o movimento negro e movimento feminista (IORIO, 2002 e WENDHAUSEN *et al.*, 2006). No entanto, já no séc. XVI, a reforma protestante de Lutero, na Europa, trazia uma raiz do conceito que viria a ser amplificado e ressignificado nestes diferentes movimentos (HERRIGER *apud* BAQUERO, 2012). A reforma protestante, para além dos impactos restritos à religião, promovia a dissolução de relações centralizadoras de poder, na igreja católica, especialmente ao traduzir a Bíblia para o dialeto local (que viria a se tornar a língua oficial, o alemão), o que, junto à invenção da imprensa por Gutemberg, possibilitou o acesso dos textos sagrados à população, de forma a realizarem sua própria leitura e interpretação, tornando-se sujeitos de sua religiosidade particular (BAQUERO, 2012).

Um nome fortemente vinculado ao tema, no Brasil, é o de Paulo Freire, que por intermédio de sua Pedagogia da Libertação, abordou o empoderamento junto à conscientização e se tornou referência internacional.

Roso & Romanini (2014) destacam, na obra de Freire, um cuidado de se abordar, mais do que o empoderamento, a conscientização. Para Freire, o empoderamento é um processo abordado de forma consciente, política, buscando a superação de questões estruturais e coletivas. Apesar de ter se solidificado junto a movimentos sociais, o conceito é frequentemente abordado sobre valores bastante relacionados com a cultura norte-americana, do “*self-made man*” – “o homem que se faz por seu próprio esforço pessoal” (BAQUERO, 2005), com grande foco em dimensões individuais, psicológicas, como de autoestima e confiança, mas que não aponta para qualquer superação estrutural, social, das relações de poder.

Essa diferenciação se faz necessária, pois, como a produção de textos abordando o conceito de empoderamento se estende a inúmeras áreas do conhecimento – derivadas da educação, administração, saúde, psicologia, ciências sociais, pedagogia, e outras –, existem diferenças sensíveis na abordagem do tema em algumas destas. O empoderamento, geralmente tratado pelas áreas relacionadas à administração, refere-se a um tipo de empoderamento individual, de funcionários ou servidores de uma organização, o qual pode-se afirmar que não busca uma superação por completo de algumas condições de subordinação, mas, pelo contrário, compreende o empoderamento a partir de uma visão de autorização, limitada, concedida pela instância de poder (a organização), afim de conseguir do “empoderado” um maior

comprometimento do subordinado nas decisões estratégicas, e em um segundo momento, uma maior produtividade (CUNNINGHAM & HYMAN, 1999 *apud* MARQUES & MATOS, 2011). Esta abordagem tem reflexo na leitura do liberalismo civil e religioso anglo-saxão, que traduz “*empower*” como “autorizar, habilitar ou permitir” (STOTZ & ARAÚJO, 2004), servindo como instrumento de perpetuação das relações de poder, ao se reconhecer e fortalecer o poder e o controle das instituições. Ao contrário, o empoderamento tratado por Freire implica:

“[...] conquista da liberdade, avanço e superação do estado de subordinação (dependência econômica, física, etc.) por parte daquele que se empodera (sujeito ativo do processo), e não uma simples doação ou transferência por benevolência” (ROSO & ROMANINI, 2014)

Cabe, também, pontuar que mais do que uma condição que se atinge e nela permanece (“está empoderado”), o empoderamento é compreendido como um processo, abordando o poder como algo dinâmico, que não existe como uma entidade, mas que se manifesta quando exercido, da forma que define Foucault (1979): o poder não como “um objeto natural, uma coisa; é uma prática social e, como tal, é constituída historicamente”. Este poder serve como forma de expressar as liberdades individuais com responsabilidade, nas relações coletivas.

A pobreza e a exclusão social apresentam o caráter multidimensional, que abrange tanto a pobreza material, por meio da falta de posse e/ou acesso a bens e serviços, assim como dimensões mais subjetivas, como o conhecimento, os valores e a compreensão de direitos e limites impostos a si (MOREIRA *et al.*, 2012) – o que demonstra uma ligação conceitual intrínseca entre a exclusão e o poder (ou a falta dele).

3.2. Política Habitacional Rural

A política nacional de habitação adotada atualmente vem sendo construída desde 1999, por meio de estudos do Projeto Moradia, pelo Instituto Polis, e experiências da adoção de políticas em gestões municipais, que a Secretaria Nacional de Habitação/Ministério das Cidades, ao ser criada em 2003, deu sequência em nível federal.

Anteriormente, em 2001, a aprovação do Estatuto da Cidade representou um desenvolvimento importante na materialização do direito à cidade em termos legais, e não apenas como uma noção política (CARLOS, 2007 e TRINDADE, 2012), definindo diretrizes e mecanismos de cumprimento da função social da cidade e da propriedade, balizados na participação popular e viabilizados a partir de uma série de instrumentos urbanísticos (NASCIMENTO NETO *et al.*, 2012).

A partir de então, o PNH (Plano Nacional de Habitação) foi construído com a realização de numerosas Conferências das Cidades, realizadas em nível municipal (em 3.457 dos 5.661 municípios brasileiros), regionais e estaduais, em 2003, assim como a Conferência Nacional ainda no mesmo ano, a partir do qual se instituiu o Conselho das Cidades e a aprovação de diretrizes para a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano.

Enquanto o PMCMV (Programa Minha Casa Minha Vida), no meio urbano, sofre críticas contínuas e pertinentes, por ter abandonado suas preocupações técnicas relativas ao planejamento urbano das cidades, delegando isso ao mercado (ROLNIK *et al.*, 2014) – que acaba por reproduzir uma homogeneização das soluções de projeto arquitetônico e urbanístico e das técnicas construtivas, independentemente das características físicas dos terrenos ou das condições bioclimáticas locais – por outro lado, sua condição mais elogiada é exatamente em função do alto investimento e produção massiva que enfrenta o grande déficit habitacional do país, o que só é viabilizado em função da dinâmica produtiva do mercado privado, de forma mais ativa e ágil do que o Estado (ou instituições sem fins lucrativos) seria capaz de produzir.

O Programa Habitacional para o meio rural posto em prática pelo governo, hoje, ainda mais do que o do meio urbano, encontra-se desconectado do debate conceitual constantemente

desenvolvido, inclusive institucionalmente – como no Plano Nacional de Reforma Agrária (2004) – subentendendo-se, talvez, como fruto de uma continuidade de políticas prévias, mas se limitando, objetivamente, a tratar de aspectos muito exclusivos, como o do fomento ao mercado da construção civil, sem um interesse, ou mesmo ousadia para abordar as complexidades que envolvem a questão rural e a busca do empoderamento dos grupos e indivíduos beneficiários desta.

4. MÉTODO

Para se avaliar e medir os níveis de empoderamento dos beneficiários das políticas do meio rural, propõe-se aqui um questionário, para o qual foram utilizados, primordialmente, o design analítico do empoderamento proposto por Mageste *et al.* (2008), mas também de Alsop & Heinsohn (2005). Ambos trabalham formas simples e racionais de divisão dos diferentes elementos de empoderamento do indivíduo, a partir do que pode se propor uma análise de níveis ou graus.

Alsop & Heinsohn (2005), em seus estudos, buscam estruturar objetivamente análises a respeito do empoderamento, dividindo as forças que neste atuam em duas esferas de fatores: a *agência* e a *estrutura de oportunidades*, sendo a agência a habilidade pessoal de se fazer suas escolhas e decisões, enquanto a estrutura se refere aos contextos formais e informais no qual o ator opera. A partir desta lógica, propõem medir *degraus de empoderamento* em 3 etapas: (1) se a pessoa tem a oportunidade de fazer aquela escolha, (2) se ela efetivamente usa essa oportunidade para decidir e, (3) feita a escolha, se o resultado desejado é atingido.

Da mesma forma, Mageste *et al.* (2008), em seus estudos de empoderamento de mulheres, também propõe uma forma de analisar o processo de empoderamento tratando das forças e interferências internas e externas ao indivíduo, mutuamente influentes. No entanto, em vez de dividir em dois níveis, ela os separa em: *individual, relacional e contextual*, proposto graficamente como:

"uma espiral que vai se ampliando e é interligada e circundada por relações de poder. Um interfere no outro, exerce pressões e estando intimamente ligados uns aos outros. Mudanças em um dos níveis acabam gerando mudanças e adaptações nos demais, a ação de um acaba gerando uma reação de outro. Sendo assim, uma transformação radical na estrutura de poder que mantém essa estrutura é lenta e gradual, incorporando aos poucos os resultados. O processo de empoderamento pode se iniciar em qualquer uma dessas instâncias, mas só se completa quando consegue permear todas elas."

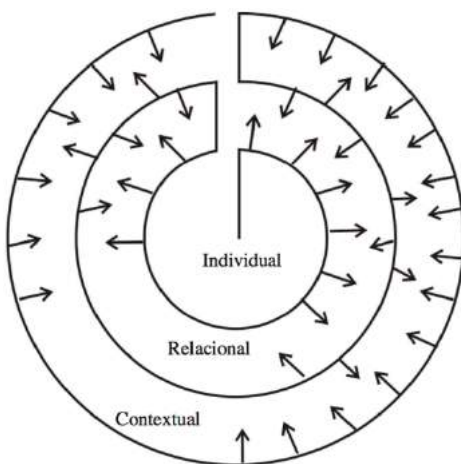


Figura 1 – Espiral de níveis de empoderamento proposta por Mageste *et al.* (2008)

Um grande desafio reside exatamente na compreensão de que as diferentes qualidades e aspectos relacionados ao empoderamento, ainda que divididos em níveis e categorias, estão relacionados de forma bastante complexa. A posse da terra, por exemplo, como um aspecto relacionado à estrutura de oportunidades do agricultor, afeta diretamente sua capacidade de fazer algumas escolhas e pode, também, ter impacto em aspectos psicológicos e sociais do seu empoderamento individual, ou, da mesma forma, pode ser entendida como um reflexo da agência deste, a partir de aspectos similares de conhecimento, motivação e sociabilidade.

Exatamente por essa interconectividade complexa dos aspectos individuais, relacionais e contextuais, o empoderamento deve ser analisado nestes múltiplos aspectos possíveis, abordando suas peculiaridades, como é o caso de estudos de gênero, com grupos de mulheres, ou de produtores rurais, como este trabalho se propõe.

Para a adoção de estratégias para todas essas etapas, ou outras propostas voltadas ao mesmo propósito, é desejável um monitoramento constante do que possa indicar ou medir a eficiência das medidas tomadas em cada etapa.

Dentro do debate ideológico-político sobre a relação do Estado com grupos excluídos e desempoderados, é natural que decisões que alterem as relações de poder não apenas incomodem a grupos que concentram o poder, como sejam entendidos como injustas, ou temerárias, a partir de uma visão que ignore as injustiças históricas estabelecidas, e, portanto, a necessidade de uma atuação do Estado para a inclusão de grupos desprivilegiados, como forma de justiça social e de ampliação de uma base produtiva e autossuficiente da sociedade.

5. MODELO DE QUESTIONÁRIO PROPOSTO

A partir do método de Mageste *et al.* (2008), as perguntas foram divididas em níveis Individual, relacional e contextual. O recorte é complexo, porque muitos tópicos abordados pelas questões transbordam as barreiras, influenciando e sendo influenciados por diferentes aspectos em diferentes níveis. Com o objetivo de assumir essa complexidade, porém buscando racionalizá-la, foram levantadas algumas palavras-chave sobre aspectos relacionados em cada questão, assim como uma coluna tentando relacionar o que se procura identificar com as respostas àquela pergunta.

5.1. Nível Individual:

Tabela 1. Questões de empoderamento individual.

Pergunta	Palavras-Chave	O que está sendo avaliado
Você se considera uma pessoa do campo ou da cidade?	Autonomia Satisfação	Entender se sua condição de homem do campo é algo desejado ou imposto, por falta de opções, assim como se é temporário, ou não.
O trabalho que você faz é importante para quem?	Autoestima, Conhecimento.	Entender a autoestima, o valor que enxerga em seu trabalho.
Como você aprendeu o seu ofício? Você fez algum tipo de curso para se aperfeiçoar, recentemente? (Se sim, foi por sua iniciativa?)	Capacitação.	A capacidade do indivíduo de realizar seu trabalho com qualidade e o interesse em se desenvolver.
Você sabe dizer o quanto é possível produzir, hoje, no seu lote? E quanto você de fato produz?	Capacitação, Conhecimento, Planejamento.	A consciência, o conhecimento das suas oportunidades naquele lote.
É possível sustentar sua família com o que produz aqui?	Autonomia.	A capacidade que sua propriedade tem de dar subsistência à família.

Pergunta	Palavras-Chave	O que está sendo avaliado
<p>Como você definiu o que seria produzido em seu lote?</p> <ul style="list-style-type: none"> • É o que eu sempre fiz • Em função da qualidade do solo • Em função do mercado consumidor • É o que eu sei produzir melhor 	Capacitação, Conhecimento, Planejamento.	A capacidade de inovação, adaptação, observação e conhecimento.
Você reinveste o que ganha para melhorar sua produção? Se não, por quê? Se sim, como?	Planejamento, Capacitação.	As condições de produção propiciadas pela propriedade (se é possível) e o planejamento e agência do indivíduo para melhorar suas condições (se faz).
O que você planeja para aumentar seus rendimentos?	Capacitação, Autonomia, Planejamento.	Identificar planejamento e conhecimento do entrevistado sobre suas possibilidades.

5.2. Nível Relacional:

Tabela 2. Questões de empoderamento relacional.

Pergunta	Palavras-Chave	O que está sendo avaliado
Você faz parte de alguma organização, cooperativa ou sindicato?	Envolvimento, Acesso, Rede, Participação.	Engajamento e envolvimento político, social, suporte de grupo.
Se sim, você tem alguma função nessa organização, cooperativa ou sindicato? Se sente ouvido por lá?	Envolvimento, Acesso, Rede, Participação.	Engajamento e envolvimento político, social, suporte de grupo.
Você tem parceiros no assentamento?	Envolvimento, Participação, Rede.	Força e qualidade das estruturas sociais formadas no agrupamento e na sociabilidade.
Quem decide como se gasta o dinheiro na sua casa?	Autonomia.	No caso de uma mulher, pode indicar uma maior autonomia (ou falta de) em casa.
Você acha que suas dificuldades e opiniões são ouvidas na sua comunidade?	Acesso, Rede.	Percepção pessoal de acesso e de apoio comunitário.
Quem são as pessoas ou instituições das quais você depende hoje (fornecedores, compradores, cooperativa etc.), para seu ciclo de produção?	Rede, Autonomia, Verticalização.	Para observar se há intermediários/atravessadores.
Você conhece outros produtores do mesmo produto que você, na região próxima?	Conhecimento, Rede.	Conhecimento sobre concorrentes e possíveis parceiros.
Caso seu distribuidor não possa atendê-lo, ou não demande seu produto, há uma outra forma de saída disponível?	Autonomia, Rede, Conhecimento, Verticalização.	Dependência e percepção de dependência do entrevistado em relação a seus intermediários.
Você tem acesso a crédito fundiário para investimento na sua produção?	Acesso.	Estrutura fornecida e conhecimento destas, para investimento e dificuldades.

5.3. Nível Contextual:

Tabela 3. Questões de empoderamento contextual

Pergunta	Palavras-Chave	O que está sendo avaliado
A sua casa é ou está ficando como você sonhava?	Projeto Participativo, Habitação, Acesso.	O acesso que lhe foi dado na etapa projetual, o nível de participação do beneficiário no processo.
Como foi sua participação para definir o desenho da sua casa?	Projeto Participativo, Habitação, Acesso.	O acesso que lhe foi dado na etapa projetual, o nível de participação do beneficiário no processo.
Você depende do governo para a sua produção?	Autonomia, Verticalização.	Percepção do usuário em relação a sua dependência do Estado.
Você vende a sua produção para o melhor comprador possível? Por quê?	Autonomia, Conhecimento, Verticalização.	Dependência e percepção de dependência do entrevistado em relação a seus intermediários.
Como foi decidido o preço da sua produção?	Autonomia, Capacitação, Conhecimento, Verticalização.	Dependência do entrevistado em relação a seus intermediários.
Quem você considera a(s) pessoa(s) mais importante(s) no processo da reforma agrária?	Conhecimento, Rede, Autoestima.	Autoestima, percepção e conhecimento do entrevistado em relação às estruturas à sua volta.
Qual o seu papel no processo da reforma agrária?	Rede, Autoestima, Autonomia.	Autoestima, percepção e conhecimento do entrevistado em relação às estruturas à sua volta

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o caráter subjetivo das perguntas dissertativas e risco de perder o vínculo com a origem das perguntas, o questionário busca refletir, de maneira simplificada, os princípios fundamentais do empoderamento (apresentados nas "palavras-chave" e em "o que está sendo avaliado").

Isso se deve a dificuldades encontradas na formulação do questionário, em função da multiplicidade de aspectos que podem influenciar uma condição ou mesmo apenas a percepção do entrevistado em respeito àquele tópico – o que não deixa de ser importante apontar, já que muitas perguntas dependem essencialmente da percepção do usuário. Por exemplo: na pergunta “*você depende do governo para manter sua produção?*”, a resposta "sim" não quer dizer que, estruturalmente, ele dependa; da mesma forma, o inverso não indica necessariamente uma autonomia em relação ao Estado, mas sim uma percepção de autonomia, o que é importante ser diferenciado. Por esse tipo de questão que explicita a complexidade do tema, se optou por adotar a estrutura proposta por Mageste *et al.* (2008).

A estrutura proposta por Alsop & Heisohn (2005) é simples e perspicaz, sendo bastante útil para análises, ao dividir mais objetivamente a competência em situações de exclusão ou falta de poder, ou seja, se a incapacidade de se executar uma determinada ação é atribuída em primeira instância, a questões internas do indivíduo (limitações de capacidade ou psicológicas) e dependem fundamentalmente, de uma mudança pessoal, ou se existem obstáculos impostos a ele, ativamente ou resultantes da não ação (ou omissão) do Estado, da sociedade, ou de outros agentes externos. Entretanto, essa objetividade é melhor aplicável na análise de casos específicos, partindo de uma situação já identificada, mesmo superficialmente, de uma dificuldade ou limitação encontrada em um grupo ou comunidade, onde esse modelo permitiria identificar os gargalos e identificar competências e caminhos para se efetivar esse empoderamento.

O caso analisado, por outro lado, demanda um monitoramento amplo da situação dos grupos analisados e da sua evolução (do ponto de vista do empoderamento), assim como comparar com outros contextos.

Este trabalho terá continuidade, colocando à prova o questionário proposto, aplicando-o em comunidades atendidas pelo programa Minha Casa Minha Vida Rural, no Estado de Mato Grosso do Sul.

BIBLIOGRAFIA

Alsop, R., Heinsohn, N. 2005. Measuring empowerment in practice: structuring analysis and framing indicators. World Bank Policy Research Working Paper 3510.

Antunes M., Romano, J. O. 2002. Empoderamento e direitos no combate à pobreza. Rio de Janeiro: ActionAid Brasil.

Baquero, R. V. A. 2005. Empoderamento: questões conceituais e metodológicas. Revista Debates, 1(1), Núcleo de Pesquisas sobre a América Latina/UFRGS, Porto Alegre.

Baquero R. V. A. 2012. Empoderamento: instrumento de emancipação social? – uma discussão conceitual revista debates, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p.173-187, jan.-abr.

Carlos, A. F. A. 2007. O Espaço Urbano: Novos Escritos sobre a Cidade. São Paulo: FFLCH.

Escorel, S. 1999 Vidas ao léu: trajetórias de exclusão social. Rio de Janeiro: Fiocruz.

Foucault, M. 1979. Microfísica do Poder (Organização e tradução de Robert Machado). Rio de Janeiro: Edições Graal.

Hoffmann, R., NEY, M. G. 2010. Estrutura Fundiária e Propriedade Agrícola no Brasil. Grandes regiões e unidades de federação (de 1970 a 2008). Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasília.

Horochovski, R. R. 2006. Empoderamento: definições e aplicações. Poder político e controles democráticos. In: ENCONTRO ANUAL DA ANPOCS, 30. 2006, São Paulo. Anais - GT 18. São Paulo: ANPOCS.

Iorio, C. 2002. Algumas considerações sobre estratégias de empoderamento e de direitos. In: Romano, Jorge e Antunes, Marta (Orgs.). Empoderamento e direitos no combate à pobreza. Rio de Janeiro: ActionAid Brasil. p. 21-44.

Mageste, G. S.; Melo, M. C. O. L.; Ckagnazaroff, I. B. 2008. Empoderamento de Mulheres: uma proposta de análise para organizações. V Encontro de Estudos Organizacionais da Associação Nacional de Pós-Graduação em Administração. Belo Horizonte.

Maricato, E. 2001. Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana. Petrópolis: Vozes.

Marques, A; Matos, H. (Orgs.) 2011. Comunicação e Política – Capital social, reconhecimento e deliberação pública. São Paulo: Summus Editorial.

Moreira, N. C.; Ferreira, M. A. M.; LIMA, A. A. T. de F. C. and Ckagnazaroff, I. B. 2012. Empoderamento das mulheres beneficiárias do Programa Bolsa Família na percepção dos agentes dos Centros de Referência de Assistência Social. Rev. Adm. Pública, Rio de Janeiro, v. 46, n. 2, p. 403-423, Apr. 2012. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122012000200004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 7 jul 2014.

Nascimento Neto, P.; Moreira, T; Schussel, Z. 2012. Conceitos divergentes para políticas convergentes: descompassos entre a Política Nacional de Habitação e o Programa Minha Casa, Minha Vida. Revista Brasileira Estudos Urbanos e Regionais, v. 14, n. 1, p. 85-98.

Putnam, R. D. 2000. Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community. New York: Simon & Schuster.

Rolnik, R.; Iacovini, R. F. G.; Klintowitz, D. 2014. Habitação em municípios paulistas: construir políticas ou 'rodar' programas? Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (ANPUR), v. 16, p. 149-165.

Romano, J. O. 2002 Empoderamento: recuperando a questão do poder no combate à pobreza, In: Antunes M. e Romano, J. O. Empoderamento e direitos no combate à pobreza. Rio de Janeiro: ActionAid Brasil.

Roso, A., Romanini, M. 2014. Empoderamento Individual, Empoderamento Comunitário e Conscientização: um ensaio teórico. Psicologia e Saber Social, v. 3, p. 83-95.

Santos, M. J. 2001. Projeto alternativo de desenvolvimento rural sustentável. Estudos avançados, São Paulo, v. 15, n. 43. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142001000300017&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em 10 nov. 2014.

Saraceno, E. 1994 Recents trends in rural development and their conceptualization. Journal of Rural Studies. Great Britain, v. 10, n. 4, p. 321-330.

Sen, G. 1997. Poverty and human development. New York: Human Development Report Off, ISBN 9211260817. p. 175-194.

Stotz, E. N.; Araújo, J. W. G. 2004. Promoção da saúde e cultura política: a reconstrução do consenso. Saúde e Sociedade, São Paulo, v, 13, n. 2, p. 5-19, maio/ago.

Trindade, T. A. 2012. Direitos e cidadania: reflexões sobre o direito à cidade. Lua Nova, núm. 87. Centro de Estudos de Cultura Contemporânea: São Paulo, Brasil. p. 139-165

Villacorta, A., Rodriguez, M. 2002 Metodologias e ferramentas para implementar estratégias de empoderamento. In: ROMANO, Jorge & ANTUNES, Marta (Orgs.). Empoderamento e direitos no combate à pobreza. Rio de Janeiro: ActionAid Brasil. p. 45 – 66.

Wendhausen, Á. L. P.; Barbosa, T. M., Borba, M. C. 2006. Empoderamento e recursos para a participação em conselhos gestores. Saude soc. [online]. 2006, vol. 15, n.3 [cited 2014-07-20], pp. 131-144. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902006000300011 &lng=en&nrm=iso>. ISSN 0104-1290. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902006000300011>.

Projeto participativo de habitação de interesse social mais sustentável na Vila Telebrásília em Brasília: um exemplo de processo de projeto para o Programa Minha Casa Minha Vida no Brasil

Luisa Carvalho Venancio

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, DF, Brasil

luvenan@gmail.com

Liza Maria de Souza Andrade

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, DF, Brasil

lizamsa@gmail.com

ABSTRACT: The objective of this paper is to describe the methodological process of a social housing project made with the community of Vila Telebrásília, in Brasília, developed as a graduation project. The methodology combined three approaches, consisting initially of a diagnosis, through morphological dimensions developed by DIMPU (Holanda e Kohlsdorf, 1996) as well as the sustainable dimensions proposed by SATTLER (2007). The participatory aspect combined the method developed by the collective Usina (ARANTES, et al. 2010) and the patterns proposed by Alexander et al (1977). Moreover, the local laws and the restrictions of the national program Minha Casa Minha Vida were taken into consideration. Alternating moments of analysis, discussions and design resulted in a design that mirrors the process: a practical proposal that incorporates both sustainability and desires of the community.

Keywords: Participatory design, Social housing, Minha Casa Minha Vida, Sustainability

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo descrever o processo metodológico de um projeto de habitação de interesse social com foco na sustentabilidade e participação, desenvolvido junto à comunidade da Vila Telebrásília em Brasília, no âmbito do trabalho final de graduação da FAU/UnB, tendo em vista o Programa Minha Casa Minha Vida. A metodologia combinou três abordagens, consistindo inicialmente de um diagnóstico das dimensões morfológicas DIMPU (Holanda e Kohlsdorf, 1996) e da sustentabilidade (Sattler, 2007). O aspecto participativo combinou o método prático desenvolvido pelo coletivo Usina (Arantes, et al. 2010) e os padrões de Alexander et al (1977). Foram levadas em consideração a legislação local e as restrições do Programa Minha Casa Minha Vida. Análises, discussões e momentos de projeto foram intercalados, gerando um resultado que espelha o processo em que foi desenvolvido: uma proposta de aplicação prática, que incorpora a sustentabilidade e os desejos da comunidade.

Palavras-chave: Projeto participativo, Habitação social, Minha Casa Minha Vida, Sustentabilidade

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da habitação social no Brasil está em conciliar a real demanda habitacional de qualidade, que envolve questões de participação no processo de projeção e construção e, ao mesmo tempo, de sustentabilidade do ambiente construído, com a grande produção de empreendimentos imobiliários para aquecer a economia, considerando os impactos socioambientais do crescimento urbano, custos do empreendimento, conforto ambiental, agradabilidade visual, espaços bem configurados, acessibilidade, funcionalidade, infraestrutura, identidade e orientabilidade.

De acordo com Salingaros (2010), os projetos habitacionais produzidos na América Latina adotam formas geométricas simplistas como única maneira de criar habitações eficientes. Unidades de habitação individuais são cópias exatas de um único protótipo. O controle exercido não permite variações individuais, seja pela agência financeira do governo, seja pela empreiteira que vai executar o serviço.

Complexidade e variação são percebidas como maneira de perder o controle, não apenas da tipologia construtiva, mas sobre a forma como as decisões são tomadas, e, portanto, são evitadas. Ao mesmo tempo, arquitetos e engenheiros, trazem consigo uma imagem de modernidade nas tipologias habitacionais que muitas vezes são hostis aos moradores e a tentativa de adaptação às necessidades individuais.

Mesmo sendo considerado a maior política habitacional do Brasil da história, com um número considerável de famílias atendidas, chegando a 3.750 milhões de moradias entre 2011 e 2015, o Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV, ainda não conseguiu atingir a qualidade no que tange os projetos de arquitetura e urbanismo mais sustentáveis, salvo algumas exceções.



Figuras 1a, 1b,1c, 1d – Empreendimentos do PMCMV. Fonte: Site de inscrição do Minha Casa Minha Vida¹

O Programa Minha Casa Minha Vida visa a atender as famílias cuja renda limita-se no máximo a dez salários mínimos, com três grupos de atendimento, considerando as faixas de renda: faixa 1 – famílias com renda até três salários mínimos; faixa 2 – famílias com renda entre três e seis salários mínimos; faixa 3 – famílias com renda entre seis e dez salários mínimos. No ano de 2015, acrescentou-se a faixa de 5 a 6 salários mínimos.

Apesar das dimensões do programa, as moradias ofertadas, muitas vezes, são de baixa qualidade arquitetônica e construtiva. Normalmente, trata-se de grandes empreendimentos isolados da malha urbana com unidades padronizadas de pequenas dimensões e materiais de qualidade inferior. Ocorre que isto é uma tendência mundial, as tipologias de habitação social, promovidas pelos governos em geral, são desumanizadas e insustentáveis.

Portanto, é papel dos arquitetos mostrar, através da crítica e de propostas alternativas, como os problemas podem ser solucionados de maneira que respondam melhor às necessidades da população, através de projetos bem configurados, que atendam às expectativas dos usuários, com melhor qualidade funcional, ambiental e estética.

Uma vertente do programa, o Minha Casa, Minha Vida Entidades (MCMV-E) tem como objetivo “tornar acessível a moradia para famílias de renda mensal bruta até R\$ 1 600,00, organizadas em cooperativas habitacionais ou mistas, associações e demais entidades sem fins lucrativos, visando a produção, aquisição e requalificação de imóveis urbanos.”

Nela, o governo passa a gestão do recurso para associações cadastradas no sistema nacional, permitindo redução de custos com a eliminação do lucro normalmente destinado às construtoras. E, além disso, se aceita como regime de construção, a autoconstrução, o mutirão ou ajuda mútua, administração direta e empreitada global. Em novembro de 2012 o valor financiado para a proposta do MCMV-E passou para R\$ 76 000,00. Foram alteradas também as

¹ Acessado em 2 de março de 2015. Disponível em: <<http://www.minhacasaminhavidainscricao.com/>>

especificações mínimas dos projetos, aumentando a área útil mínima de casa ou sobrado para 38,00m² e de apartamento ou casa sobreposta para 42,00m².

A cidade de Brasília vive a realidade de um centro pouco denso e elitizado enquanto a periferia é composta por cidades-satélites dormitórios a muitos quilômetros de distância. A Vila Telebrasília é uma exceção desta regra. Um dos poucos acampamentos sobreviventes, situado na escala bucólica do projeto do Plano Piloto de Lúcio Costa. A sua pequena população, hoje com cerca de três mil habitantes usufrui de localização privilegiada, com proximidade de acesso a cidade e contato com o Lago Paranoá.

Com uma história de luta e resistência, os lotes existentes não comportam mais a população do local. O bairro possui um déficit habitacional de cerca de 200 famílias por coabitação familiar, definida como situação de habitação de famílias de conviventes com intenção de construir domicílio exclusivo (FJP, 2011).

A Vila exerce um impacto sobre o Lago Paranoá, contribuindo para o seu assoreamento. Um aumento de áreas impermeáveis poderia intensificar o problema, com maiores vazões de escoamento superficial, redução do tempo de concentração das vazões decorrente das chuvas, acentuação dos picos de cheia, maior capacidade de arraste de partículas sólidas e de resíduos sólidos.

Combinando os temas de habitação social, participação e sustentabilidade, esse artigo tem como objetivo descrever o processo metodológico de um projeto de habitação de interesse social com o envolvimento da comunidade, contemplando, também, princípios de sustentabilidade aplicados ao ambiente construído.

Foram escolhidas duas quadras ainda não ocupadas, mas providas de infraestrutura e previstas no parcelamento da área, divididas em cinquenta lotes, totalizando 6.914,88m². A proposta foi desenvolvida junto com a associação de moradores, com a intenção demonstrar como um projeto deste tipo pode ser feito respeitando o contexto e a população local.



Figura 2a. Localização da Vila Telebrasília. Fonte: Google Earth 2012. Figura 2b. localização do terreno de intervenção. Fonte: URB 36/2006 (imagem manipulada pela autora).

2 METODOLOGIA

O processo de projeto foi desenvolvido com base em 3 metodologias: análise dimensional para elaboração do diagnóstico do grupo DIMPU - Dimensões Morfológicas do Processo de Urbanização (Holanda e Kohlsdorf 1996; Kohlsdorf, 2006; Queiroz, 2000) e da sustentabilidade (Sattler, 2007); elaboração parâmetros de projeto no formato de “Uma Linguagem de Padrões” de Alexander et al (1977) para o processo participativo e a prática de trabalho do Coletivo Usina de São Paulo. A união das três metodologias resultou em duas etapas: planejamento e projeto participativo. As etapas participativas e de desenvolvimento da proposta se alternam durante a elaboração do projeto, conforme demonstrado abaixo.

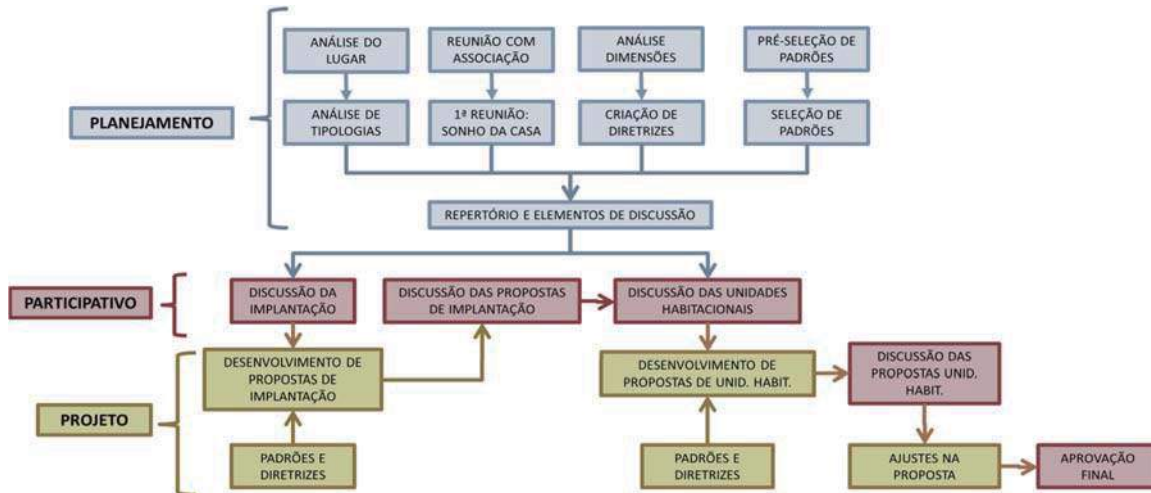


Figura 3. Diagrama do processo projetual. Fonte: Autoria própria.

2.1 Análise do lugar e diagnóstico dimensional

Inicialmente, foi realizado um diagnóstico dos atributos morfológicos da área de estudo baseada na metodologia das Dimensões Morfológicas do Processo de Urbanização (Grupo de Pesquisa DIMPU: Holanda, F.; Kohlsdorf, G.; Kohlsdorf, M.E. e Villas Boas, M., Brasília: FAU-UnB / FINEP / CNPq, 1985 - 1994).

De acordo com Holanda e Kohlsdorf (1996), o espaço arquitetônico deve ser entendido como qualquer espaço físico socialmente apropriado por presença humana e, portanto, causa impacto no modo de vida das pessoas e no meio ambiente. A forma física dos lugares é aspecto essencial do espaço arquitetônico: assim como não há sociedade sem espaço arquitetônico, não há espaço arquitetônico sem configuração física. A análise, a avaliação e proposição de espaços arquitetônicos dão-se por meio de seus atributos morfológicos.

A qualidade de um mesmo espaço arquitetônico pode variar conforme cada expectativa/dimensão considerada; seu juízo global é uma ponderação entre avaliações parciais, pois as expectativas/dimensões recebem priorizações diferentes para cada indivíduo ou grupo social considerado. Tem-se, portanto, várias avaliações de um mesmo lugar, cada uma relacionada a determinada dimensão.

A avaliação global resulta de uma ponderação entre as avaliações parciais, permitindo a elaboração de diretrizes para uma proposta mais completa, dividindo-se em: dimensão funcional, dimensão bioclimática, dimensão co-presencial (encontro de pessoas no espaço), dimensão topoceptiva (identidade e simbolismo), dimensão econômica e dimensão expressivo simbólica (agradabilidade visual e simbolismo).

A essas, foram acrescentadas macro dimensões, relações mais abrangentes do cotidiano com articulações entre os indivíduos e os lugares onde estão. São no campo da ética, da ecologia e do campo da estética. Foram tratadas através da aplicação da sustentabilidade em seu conceito mais amplo trabalhadas por Sattler (2007) que considera a sustentabilidade um processo continuado e progressivo, que deverá evoluir com o conhecimento da humanidade sobre seus impactos na natureza. Ele propõe a construção de lugares mais sustentáveis, pautados nos seguintes temas e ecotécnicas: questões socioeconômicas (trabalho e renda), educação, implantação urbana com menos impacto, energia alternativa, edificações bem implantadas em termos de conforto, materiais adequados à realidade local, produção de alimentos, eficiência hídrica, e gerenciamento de resíduos. Paralelamente, foram utilizados alguns princípios da permacultura de Mollison (1998).

2.2 O processo participativo

Num segundo momento, foi desenvolvido um estudo sobre metodologias que contribuem para o processo participativo no projeto e possibilitem uma adaptação às necessidades individuais, como os padrões de Christopher Alexander, entendidos como parâmetros de projeto e as práticas participativas do coletivo Usina (Arantes, et al. 2010).

Segundo Alexander et. al. (1977), as cidades e edificações não poderão se tornar vivas, a menos que sejam planejadas por uma sociedade que compartilha de uma “linguagem padrão”. Organizados de uma escala maior para uma menor em uma sequência baseada sempre nas possíveis “conexões”. Cada padrão é uma regra de três partes que expressa uma relação entre: (1) um certo contexto, (2) um problema, e (3) uma solução. Em Barros (2008), os “patterns” são traduzidos e interpretados não para serem aplicados de modo literal, mas como “parâmetros projetuais” passíveis de serem abrangidos “por conceitos humanizadores”, permitindo a elaboração de estratégias de apoio para o processo projetivo e participativo.

Apesar da seleção dos padrões ser baseada no problema existente, analisado apenas pelo arquiteto, eles contribuem para estabelecer um diálogo e promover o desenho adaptativo, iniciando na escala maior da rua, acessos, localização dos lotes, topografia e vegetação para a escala menor dos lotes, por meio de um processo descontinuado.

A metodologia de projeto de arquitetura adotada pelo coletivo Usina (Arantes, et al. 2010) possibilita aos futuros moradores participar desde o início até a conclusão da proposta o que garante a apropriação do espaço a ser criado e as reais necessidades daqueles que viverão dentro dele, tornando “a arquitetura mais responsável” (Jones, Till e Petrescu, 2005). O coletivo Usina trabalha com assessoria técnica a movimentos populares desde 1990, em um dos estudos de caso, dos conjuntos Jardim Nazareth e Monte Sion (Arantes, et al, 2010) que se divide em oito etapas: 1-Discussão política, 2-Mostra de repertório (com exemplos de outros projetos), 3-Visita ao terreno, 4-Investigação da unidade habitacional, 5-Discussão do projeto, 6-Discussão de espaços coletivos, 7-Apresentação do projeto e 8-Aprovação final.

Devido às limitações de prazos e restrições de um trabalho final de graduação, a metodologia do coletivo Usina recebeu adaptações. Foram feitas menos reuniões e algumas etapas foram combinadas. Além disso, a visita ao terreno não foi necessária porque o local se encontra dentro do próprio bairro e é bem conhecido por todos. Na etapa 2 de apresentação de repertório foram inseridos os padrões pré-selecionados, usados para fomentar a discussão.

3 RESULTADOS

3.1 Diagnóstico dimensional

A análise dimensional foi feita seguindo os atributos de cada dimensão e resultando em diretrizes projetuais que serviram de base para a elaboração do projeto, sendo completadas com as diretrizes extraídas do processo participativo e dos padrões selecionados. As diretrizes principais são as seguintes.

Tabela 1. Análise dimensional – atributos morfológicos do processo de urbanização

Dimensões	Expectativas sociais
Funcional	Tipos habitacionais existentes: casa no fundo do lote com área livre na frente, casa sem afastamento frontal, casa no meio do lote, casa com comércio em baixo, casa com comércio na frente, lote com mais de uma residência. Para atender o maior número possível de famílias, estudar diferentes tipologias para melhor aproveitamento do terreno. Uso residencial predominante, mas permitindo também o comércio como alternativa para geração de renda.
Bioclimática	Construir em dois pavimentos evitando que uma casa sombreie demais ou prejudique a ventilação de outra. Localizar os ambientes de maior permanência do lado leste e proteger os lados norte e oeste do sol. Permeabilizar o espaço construído com o espaço

Dimensões	Expectativas sociais
	natural e usar o paisagismo para sombreamento. Priorizar uso de materiais de baixo impacto ambiental e de fácil disponibilidade local e de bom desempenho térmico. Propor sistemas alternativos de drenagem que reduzam o impacto da ocupação sobre o Lago Paranoá.
Co-presencial	Presença de poucos espaços cegos e enclausuramentos. Alguns espaços convexos, caracterizando boa urbanidade do local e poucas barreiras espaciais. Espaços de interação social: parquinho, praça, ruas e quadra de esportes. Poucos espaços de interação e rua como espaço de encontro e área de lazer. Evitar espaços cegos e estimular a rua como espaço de interação. Estimular a rua como espaço de interação através da relação entre espaço público e privado e da qualificação desse espaço nos arredores do projeto.
Topoceptiva	Os poucos pontos de referência, a uniformidade relativa das construções e a falta de sinalização dificultam a orientação espacial para forasteiros. O baixo gabarito das edificações e as grandes massas vegetais ao redor da Vila a mantém isolada visualmente, mantendo a escala bucólica. Respeitar o gabarito e a inserção urbana. Caracterização da proposta como marco visual.
Econômica	A Vila Telebrasília já dispõe de sistema de energia elétrica, abastecimento de água, esgoto e drenagem de águas pluviais. A área de intervenção já tem sistema viário construído. O projeto deve seguir parâmetros financeiros, dimensionais e de especificação de materiais exigidos pelo programa Minha Casa Minha Vida, para permitir seu uso no futuro.
Expressiva e Simbólica	A história de resistência está presente em todo o lugar no discurso dos moradores, em especial na praça com esse nome. Novos moradores não tem conexão afetiva com o espaço. Usar elementos que dialoguem com a história do lugar.

3.2 Processo participativo

Participaram do processo 15 moradores, com idades entre 25 e 40 anos, casados e com filhos, de renda familiar de 1 a 3 salários mínimos, com entre três e sete moradores por casa. As reuniões foram realizadas ao longo de seis meses e se desenvolveram da seguinte forma:

- 1ª reunião: Discussão inicial para esclarecer dúvidas da proposta de trabalho. Resposta a um questionário e dinâmica da “casa dos sonhos” onde os participantes mostraram seus desejos em forma de desenho.
- 2ª reunião: Início da discussão do projeto a partir da distribuição das unidades do terreno em torno de questões como “Em que precisamos pensar para a implantação?” e “Que tipo de espaço queremos criar?” com o apoio dos padrões pré-selecionados.
- 3ª reunião: Apresentação da implantação, com tipos: geminada, família e sobreposta, baseados em tipologias existentes na própria Vila Telebrasília e nas questões discutidas na segunda reunião. Discussão sobre os materiais de construção e os espaços internos da casa a partir dos padrões (Quais são os mais importantes? Como devem ser?).
- Entre a segunda e a terceira reunião foram realizadas visitas guiadas pelos próprios moradores que compartilharam um pouco de seus mundos e permitiram a observação das casas e dos espaços da Vila Telebrasília, que serviram de inspiração para o projeto.
- 4ª reunião: Apresentação da proposta completa, incluindo a tipologia de esquina em plantas na escala um para vinte que pudessem ser manipuladas. O projeto foi bem recebido e aprovado pelos participantes, assim como as medidas ligadas a sustentabilidade, como a proposta da agrofloresta e o uso de infraestrutura verde.

Devido ao déficit habitacional dentro da Vila Telebrasília, foi determinado que o projeto deveria atender o maior número possível de famílias, por isso a solução de ocupar cada terreno com duas unidades habitacionais. Outra questão colocada pelos participantes foi a necessidade de todas as unidades terem área inicial semelhante para evitar conflitos, mesmo que as plantas

baixas fossem diferentes e pudessem ser ampliadas no futuro. Um espaço de trabalho dentro de casa foi ressaltado como necessário e a existência de um local para guardar o carro dentro do lote durante a noite foi considerada indispensável. A presença do verde nas unidades habitacionais e no espaço urbano foi um tema recorrente.

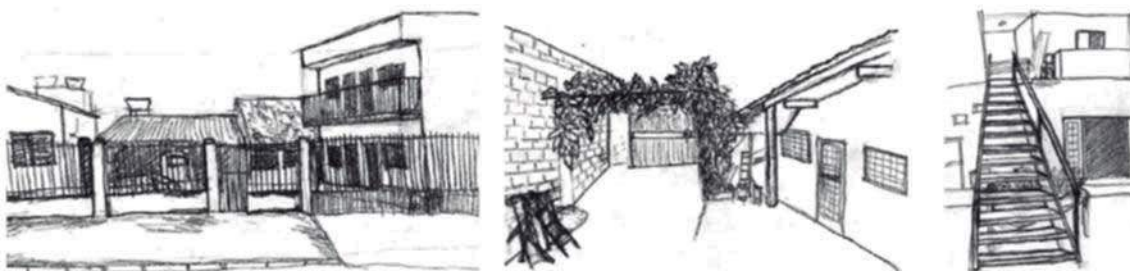



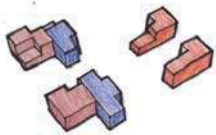




Figura 3. Desenhos de observação das casas da Vila Telebrasília. Autoria própria.

O material de construção das casas foi definido como o BTC (Bloco de Terra Compactada) pelo seu menor custo, melhor desempenho térmico e menor impacto ambiental. Ficou claro que essa possibilidade ainda não é atualmente permitida no programa Minha Casa, Minha Vida. Como a proposta visa construção dentro de alguns anos, optou-se por manter o material e assim permitir uma proposta de casa mais confortável na perspectiva que no futuro o material será permitido pelo programa. Caso isso não aconteça a tempo, a casa pode ser construída em sistema tradicional, com cortes de alguns elementos propostos.

3.3 Uma linguagem de padrões

Alguns padrões pré-selecionados foram usados para fomentar as discussões da segunda e da terceira reunião. A esses padrões foram somados outros selecionados durante o processo de projeto e usados diretamente na proposta, como explica a tabela 2.

Tabela 2. Padrões usados para fomentar as discussões.

Padrões discutidos	Apresentação	Padrões aplicados
<p>Padrão 79: Sua própria casa</p> <p>Objetivo: Debater sobre as diferentes necessidades das famílias com diferentes tipologias.</p>		<p>Padrão 79: sua própria casa.</p> 
<p>Padrão 108: Edifícios conectados. Padrão 109: Casas longas e estreitas.</p> <p>Objetivo: Discutir as tipologias possíveis, elaboradas a partir da legislação. Mostrar diferentes exemplos de formas de habitar projet</p>		<p>Padrão 108: edifícios conectados; Padrão 37: agrupamento de moradias; Padrão 109: casas longas e estreitas</p> 
		<p>Padrão 102: família de entradas; Padrão 122: frente dos edifícios;</p> 
		<p>Padrão 158: escadas externas;</p>

Padrões discutidos	Apresentação	Padrões aplicados
<p>Padrão 168: Ligação com a terra. Padrão 171: Lugares de árvores. Objetivo: Colocar em pauta a necessidade de espaços verdes, a partir de imagens de projetos existentes.</p>		 <p>Padrão 246: plantas trepadeiras; Padrão 207: materiais apropriados; Padrão 250: tons de terra.</p>
<p>Padrão 164: Janelas para a rua. Padrão 122: Frente dos edifícios. Objetivo: Discutir a relação da casa com a rua e questionar a presença de muros e fachadas cegas.</p>		 <p>Padrão 249: ornamentos; Padrão 164: janelas para a rua.</p>
<p>Padrão 113: Conexão com o carro. Padrão 157: Área de trabalho em casa; Padrão 182: Ambiente de alimentação; 177: Horta.</p>		 <p>Padrão 113: conexão com o carro. Padrão 115: pátios vivos; Padrão 106: espaços externos positivos. Padrão 89: mercearia na esquina.</p>
<p>Objetivo: Discutir os espaços internos da casa, a importância de cada um e como deveriam ser.</p>		

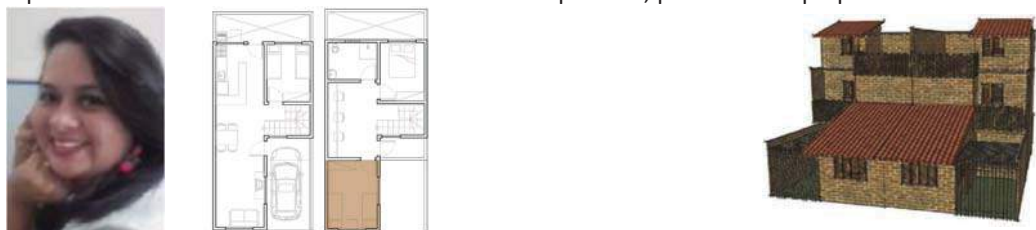
3.4 Proposta final

Quatro tipologias foram desenvolvidas: (1) tipo geminada, com dois quartos e possibilidade de acrescentar um terceiro; (2) tipo família, com duas unidades por terreno e dois terrenos unidos formando um grande pátio interno; (3) tipo sobreposta, para famílias com pessoas com dificuldade de locomoção (térreo) e famílias numerosas (superior); e finalmente o tipo esquina, com uma unidade habitacional menor e um espaço comercial. Elas foram baseadas nos desejos e necessidades dos participantes e seus diferentes perfis. Todas as unidades possuem área inicial aproximada de 65m².

Uma atenção especial foi dada à implantação, integrando os princípios de sustentabilidade. O terreno a oeste da área de intervenção, marcado como local de preservação, mas em estado de degradação, apresentava grande potencial. A proposta de agrofloresta e agricultura comunitária foi muito bem recebida nas reuniões. O manejo adequado do local pode, ao mesmo tempo, complementar a renda das famílias e evitar a erosão do terreno. Por se encontrar em um lugar de sensibilidade ambiental, é necessário mais cuidado na drenagem do terreno, o que se procurou solucionar com sistemas de infraestrutura verdes. Propõe-se também, além da coleta de água da chuva nas próprias unidades habitacionais, um sistema de tratamento de esgoto alternativo, a partir de *wetlands*.

Tabela 3. Plantas e perspectivas das diferentes tipologias do projeto.

Tipo Geminada - Casas individuais com entradas separadas, para famílias pequenas como a de Aline.



Tipo Família - Casas com patio compartilhado, para as famílias como a de Josielle e as de suas irmãs.



Tipo Sobreposta - Tres quartos e sem possibilidade de expansão, para Wadson e seus quatro filhos.



Tipo Esquina - Casas menores com um comercio na frente, para comerciantes como Marcos e Ruth.

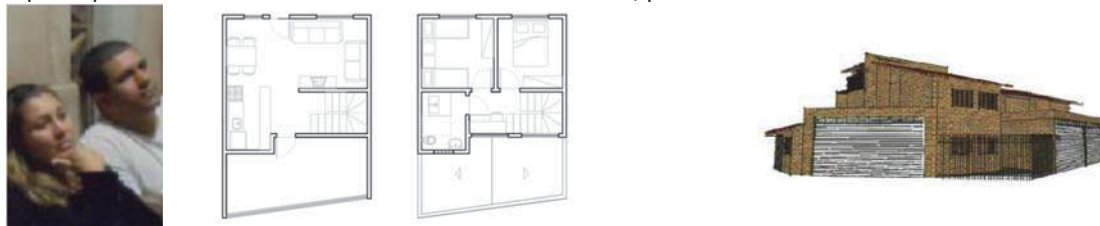


Figura 4. Implantação do projeto e perspectivas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia escolhida, apesar de um pouco complexa, se mostrou bastante satisfatória para identificar os verdadeiros anseios e desejos dos participantes do projeto. O curto espaço de tempo acabou limitando algumas etapas, que poderiam ter sido mais bem exploradas. Entretanto, podemos dizer que a experiência atingiu seus principais objetivos. A avaliação final dos participantes demonstrou que o projeto corresponde bem às suas necessidades. O uso dos padrões facilitou a escolha dos temas de discussão e enriqueceu o resultado final. Os participantes apresentaram uma resposta muito positiva a este formato de diálogo, que continha elementos concretos e conhecidos para eles. A resposta às questões ligadas à sustentabilidade também foi muito positiva, talvez pela localização em área de sensibilidade ambiental e histórico da comunidade da Vila Telebrasília. Ficou também evidente, durante a

elaboração da proposta, as limitações do programa Minha Casa Minha Vida, principalmente na possibilidade de aplicação de tecnologias construtivas mais sustentáveis, como o BTC. Por outro lado, seguindo ainda as regras do programa, as diferentes tipologias desenvolvidas, em resposta tanto aos perfis diferentes dos habitantes quanto ao próprio terreno mostram como um projeto deste tipo pode ser adaptado ao contexto local.

REFERÊNCIAS

- Alexander, C. et al. 1977. *A Pattern Language: towns, buildings, construction*. New York: Oxford University Press.
- Alexander, C. 1977. *The Timeless Way of Building*. New York: Oxford University Press.
- Arantes, P.; Hirao, F.; Lazarini, K. 2010. *Metodologia de projeto arquitetônico participativo em empreendimentos habitacionais autogeridos em São Paulo: A experiência recente da assessoria técnica Usina junto aos movimentos populares de sem-teto (UMM) e sem-terra (MST)*. (Apresentação de trabalho/Seminário).
- Barros, R. 2008. *Habitação coletiva: a inclusão de conceitos humanizadores no processo de projeto*. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo.
- Fundação João Pinheiro. 2011. *Déficit habitacional no Brasil 2008 / Ministério das Cidades*. Secretaria Nacional de Habitação. – Brasília, Ministério das Cidades.
- Holanda, F.; Kohlsdorf, G. *Arquitetura como situação relacional*. (Mimeogr., s. d.)
- Kohlsdorf, Maria Elaine. *Diretrizes gerais para as disciplinas de projeto de arquitetura e urbanismo*. Curso de Arquitetura e Urbanismo - Colegiado das disciplinas de Projeto de Arquitetura E Urbanismo do Centro Universitário UNIEURO. Brasília, 2006.
- Jones, P.; Till, J.; Petrescu, D.; 2005. *Architecture and participation*. E-book. London: Routledge, 2005.
- Mollison, Bill. *Introdução à permacultura*. Brasília: Fundação Daniel Efraim Dazcal, 1998.
- Queiroz, José Jandson. *Ensaio sobre procedimentos de projeção urbanística – Dissertação de mestrado*. Universidade de Brasília. Brasília, 2000.
- Sattler, M. 2007. *Habitações de Baixo Custo Mais Sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis*. Porto Alegre: Antac. (Coleção Habitare, 8).

CHAPTER 15 | CAPÍTULO 15 | CAPÍTULO 15

Social housing and buildings affordable to all

Habituação social e edificações de baixo custo

Habitación social y edificación de bajo costo



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Análise do conforto ambiental em edifícios escolares no município de Vila Velha-ES, BR

Luciana Aparecida Netto de Jesus

Universidade Vila Velha-ES, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Vila Velha, Brasil.

Luciana.jesus@uvv.br

Larissa Leticia Andara Ramos

Universidade Vila Velha-ES, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Vila Velha, Brasil.

Larissa.ramos@uvv.br

Eliane Gorete Schmidt Antunes

Universidade Vila Velha-ES, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Vila Velha, Brasil

elianeschmidt12@gmail.com

ABSTRACT: Public schools in the Espírito Santo State, Brazil, present constructive and architectural features relatively standardized. It is questioned, however, the model's effectiveness in ensuring environmental quality and functionality of the building, thus aiming to improve user productivity. This paper aims to verify the effectiveness of this standard model, diagnose failures and compare the application of assessment tools Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) and High Environmental Quality (AQUA) in buildings. These tools aim at contributing to the sustainable buildings performance, which in the case such as school buildings, can directly influence the teaching-learning process. This research has as a case study the Municipal Building Unit of Primary Education (UMEF) Dr. Nader Tuffy in Vila Velha-ES. It presents results for improvement of the thermal comfort achieved through different intervention scenarios.

Keywords: School Buildings, Assessment Tools, Environmental performance.

RESUMO: As escolas da rede pública municipal de Vila Velha, Estado do Espírito Santo-Brasil, apresentam características construtivas e arquitetônicas relativamente padronizadas. Questiona-se, porém, a eficácia deste modelo em garantir a qualidade ambiental e a funcionalidade destes edifícios, visando, assim, a melhoria da produtividade dos usuários. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental do referido modelo construtivo, diagnosticar falhas e verificar a aplicabilidade de soluções que atendam requisitos de sustentabilidade presentes nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) e Alta Qualidade Ambiental (AQUA). Tais ferramentas visam contribuir para o desempenho sustentável de edificações, que no caso dos edifícios escolares, podem influenciar diretamente no processo ensino-aprendizagem. Esta pesquisa utiliza como estudo de caso o Edifício da Unidade Municipal de Ensino Fundamental (UMEF) Dr. Tuffy Nader, em Vila Velha -ES, apresentando resultados referentes a melhoria do conforto térmico obtido através de diferentes cenários de intervenção.

Palavras-chave: Edifício escolar, Ferramentas de Avaliação, Desempenho ambiental.

1 INTRODUÇÃO

As atuais instituições de ensino resultam de um longo processo histórico, responsável pela transmissão de valores e pelo acúmulo de conhecimento numa sociedade. Assim sendo, a história da educação e a qualidade de ensino podem ser conceituadas como narrativas de uma população e seu desenvolvimento cultural, econômico e político. Neste contexto, deve levar em consideração o bem-estar dos alunos, os quais são diretamente afetados pelo ambiente em que

estão inseridos. Os problemas referentes à qualidade dos edifícios escolares públicos são geralmente consequências de erros de projeto e de execução, sendo as principais deficiências relacionadas às condições de conforto ambiental e à funcionalidade nas edificações. As condições de conforto, sejam elas: ventilação, temperatura, umidade, ruído e iluminação, influenciam nos aspectos fisiológicos e psicológicos de seus usuários, além de afetarem o processo ensino-aprendizagem.

Tendo em vista que os usuários passam, em média, um terço do dia no interior das escolas, verifica-se, deste modo, a importância de qualificar a configuração física desses ambientes de forma a promover espaços com condições adequadas de conforto. O arquiteto Paulo Mendes da Rocha, quando refletia sobre o papel do arquiteto, mencionava que “[...] a arquitetura deve responder nitidamente às situações fundamentais que amparam a vida humana” (Artigas 2000, p.15). Desta forma, é de responsabilidade dos arquitetos projetar espaços que possibilitem uma qualidade progressiva no processo ensino-aprendizagem. Entretanto, percebe-se que a maioria das escolas no país, incluindo aquelas situadas no Estado do Espírito Santo, possui um modelo construtivo padronizado.

De acordo com Azevedo et al. (2007), é histórico o fato de tais edifícios apresentarem modelos construtivos semelhantes, sempre com base na necessidade de obtenção de racionalidade dos recursos econômicos, de eficiência construtiva e da agilidade na entrega da obra. No entanto, segundo Kowaltowski (2011, p.101) deve-se questionar como este modelo considera a finalidade do espaço a ser construído e, principalmente, o conforto ambiental dos usuários que desenvolvem atividades nestes ambientes, de forma a promover melhorias.

Deste modo, o presente trabalho objetiva avaliar a qualidade ambiental do modelo construtivo utilizado nos edifícios escolares da rede pública de Vila Velha-ES, diagnosticar falhas e verificar a aplicabilidade de soluções que atendam requisitos de sustentabilidade presentes nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) e Alta Qualidade Ambiental (AQUA).

2 METODOLOGIA APLICADA

Esta pesquisa utilizou como estudo de caso o edifício institucional da Unidade Municipal de Educação Fundamental (UMEF) Dr. Tuffy Nader, localizado no bairro Barra do Jucú, município de Vila Velha, Estado do Espírito Santo. A metodologia definiu-se através de cinco etapas (Fig. 1):

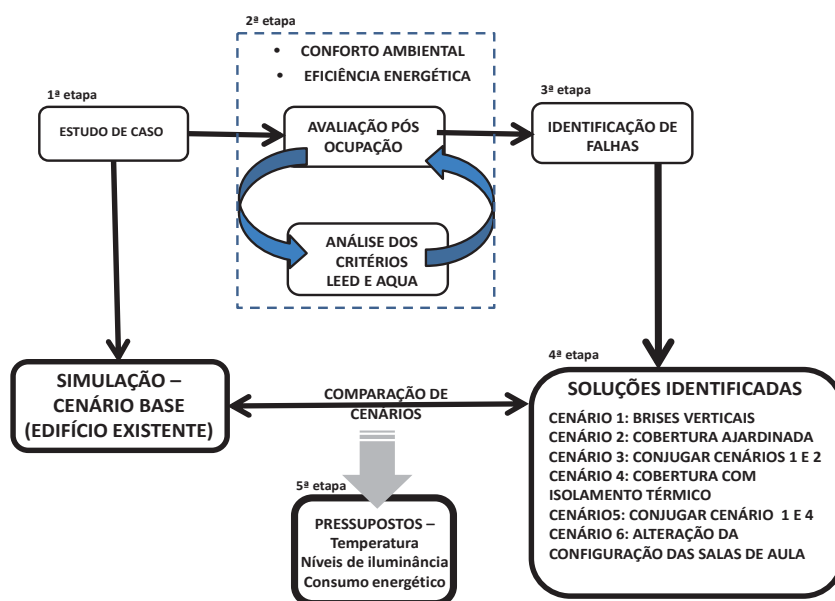


Figura 1. Estrutura da metodologia proposta. Fonte: Arquivo pessoal (2014)

A primeira (1ª) etapa deste trabalho definiu-se com a escolha do estudo de caso. A segunda etapa (2ª) foi o reconhecimento e avaliação do edifício, realizado através da Avaliação Pós- Ocupação (APO), método consolidado por pesquisadores como Zeisel (1981) e Ornstein & Romero (2003), cuja composição correspondeu ao levantamento e caracterização dos aspectos qualificadores externos e internos, a coleta e análise das variáveis de conforto térmico e eficiência energética (dados quantitativos) e a observação do comportamento dos usuários (dados qualitativos). Em Paralelo à APO, foi realizada uma análise de requisitos estabelecidos nos sistemas de avaliação LEED e AQUA, no intuito de identificar como estes sistemas abordam os temas de conforto ambiental e eficiência energética aplicados à edifícios escolares.

Através da APO e da identificação de requisitos (relacionados ao conforto e eficiência energética) definidos nos sistemas de avaliação AQUA e LEED, foi possível realizar a identificação preliminar dos principais problemas físico-espaciais existentes no edifício (3ª etapa), bem como justificar a escolha de soluções construtivas que poderiam promover melhoria no edifício analisado (4ª etapa). Para esta fase da pesquisa, foram identificados cenários de melhoria cujos resultados foram analisados através de simulações computacionais realizadas por meio do auxílio da ferramenta de análise *Ecotect*. Esta ferramenta é um aplicativo distribuído pela Autodesk, que conta como principal vantagem, sua interface intuitiva e integração com as demais plataformas BIM e CAD. O *Ecotect* permite realizar simulações de insolação, iluminação natural e artificial, acústica, e de ventilação, no entanto apresenta resultados com reduzida precisão no que se refere à eficiência energética.

Os resultados desta pesquisa foram obtidos através da simulação e comparação do cenário-base (edifício existente) e respectivos cenários de melhoria, e utilizou como referência os seguintes indicadores: temperatura, níveis de iluminância e consumo energético (5ª Etapa). Especificamente neste trabalho, serão apresentados os resultados referentes à temperatura média das salas de aula, nos diferentes cenários.

3 DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O edifício estudo de caso possui 2.308 m² de área construída e atende, aproximadamente, 400 alunos do ensino fundamental (1º ao 9º ano), com idades entre 06 e 15 anos, distribuídos nos turnos matutino e vespertino. A Unidade Educacional, inaugurada em 2012, ocupa cerca de 30% de uma área de 6.878,40m². O edifício é setorizado em 03 (três) blocos que concentram as atividades pedagógicas, administrativas e de serviços (Fig. 2).



Figure 2. Escola Dr. Tuffy Nader: Fachada e Setorização. Fonte: Prefeitura Municipal de Vila Velha (adaptada), 2013.

O bloco principal, com três pavimentos, é constituído pelo setor pedagógico com biblioteca, dezesseis salas de aula com capacidade para 30 alunos com aproximadamente 54 m², bem como

outros espaços complementares (sala de arte, música, multiuso e sala de informática). O Bloco 02 é composto pelo setor administrativo, além do auditório para 160 lugares. No Bloco 03, estão situados os vestiários e depósitos de materiais esportivos.

Quanto às características construtivas do edifício, este apresenta alvenaria em blocos cerâmicos perfurados com reboco simples. As paredes e tetos são rebocados e pintados com tinta látex e as paredes internas revestidas a meia altura por cerâmicas. O piso é em argamassa polida, de alta resistência. As aberturas são em perfis de alumínio anodizado natural com vidro liso transparente 4 mm com brises horizontal em pvc (policloreto de vinil) sombreando as superfícies envidraçadas na fachada leste e oeste.

A partir das referidas informações procurou-se analisar como a edificação atendia às necessidades de seus ocupantes, tendo em vista fatores quantitativos associados ao conforto ambiental, assim como, fatores qualitativos relacionados ao comportamento dos usuários diante da edificação existente.

4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DO EDIFÍCIO ESTUDO DE CASO

Considerando que problemas da edificação podem interferir no processo ensino-aprendizado, é de suma importância realizar um estudo de desempenho energético e conforto acerca da qualidade ambiental destes espaços. Kowaltowski (2011) sugere a realização de testes, simulações, cálculos e avaliações como forma a demonstrar cientificamente o desempenho da edificação.

A avaliação da qualidade ambiental do edifício revelou-se como resultado da aplicação de uma metodologia denominada Avaliação Pós-Ocupação (APO), cuja composição correspondeu ao levantamento e caracterização dos aspectos qualificadores externos e internos, a coleta e análise das variáveis que influenciam as condições de conforto térmico na unidade escolar (dados quantitativos) e a observação do comportamento dos usuários (dados qualitativos).

Para obtenção dos dados quantitativos, considerou-se relevante as medições dos parâmetros ambientais das variáveis de temperatura, iluminação e nível de ruído. Tais parâmetros foram avaliados em três dias distintos (24 de outubro, 31 de outubro e 14 novembro de 2013), o primeiro dia foi caracterizado por uma forte insolação, o segundo com o tempo nublado (ambas as visitas ocorreram no período vespertino, entre 15h às 17h) e o terceiro dia, também nublado, mas no período da manhã, entre as 9h às 11h. Os dias de medições ocorreram durante o período letivo e conforme autorizado pela escola. Entretanto, ressalta-se que os referidos meses, juntamente com o mês de Fevereiro e Março, são considerados os meses mais quentes do ano, conforme dados meteorológicos locais.

Para análises das variáveis mencionadas foram utilizados equipamentos de medição de níveis sonoros (Decibelímetro), temperatura (Termo-anemômetro) e níveis de iluminância (Luxímetro), disponíveis no laboratório de Conforto da Universidade Vila Velha. Também foram estudadas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) referentes à iluminância em ambientes internos, conforme NBR-5413(1992), níveis de ruído definidos na NBR 10151(2000) e ISO7730 (Método de Fanger), referente ao conforto térmico.

Tais medições foram realizadas durante pleno desenvolvimento de atividades escolares, tentando não interromper a rotina dos usuários, visando com isso, obter um diagnóstico preciso e que pudesse ser comparado com resultados obtidos por meio da simulação computacional. Com base nas medições realizadas, identificaram resultados insatisfatórios de ruído e temperatura nas salas de aula, com temperaturas médias de 29,5° e níveis de ruído de 70 dB (de acordo com a NBR10152/1987 os níveis de referência são 40 a 50 dB).

No que se refere ao nível de satisfação dos usuários da Unidade de Ensino, foram realizadas entrevistas com a diretoria e coordenadores, além da aplicação de questionários aos docentes

e discentes numa amostragem de 95 respondentes (ou seja, 24% do número total de usuários da escola). Nos questionários realizados, extraíram-se aspectos significativos sobre a importância da opinião do usuário no que se refere ao entendimento e comportamento da edificação enquanto provedora de conforto ambiental para o desenvolvimento de práticas pedagógicas.

Os questionários apontaram outras necessidades, como, por exemplo, as listadas abaixo:

- Arborização do pátio, a instalação de jardins e de mais hortas para “refrescar o ambiente”;
- Construção de cobertura entre o bloco administrativo e pedagógico para dias de chuvas;
- Excesso de iluminação direta nas salas de aula, causando ofuscamento e ganho de calor;

Observou-se também que, no turno vespertino, cerca 65% dos alunos que frequentam as salas situadas a oeste consideraram suas salas de aula ruidosas, devido ao fato delas estarem voltadas para o pátio central (onde ocorre o intervalo).

4.1 Falhas constatadas

A partir do diagnóstico realizado e no âmbito do conforto térmico, foram detectadas falhas relacionadas à elevada temperatura nas salas de aula, principalmente às situadas a oeste, ocasionada pelas seguintes evidências:

- Brises mal dimensionados, com lâminas horizontais ao invés de verticais, proporcionando, em alguns períodos do ano, a incidência solar direta nos vãos envidraçados. A orientação vertical dos brises define-se como a mais aconselhável para fachadas leste e oeste.
- A ventilação cruzada encontra-se condicionada a abertura das portas das salas de aula. Frequentemente estas precisam ser fechadas no intuito de reduzir o ruído produzido pelas salas adjacentes, interrompendo, assim, a corrente de ar proporcionada pela ventilação cruzada e, conseqüentemente, aumentando a temperatura nas salas de aula.
- O sistema construtivo proposto para a cobertura possui elevada transmitância térmica. A cobertura refere-se a uma laje impermeabilizada com telhas do tipo onduline fixadas sobre estrutura metálica com aberturas em cobogó nas fachadas leste e oeste para maior circulação de ar entre a laje e cobertura.
- Ao simular a média das temperaturas mais quentes do ano, foi constatado que cerca 69,8% do período letivo possui temperatura superior a 28°C. Foi observado também que as salas de aula localizadas a oeste possuem temperaturas que superam até 2,7 graus as temperaturas das salas de aula localizadas a leste.
- A falta de áreas verdes e sombreadas nas áreas recreativas faz com que os alunos concentrem-se no pátio coberto (localizada abaixo das salas de aulas) e nas restritas áreas de sombreamento gerada pelo próprio edifício.

Paralelamente a esta análise, foi realizada uma avaliação dos critérios AQUA e LEED relacionados às temáticas abrangidas pela pesquisa. Objetivou-se, desta forma, correlacionar as exigências destes sistemas com as falhas identificadas no edifício analisado, bem como contribuir para a escolha de soluções corretivas.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS AQUA E LEED NO ÂMBITO DOS EDIFÍCIOS ESCOLARES

Desde o fim do século XX, inúmeras ferramentas de avaliação ambiental surgiram para a contribuição do desempenho sustentável das edificações. Ferramentas específicas ou versões adaptadas das primeiras ferramentas que nasceram na Inglaterra e nos Estados Unidos foram repensadas por várias razões, mas, principalmente, para refletir diferentes práticas de padrão cultural, assim como questões ambientais internacionais.

Atualmente no Brasil, existem diversas ferramentas de certificações que estão sendo utilizadas nestas aferições. Como já mencionado anteriormente, no contexto desta pesquisa, foram utilizadas duas ferramentas, *Leadership in Energy & Environmental Design* (LEED) e Alta Qualidade Ambiental (AQUA). Ambas ferramentas visam contribuir para o desempenho sustentável das edificações, assim como promover práticas saudáveis, duráveis, acessíveis e ambientalmente corretas.

A seguir, será apresentada uma análise dos requisitos estabelecidos nos sistemas de avaliação AQUA e LEED em relação ao tema de conforto térmico, temática especificamente abordada nesta pesquisa.

5.1 Contribuições do sistema de avaliação AQUA

O Processo AQUA (Fundação Vanzolini 2007) faz referência ao tema do conforto térmico em uma categoria específica (categoria n. 08), intitulada “conforto higrotérmico”. Esta categoria abrange quatro subcategorias de avaliação, sendo apenas duas delas direcionadas a edifícios naturalmente climatizados em condições de conforto higrotérmico de verão (subcategorias 8.1 e 8.3) como é o caso do edifício estudo de caso.

Estas subcategorias apresentam medidas que, por meio delas, foi possível identificar parâmetros que facilitassem o reconhecimento de falhas em relação ao conforto térmico presentes no edifício, bem como auxiliar na escolha de soluções de melhoria do conforto térmico. Tais subcategorias pertinentes às falhas encontradas são:

SUBCATEGORIA 8.1 - Implementação de medidas arquitetônicas para otimização do conforto higrotérmico de verão e inverno - Onde é incentivada a utilização de medidas passivas, tais como: a análise das características locais; a setorização do edifício de acordo com as suas necessidades térmicas e a utilização de elementos arquitetônicos que otimizem o conforto. São exemplos de medidas apresentadas nesta subcategoria: orientar adequadamente as aberturas, utilizar proteções solares fixas e móveis, orientar os ambientes com cargas térmicas internas elevadas para o sul, promover a ventilação natural e ventilação cruzada, empregar a inércia térmica adequada.

SUBCATEGORIA 8.3 - Criação de condições de conforto higrotérmico de verão em ambientes climatizados naturalmente - Onde são enfatizadas a estrutura e a envoltória do edifício, incluindo as proteções solares e sistemas que permitem a ventilação cruzada. O sistema AQUA, nesta subcategoria, ainda faz referência aos parâmetros de temperatura em ambientes internos não superiores a 28° C e define aberturas superiores a 30%.

5.2 Contribuições do sistema de avaliação LEED

O sistema de classificação LEED é organizado em cinco categorias ambientais compulsórias, sendo uma delas especificamente direcionada ao Conforto Térmico, intitulada *Indoor Environmental Quality* (Qualidade Ambiental Interna) (USGBC 2014). Dos créditos apresentados, dois deles apresentam ligação direta com o conforto térmico aplicado ao edifício estudo de caso.

CRÉDITO 7.1 - Projeto do Conforto Térmico - Visa proporcionar ao ambiente conforto térmico e promover produtividade e bem-estar dos ocupantes do local. Neste crédito, dentre outros, são evidenciados o projeto da envoltória e seus sistemas com a capacidade de construção para atender aos critérios de conforto em condições ambientais.

CRÉDITO 7.2- Verificação do Conforto Térmico - Visa proporcionar a avaliação do conforto térmico dos ocupantes ao longo do tempo de habitação no edifício. Neste critério, é incentivada a implementação de sistema de monitoramento permanente para garantir o desempenho do edifício, assim como o cumprimento dos critérios de conforto presente no crédito 7.1.

Dentro os aspectos analisados na APO do edifício estudo de caso, observam-se que as principais falhas identificadas estão relacionadas ao tema do conforto térmico e que poderiam ser tratadas com as algumas medidas recomendadas pelo processo AQUA e o LEED tais como: orientação das salas de aula a sul; uso de proteções solares verticais considerando a orientação leste-oeste do edifício e adequada ventilação cruzada, que neste caso foi afetada pela configuração do edifício com o corredor central e salas adjacentes.

Verificou-se, ainda, que uma das preocupações do LEED é o adequado projeto da envoltória para garantir o conforto interno no edifício. Considerando que a superfície da cobertura é a parte da envoltória que mais recebe radiação solar, uma das medidas aconselhadas seria o sistema construtivo da cobertura com reduzida transmitância térmica.

6 DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS DE MELHORIA

Conforme referido por Frandoloso (2001), a utilização de novas tecnologias em edifícios escolares implica vantagens como a melhoria térmica, acústica, qualidade do ar interior, o aprimoramento do conforto, melhoria da saúde dos usuários, redução de custos operacionais e de manutenção na edificação. Deste modo, os espaços devem ser planejados com consciência das exigências do usuário, adaptação à cultura local, economia e a constante evolução tecnológica, de forma a minimizar impactos gerados na construção civil.

Tento em vista a identificação das falhas em relação ao conforto térmico presentes no edifício estudo de caso, além da contribuição dos sistemas de avaliação AQUA e LEED, considerou-se a definição de seis cenários de melhoria. Tais cenários foram baseados em soluções tecnológicas com uma melhor adequação ao clima e de características construtivas apropriadas. A Tabela 1 apresenta o resumo do cenário-base e dos cenários de melhoria que foram simulados.

Tabela 1. Configurações de margens para papel A4

Cenário simulado	Tecnologia implementada
Cenário-base	Padrão construtivo existente
Cenário 1	Substituição dos brises horizontais por brises verticais nas fachadas a leste e oeste
Cenário 2	Substituição da telha de fibrocimento por telhado verde (40 cm de substrato)
Cenário 3	Conjugação do cenário 1 e 2
Cenário 4	Substituição da telha de fibrocimento por telha com isolamento térmico (poliuretano) revestido com telha metálica
Cenário 5	Conjugação do cenário 1 e 4
Cenário 6	Alteração da orientação e configuração da escola (orientação norte-sul e salas de aula interligadas por corredor lateral ao invés de corredor central (sala de aula-corredor-sala de aula)

De forma a verificar os reais efeitos das medidas de melhoria propostas e limitando o estudo somente à análise da temática de conforto ambiental, foram realizadas simulações de duas salas de aula localizadas no pavimento em contato com a cobertura, uma voltada a leste (sala 13) e outra voltada para a fachada oeste (sala 09). Para a realização da simulação computacional utilizou-se o software *Ecotect*. Neste trabalho, serão apresentados os resultados das simulações da sala 09, referente ao pior cenário.

O primeiro modelo, denominado cenário-base, referiu-se a simulação da edificação existente e serviu de referência para avaliação de desempenho das demais medidas de melhoria. Neste sentido, foram considerados todas as características construtivas, equipamentos existentes, perfil de uso, horários de utilização e os artifícios de amenização de temperatura utilizados. As propostas de melhoria, com exceção do cenário 6, basearam-se em medidas corretivas simples, onde se realizou a alteração dos brises horizontais por verticais e a substituição da cobertura

em telhas de fibrocimento por soluções construtivas com reduzida transmitância térmica, em que os referidos cenários foram analisados individualmente ou através da conjugação de duas soluções.

No caso do cenário 6, apesar de inviável a sua aplicação no estudo de caso, o mesmo foi definido como um ensaio para propostas de futuros edifícios escolares, afim de verificar o seu desempenho caso este fosse projetado conforme a configuração e orientação solar consideradas mais adequadas (orientação norte-sul e salas de aula interligadas por um corredor lateral).

7 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos basearam-se na simulação e na análise comparativa entre o cenário-base (edifício existente) e os seis cenários de melhoria propostos (onde foi considerada a análise da temperatura). Para todos os cenários estabelecidos foram caracterizados os mesmos padrões de uso, dados de temperatura externa, umidade relativa, velocidade do ar, equipamentos e iluminação.

A análise de desempenho térmico teve como base a média mensal das temperaturas internas das salas de aula analisadas. Outro indicador utilizado nas análises foi a avaliação da porcentagem do tempo (os dias e os horários letivos) em que as referidas salas de aula estiveram numa zona de conforto com temperatura entre 20°C a 27°C, gama de temperatura adequada para espaços não climatizados na zona climática 8 (Vila Velha- ES).

Analisando as temperaturas médias, demonstradas na Figura 3, em relação aos cenários 5 e 6, foi possível verificar uma redução significativa de aproximadamente 5°C. Isto se deve ao fato, no caso do cenário 5, de ter ocorrido a conjugação de duas soluções: a utilização de cobertura com reduzida transmitância térmica (telha metálica com isolamento térmico) e brises verticais. Nos cenários onde estas medidas foram apresentadas separadamente, os efeitos foram menos expressivos, somente evidenciando-se resultados em torno de 2°C.

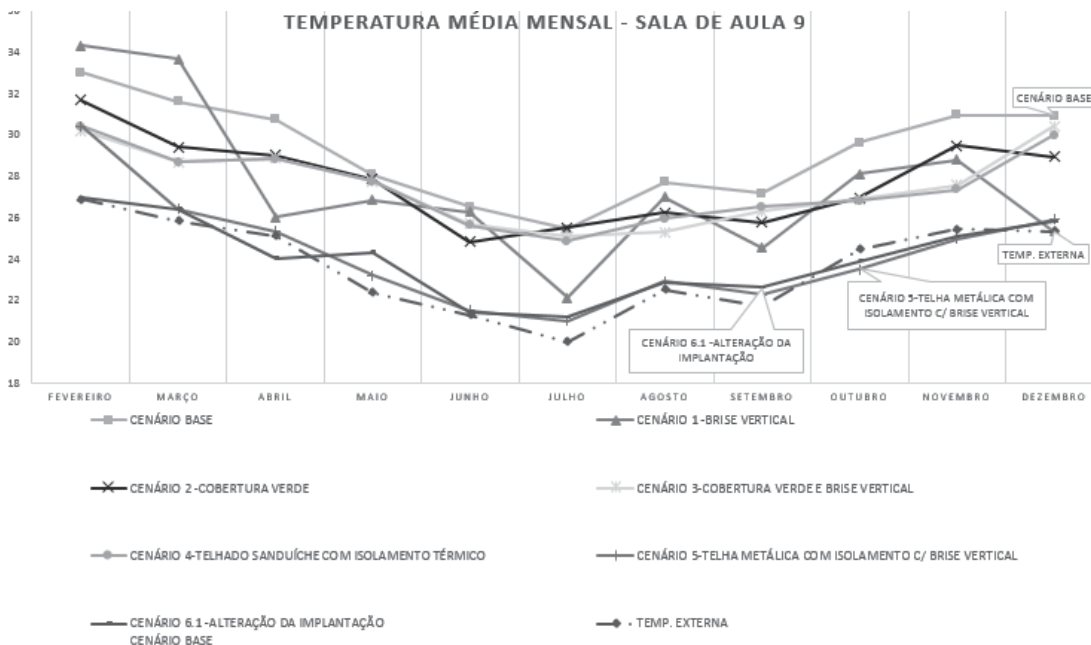


Figura 3. Distribuição Anual de Temperatura das salas analisadas. Fonte: Arquivo Pessoal, 2014.

Quanto ao cenário 6, a melhoria do conforto deu-se através da alteração da configuração e orientação das salas de aula, proporcionando a ventilação cruzada e adequada insolação respectivamente. Constatou-se desta forma, que a configuração sala de aula com corredor lateral deve ser priorizada no projeto, ao invés do corredor central e das salas de aula viradas à sul.

Referente à percentagem de tempo em que a sala de aula 09 esteve numa zona de conforto com temperatura entre 20°C a 27°C, a título de exemplo, realizou-se a comparação entre o cenário-base e o cenário 5 (telha metálica com isolamento térmico e brises verticais). Conforme observado Figura 4, constatou-se que o desempenho térmico do cenário 5 foi satisfatório em 98,6% dos dias letivos do ano, enquanto que no cenário-base, somente 56% dos dias letivos no ano estiveram dentro de uma gama de temperatura adequada.

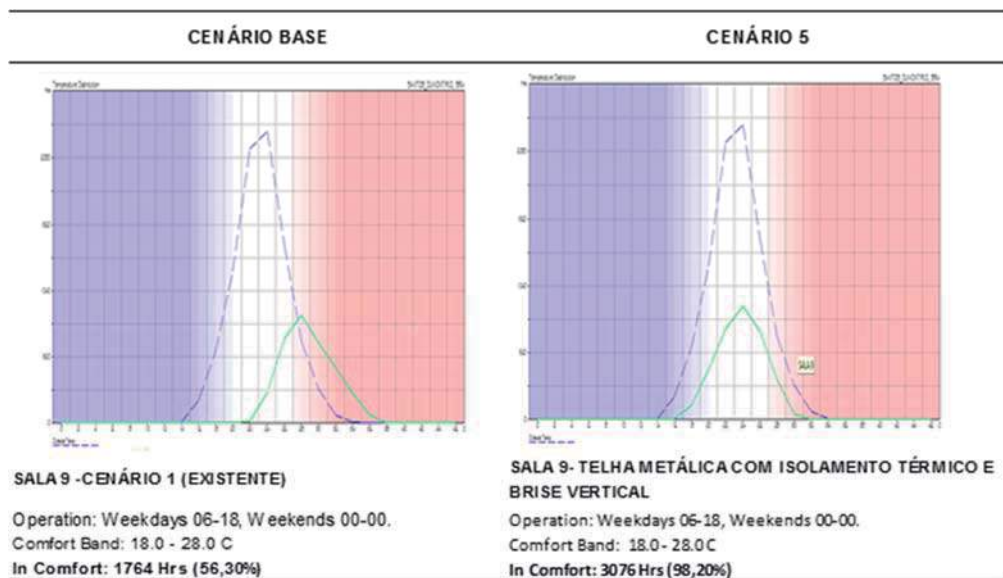


Figura 4. Análise do período de tempo em que a sala de aula (9) encontra-se em zona de conforto. Fonte: Arquivo Pessoal, 2014

8 CONCLUSÕES

O presente trabalho objetivou verificar a qualidade ambiental do modelo construtivo padrão adotado nas escolas da rede de Ensino Municipal de Vila Velha-ES, tendo como estudo de caso, o Edifício Escolar Dr. Tuffy Nader. Neste contexto, realizou-se uma Avaliação Pós-Ocupação (APO), buscando dados quantitativos e qualitativos voltados para a análise do conforto ambiental. Através deste levantamento, verificaram-se falhas tais como elevadas temperaturas e ruídos em salas de aula, estando acima dos níveis estabelecidos pelas Normas Técnicas Brasileiras. As propostas de melhoria foram baseadas nas falhas e nos requisitos definidos pelas ferramentas de avaliação AQUA e LEED.

Os resultados deste trabalho foram extraídos por meio de ferramentas de simulação e análise comparativa entre os diferentes cenários de melhoria estabelecidos, onde se constatou que decisões projetuais em relação à configuração das salas de aula (interligadas por um corredor lateral) e o uso de medidas que conjugam adequado sombreamento e isolamento da cobertura deveriam ser utilizados como parâmetros projetuais para a construção de edifícios escolares na rede municipal de ensino, pois tais medidas poderiam proporcionar uma redução significativa de até 5°C da temperatura interna.

9 AGRADECIMENTOS

As autoras deste trabalho, pertencentes ao grupo de pesquisa ArqCidade do Núcleo de Estudos e Práticas (NEP) da Universidade de Vila Velha (UVV). Agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) e à Fundação Nacional de Desenvolvimento do Ensino Superior Particular (FUNADESP) pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

Artigas, Rosa (Org.)2000. *Paulo Mendes da Rocha*. 1ª ed. São Paulo: Cosac & Naify.

- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). 1992. *NBR-5413: Iluminância de interiores*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). 2000. *NBR- 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT).. 1987. *NBR- 10152: Níveis de Ruído para conforto acústico*. Rio de Janeiro, 2 p.
- Azevedo, G.A.N.; Bastos, L.E. G. & Blower, H. S. 2007. *Escolas de ontem, educação hoje: é possível atualizar usos em projetos padronizados?* In: III Seminário Projetar. Porto Alegre. Anais do III Seminário Projetar.
- Brasil. Ministério da Educação. 2006. *Secretaria de educação básica. Parâmetros Básicos de Infraestrutura para Instituições de Educação Infantil*. Encarte 1.
- Franceloso, M.A.L. 2001. *Crítérios de projeto para escolas fundamentais bioclimáticas*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFRGS: Porto Alegre.
- Fundação Vanzolini. 2007. *Referencial Técnico de Certificação. Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA Escritórios - Edifícios escolares*.
- International Organization For Standard. 2005. *ISO 7730: Moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the condition of thermal Confort*. Geneva.
- Kowa Ltowski, D.C.C.K. 2011. *Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino*. São Paulo: Oficina de texto.
- Ornstein, Sheila Walbe; ROMÉRO, Marcelo de Andrade. 2003. *Avaliação pós-ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social*. Porto Alegre.
- USGBC. U.S. 2014. *Green Buiding Council. LEED*. Disponível em< <http://www.usgbc.org/leed>> Acesso em 13 set.
- Zeisel, J. 1981. *Inquiy by Design*. Monterey: Brooks/Cole Publishing Co.

Análise da adequação de empreendimentos habitacionais aos critérios da certificação ambiental brasileira Selo Casa Azul

Daniela Chiarello Fastofski

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, São Leopoldo, RS, Brasil

Faculdade da Serra Gaúcha - FSG, Professora do Curso de Engenharia Civil, Caxias do Sul, RS, Brasil

daniela.fastofski@fsg.br

Marco Aurélio Stumpf González

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC e Mestrado Profissional em Arquitetura e Urbanismo - MPArqUrb, São Leopoldo, RS, Brasil

mgonzalez@unisinis.br

Andrea Parisi Kern

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, São Leopoldo, RS, Brasil

apkern@unisinis.br

ABSTRACT: Environmental certifications systems indicate guidelines for achieving sustainable developments. The Selo Casa Azul (Blue House Seal), assigned by the Brazilian federal bank Caixa, apparently is the certification more adjusted to Brazilian reality. This study aims to verify the feasibility of application in actual context of construction. The research was conducted by analyzing developments in Caxias do Sul, city on southern Brazil. As a result, it was found that the Blue House Seal constitutes a viable tool, demonstrating a reasonable ease of application. Most actions to achieve its criteria are oriented to the design stage, and modifications to meet most requirements don't ask for large investments. Concerning the construction standards, some criteria may be more easily reached when resources are not limited. However we observed greater difficulty of adequacy due to the practices of companies and the construction industry.

Keywords: Environmental certifications, Selo Casa Azul.

RESUMO: Os sistemas de certificação ambiental indicam diretrizes para realização de empreendimentos sustentáveis. O Selo Casa Azul, atribuído pela Caixa Econômica Federal, é aparentemente a certificação mais ajustada à realidade brasileira. Este estudo objetiva verificar sua viabilidade de aplicação no contexto da construção civil. A pesquisa foi desenvolvida através da análise de empreendimentos em Caxias do Sul/Brasil. Como resultado, verificou-se que o Selo Casa Azul se constitui em uma ferramenta viável, demonstrando relativa facilidade de aplicação. A maioria das ações para atingir os critérios é orientada para a fase de projeto, e as modificações para atendimento aos requisitos não requerem grandes investimentos. No que concerne aos padrões construtivos, alguns critérios podem ser mais facilmente apreendidos quando os recursos não são limitados. Entretanto, observou-se uma maior dificuldade de adequação devida às práticas das empresas e da própria construção civil.

Palavras-chave: Certificações Ambientais, Selo Casa Azul.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil apresenta reconhecida importância para a economia global, se caracterizando, entretanto, como uma das atividades que mais geram impactos ambientais. De acordo com Jonh, Oliveira e Agopyan (2006), o setor utiliza cerca de 75% dos recursos naturais do planeta, na maioria não renováveis, ao mesmo tempo em que responde por 60% da massa de resíduos sólidos urbanos produzida em algumas cidades brasileiras.

Os desafios diante do paradigma da sustentabilidade são diversos e ante essa realidade revela-se essencial a adoção de uma postura pelo setor e pelos agentes envolvidos por meio da qual se verifiquem o crescimento físico, a preservação ambiental e o desenvolvimento tecnológico.

A implantação de um empreendimento sustentável deve ser realizada em cada país conforme as prioridades estabelecidas em razão de economias diversas e períodos de desenvolvimento. Neste contexto, a aplicação de sistemas de certificação pode ser promovida pelo atendimento a diretrizes relacionadas ao desempenho social, econômico e ambiental de edificações, atribuindo-se um nível de conformidade.

Conforme Gonçalves e Duarte (2006), uma certificação é concedida a partir de um sistema de avaliação pelo qual se analisa o grau de sustentabilidade segundo determinados critérios de desempenho. Para Benini et al. (2003), o modelo de certificação a ser adotado depende de cada país e suas necessidades. De modo geral, como vantagem das ferramentas de avaliação está a orientação a empreendedores, projetistas e construtores quanto aos aspectos a serem observados na produção de edificações sustentáveis. Segundo Lucas (2011), os sistemas de certificação e avaliação ambiental podem contribuir para reduzir os impactos do setor da construção.

Os principais processos internacionais de certificação ambiental são conferidos pelos sistemas LEED (EUA), BREEAM (Reino Unido), HQE (França), CASBEE (Japão), HKBEAM (Hong Kong) e GREEN STAR (Austrália). No Brasil estão disponíveis os sistemas de certificação ambientais LEED, BREEAM, AQUA, Procel Edifica e o Selo Casa Azul.

Em estudo comparativo entre sistemas de certificação, Reed et al. (2009) destacam as divergências entre as propostas, como no método LEED, que aplicado em edificações do Reino Unido, concedeu classificação superior a atribuída pela certificação inglesa BREEAM. Os autores avaliam que não são possíveis confrontações uma vez que são enfoques distintos, diferenças estas a serem ultrapassadas através da definição de metas globais para a avaliação de edifícios, sem que se desconsiderem as características próprias de cada país (Reed et al., 2009).

De acordo com Silva (2007), as metodologias da maioria dos sistemas de certificação, em geral aplicadas em países desenvolvidos, se direcionam a dimensão ambiental da sustentabilidade. Os aspectos social e econômico, no entanto, também se constituem em fatores importantes, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil.

A opção pelo Selo Casa Azul para a análise de empreendimentos decorre de esta se tratar de uma certificação atribuída pela Caixa Econômica Federal - CAIXA, instituição promotora de ações de enfrentamento ao déficit habitacional brasileiro, como por fomentar a execução de práticas sociais, incorporando a sustentabilidade em seu sentido mais amplo.

Através do presente estudo, tem-se como objetivo analisar a adequação de empreendimentos habitacionais aos critérios do Selo Casa Azul, verificando-se facilidades e limitações existentes, correlatas ou não a distintos padrões construtivos.

1.1 O Selo Casa Azul

A primeira certificação pelo Selo Casa Azul foi concedida em 2011, mesmo este havendo sido lançado ainda em 2010. Em 2012, por ocasião da realização da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável - CNUDS, conhecida por RIO +20, foram certificados outros empreendimentos. Até o momento há sete empreendimentos analisados e contratados, sendo seis multifamiliares e um de habitações unifamiliares, apresentados na Tabela 1, além de dois outros apenas avaliados e que por esta razão não são oficialmente divulgados pela instituição¹.

¹Informações obtidas com a Arq.^a Sandra Quinto, integrante do grupo de trabalho da CAIXA responsável pela elaboração da metodologia do Selo Casa Azul, em comunicação por e-mail realizada em dezembro de 2013.

A concessão do selo é feita mediante o atendimento acinquenta e três critérios, classificados entre obrigatórios ou de livre escolha, distribuídos em seis categorias relacionadas à qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais. A certificação bronze é concedida se atendidos os critérios obrigatórios e prata e ouro se, respectivamente, seis e doze de livre escolha além dos obrigatórios (John; Prado, 2010).

Tabela 1. Relação de empreendimentos certificados pelo Selo Casa Azul. Fonte: adaptado de Caixa Econômica Federal e de comunicações com a Instituição (2013).

Identificação	Programa	Proponente	Local	UH*	Nível	Critérios atendidos
Condomínios E e G - Complexo Paraisópolis	PAC Urbanização de Favelas	Prefeitura Municipal	São Paulo SP	117	Ouro	39
Edifício HAB2 - Chapéu Mangueira - Babilônia	Pró-Moradia Urbanização de Favelas	Prefeitura Municipal	Rio de Janeiro RJ	16	Ouro	33
Residencial Bonelli	Imóvel na Planta - SBPE	Construtora Rogga	Joinville SC	45	Ouro	32
Residencial Guaratinguetá	PMCMV - faixa I - 0 a 3 S.M.	Construtora Bairro Novo	Santo André SP	880	Ouro	35
Residencial Parque Jequitibá	Financiamento a Produção - SBPE	Construtora Mazzini Gomes	Vitória ES	62	Ouro	33
Ville Barcelona	PMCMV - faixa III 6 a 10 S.M.	Construtora Precon	Betim MG	32	Prata	29
Residencial Brahma	Alocação de recursos - FGTS	Viana e Moura	Garanhuns PE	108	Ouro	29

*UH - número de Unidades Habitacionais

Por esta ser uma certificação relativamente nova, há poucos estudos analisando ou aplicando esta metodologia, incluindo Magnani (2011), Figueira (2012), Vasconcelos (2012), Silva (2012) e Bello, Saback e Costa (2014). Magnani (2011) realizou um comparativo entre o Selo Casa Azul e o Leed for Homes, verificando a importância da regionalização de uma certificação, mesmo que os dois sistemas incorporem aspectos semelhantes de avaliação. Figueira (2012) desenvolveu uma aplicação da metodologia do Selo Casa Azul em uma edificação de médio padrão construtivo, por fim considerando esta uma ferramenta importante para a orientação da execução de uma edificação mais sustentável. Vasconcelos (2012) analisou a possibilidade de aplicação dos critérios do Selo Casa Azul em Habitação de Interesse Social - HIS, concluindo que este pode vir a atribuir um ganho qualitativo para as edificações habitacionais. Silva (2012) examinou a aplicação do Selo em um assentamento habitacional, verificando sua viabilidade para a HIS e sugerindo a inserção de outros condicionantes.

Bello, Saback e Costa (2014), por sua vez, realizaram a investigação do Selo Casa Azul em dois empreendimentos subsidiados pelo PMCMV, analisando os custos incidentes para que os mesmos viessem a atender aos critérios faltantes para o cumprimento daqueles obrigatórios e, portanto, alcançassem ao nível bronze, através de soluções propostas pelos autores. O mesmo procedimento foi adotado considerando-se incorporar soluções nestes empreendimentos de modo a que atendessem a mais critérios de livre escolha e alcançassem os níveis prata e ouro. Como resultado os autores estimaram que para se atender aos níveis bronze e prata haveria um acréscimo inferior a 1,5%, enquanto para o nível ouro este valor poderia variar entre 3,64% e 7,23%.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método do Selo Casa Azul consiste em verificar, na fase de análise de viabilidade técnica do empreendimento, ainda antes da contratação do financiamento junto à Caixa Econômica Federal, o atendimento quanto aos critérios que orientam a classificação da edificação.

A aplicação do Selo Casa Azul nos empreendimentos selecionados foi desenvolvida através do diagnóstico do entorno(DE), da análise de projetos e documentos complementares(PD) e da realização de simulações(S), verificando o atendimento aos indicadores de cada critério, conforme a documentação do Selo (John; Prado, 2010). Para verificar aspectos nem sempre documentados pelas construtoras e confirmar o atendimento, alguns indicadores são analisados por meio de vistorias realizadas durante a execução das obras(V).

Visto que algumas ações poderiam ser observadas em mais de uma forma de análise, optou-se pelo método que apresentasse maior interferência no indicador do critério ou aquele em que o desenvolvimento se mostrasse mais viável, mesmo em se tratando de um selo onde a análise de projetos se mostra determinante.

Cabe salientar que alguns critérios foram revisados pela CAIXA, com vistas a facilitar o acesso ao selo, sendo a principal alteração a inclusão de um critério bônus, atendido quando da execução de alguma ação não prevista que contribua para a maior sustentabilidade do empreendimento². Na Tabela 2 estão relacionados os critérios, divididos por categoria, obrigatoriedade e modo de aplicação.

Tabela 2. Categorias, critérios e método de avaliação.

Critério	Classificação	Aplicação			
		DE	PD	V	S
Categoria 1 - Qualidade Urbana					
Qualidade do entorno – infraestrutura	Obrigatório	X			
Qualidade do entorno – impactos	Obrigatório	X			
Melhorias no entorno	Livre escolha		X		
Recuperação de áreas degradadas	Livre escolha	X			
Reabilitação de imóveis	Livre escolha	X			
Categoria 2 - Projeto e Conforto					
Paisagismo	Obrigatório		X		
Flexibilidade de projeto	Livre escolha		X		
Relação com a vizinhança	Livre escolha				X
Solução alternativa de transporte	Livre escolha		X		
Local para coleta seletiva	Obrigatório		X		
Equipamentos de lazer, sociais e esportivos	Obrigatório		X		
Desempenho térmico - vedações	Obrigatório		X		
Desempenho térmico - orientação ao sol e ventos	Obrigatório		X		
Iluminação natural de áreas comuns	Livre escolha		X		
Ventilação e iluminação natural de banheiros	Livre escolha		X		
Adequação as condições físicas do terreno	Livre escolha		X		
Categoria 3 - Eficiência Energética					
Lâmpadas de baixo consumo - áreas privativas	Obrigatório*		X		
Dispositivos economizadores - áreas comuns	Obrigatório		X		
Sistema de aquecimento solar	Livre escolha		X		
Sistema de aquecimento a gás	Livre escolha		X		

²Informações disponíveis em http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/sustent/selo_casa_azul/Mudancas_Selo_Casa_Azul.pdf.

Tabela 2. Categorias, critérios e método de avaliação (cont.) Fonte: adaptado de John; Prado(2010) com método próprio de aplicação do critério (2014).

Critério	Classificação	Aplicação			
		DE	PD	V	S
Medição individualizada - gás	Obrigatório		X		
Elevadores eficientes	Livre escolha		X		
Eletrodomésticos eficientes	Livre escolha		X		
Fontes alternativas de energia	Livre escolha		X		
Categoria 4 - Conservação de Recursos Materiais					
Coordenação modular	Livre escolha		X		
Qualidade de materiais e componentes	Obrigatório		X		
Componentes industrializados ou pré-fabricados	Livre escolha		X		
Fôrmas e escoras reutilizáveis	Obrigatório			X	
Gestão de resíduos de construção e demolição - RCD	Obrigatório			X	
Concreto com dosagem otimizada	Livre escolha		X		
Cimento de alto-forno (CP III) e pozolânico (CP IV)	Livre escolha		X		
Pavimentação com RCD	Livre escolha		X		
Madeira plantada ou certificada	Livre escolha		X		
Facilidade de manutenção da fachada	Livre escolha		X		
Categoria 5 - Gestão da Água					
Medição individualizada - água	Obrigatório		X		
Dispositivos economizadores - bacia sanitária	Obrigatório		X		
Dispositivos economizadores - arejadores	Livre escolha		X		
Dispositivos economizadores - registros reguladores de vazão	Livre escolha		X		
Aproveitamento de águas pluviais	Livre escolha		X		
Retenção de águas pluviais	Livre escolha		X		
Infiltração de águas pluviais	Livre escolha		X		
Áreas permeáveis	Obrigatório		X		
Categoria 6 - Práticas Sociais					
Educação para a gestão de RCD	Obrigatório		X		
Educação ambiental dos empregados	Obrigatório		X		
Desenvolvimento pessoal dos empregados	Livre escolha		X		
Capacitação profissional dos empregados	Livre escolha		X		
Inclusão de trabalhadores locais	Livre escolha		X		
Participação da comunidade na elaboração do projeto	Livre escolha		X		
Orientação aos moradores	Obrigatório		X		
Educação ambiental dos moradores	Livre escolha		X		
Capacitação para gestão do empreendimento	Livre escolha		X		
Ações para mitigação de riscos sociais	Livre escolha		X		
Ações para geração de emprego e renda	Livre escolha		X		

* Para Habitação de Interesse Social – HIS até três salários mínimos.

2.1 Seleção e descrição dos empreendimentos analisados

Para a aplicação dos critérios do Selo Casa Azul foram selecionados empreendimentos típicos em execução na cidade de Caxias do Sul/Brasil, a partir de construtoras locais atuantes junto aos programas habitacionais da CAIXA. Foram selecionados todos os empreendimentos em execução das empresas que manifestaram interesse no estudo e disponibilizaram as informações necessárias.

Os programas habitacionais vêm se mostrando fundamentais ao acesso à moradia. O Sistema Nacional de Habitação- SNH, principal instrumento da Política Nacional de Habitação - PNH, se divide em Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social - SHIS e em Sistema de Habitação de Mercado. O SHIS prevê o acesso à moradia pela população de baixa renda, por meio de recursos como o Fundo de Arrendamento Residencial - FAR e o Fundo de Garantia por Tempo de Serviço - FGTS, enquanto o Sistema de Habitação de Mercado tem por objetivo atender à população de maior renda, através de construtoras e incorporadoras e com recursos como o

Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo - SBPE (Caixa Econômica Federal, 2011). O Programa Minha Casa Minha Vida - PMCMV, instituído em 2008, também visa atender às famílias de menor renda, e abrange o Programa de Habitação Popular - Entidades/Recursos do FDS, o Programa Nacional de Habitação Urbana - PNHU e o Programa Nacional de Habitação Rural - PNHU. No PNHU a aquisição e a alienação de imóveis pode se dar pela transferência de recursos ao FAR, em se tratando de renda familiar de até três salários mínimos e com recursos do FGTS, quando esta é inferior a dez salários mínimos (Caixa Econômica Federal, 2011).

A seleção de empreendimentos procurou diversificar os recursos, inclusive em uma mesma construtora, contemplando diferentes padrões de construção. Deste modo, selecionaram-se três empreendimentos da construtora A, um da B e três da C, conforme relacionado na Tabela 3.

Tabela 3. Relação de empreendimentos avaliados.

Empreend.	Constr.	Recurso	UH*	Área privativa da UH (m ²)	Área total de construção (m ²)	Implantação
I	A	FAR	240	40,33	13881,63	12 blocos
II	A	FGTS / SBPE	190	55,30 e 80,88	17924,17	2 blocos
III	A	SBPE	62	86,04 a 90,31	9339,79	1 bloco
IV	B	FGTS	80	45,06 e 46,77	5461,16	1 bloco
V	C	FGTS	96	55,47 e 57,97	7546,37	2 blocos
VI	C	SBPE	30	134,55 a 166,10	5238,39	1 bloco
VII	C	SBPE	45	47,00 a 75,00	4718,15	1 bloco

*UH - número de Unidades Habitacionais

Fonte: Gerência de Desenvolvimento Urbano e Rural de Caxias do Sul (GIDURCX) e empresas construtoras.

Os resultados foram tratados em razão do padrão construtivo, vinculado em princípio à origem dos recursos, verificando-se se há relação desta variável com a facilidade ou com a limitação do atendimento a um determinado critério.

3 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

A partir da análise dos critérios e em referência a cada categoria proposta pelo Selo Casa Azul, têm-se os resultados apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4. Análise do atendimento aos critérios do Selo Casa Azul pelos empreendimentos avaliados.

Relação de Categorias e critérios	Empreendimentos analisados						
	Menor padrão construtivo			Maior padrão construtivo			
	I	IV	V	II	III	VI	VII
Categoria 1 - Qualidade Urbana							
Qualidade do entorno - infraestrutura			X		X	X	X
Qualidade do entorno - impactos	X						
Melhorias no entorno			X	X	X		
Recuperação de áreas degradadas							
Reabilitação de imóveis							
Categoria 2 - Projeto e Conforto							
Paisagismo			X	X		X	X
Flexibilidade de projeto				X	X		
Relação com a vizinhança	X			X			
Solução alternativa de transporte							
Local para coleta seletiva	X	X	X	X	X	X	X
Equipamentos de lazer, sociais e esportivos	X	X	X	X	X		
Desempenho térmico - vedações	X				X		

Tabela 4. Análise do atendimento aos critérios do Selo Casa Azul pelos empreendimentos avaliados (cont.).

Relação de Categorias e critérios	Empreendimentos analisados						
	Menor padrão construtivo			Maior padrão construtivo			
	I	IV	V	II	III	VI	VII
Desempenho térmico - orientação ao sol e ventos	X		X				X
Iluminação natural de áreas comuns							X
Ventilação e iluminação natural de banheiros							
Adequação as condições físicas do terreno	X	X		X	X		
Categoria Eficiência Energética							
Lâmpadas de baixo consumo - áreas privativas							
Dispositivos economizadores - áreas comuns	X	X	X	X	X	X	X
Sistema de aquecimento solar							
Sistema de aquecimento a gás							
Medição individualizada - gás			X	X	X	X	X
Elevadores eficientes					X		
Eletrodomésticos eficientes		X	X	X	X	X	X
Fontes alternativas de energia						X	
Categoria Conservação de Recursos Materiais							
Coordenação modular	X	X	X	X	X	X	X
Qualidade de materiais e componentes							
Componentes industrializados ou pré-fabricados	X		X	X	X		
Fôrmas e escoras reutilizáveis	X	X		X	X		
Gestão de resíduos de construção e demolição - RCD	X	X	X	X	X		
Concreto com dosagem otimizada	X		X	X	X	X	X
Cimento de alto-forno (CP III) e pozolânico (CP IV)	X	X	X	X	X	X	X
Pavimentação com RCD							
Madeira plantada ou certificada	X	X		X	X		
Facilidade de manutenção da fachada	X	X	X	X	X	X	X
Categoria Gestão da Água							
Medição individualizada - água	X		X	X	X	X	X
Dispositivos economizadores - bacia sanitária			X			X	X
Dispositivos economizadores - arejadores							
Dispositivos economizadores - registros reguladores de vazão							
Aproveitamento de águas pluviais	X		X	X	X	X	X
Retenção de águas pluviais			X				
Infiltração de águas pluviais							
Áreas permeáveis					X		
Categoria Práticas Sociais							
Educação para a gestão de RCD	X		X	X	X		
Educação ambiental dos empregados			X	X		X	X
Desenvolvimento pessoal dos empregados	X		X	X	X	X	X
Capacitação profissional dos empregados	X	X	X		X	X	X
Inclusão de trabalhadores locais							
Participação da comunidade na elaboração do projeto							
Orientação aos moradores	X	X	X	X	X	X	X
Educação ambiental dos moradores		X					
Capacitação para gestão do empreendimento	X	X	X	X	X	X	X
Ações para mitigação de riscos sociais	X						
Ações para geração de emprego e renda	X						

Ainda que os empreendimentos analisados tenham demonstrado equilíbrio no atendimento às categorias em razão de seus padrões construtivos, as Categorias Qualidade Urbana, Eficiência Energética e Gestão da Água foram atendidas mais facilmente por aqueles que apresentavam maior padrão, enquanto as Categorias Projeto e Conforto, Conservação de Recursos Materiais e

Práticas Sociais pelos de menor padrão, observando-se,porém, que as opções das empresas e suas práticas construtivas em geral definiram o atendimento ou não a cada critério.

Tabela 5. Síntese dos resultados junto aos empreendimentos avaliados por categoria.

Empreendimentos	Recurso	Critérios atendidos por Categoria*					
		1 (05**)	2 (11)	3 (08)	4 (10)	5 (08)	6 (11)
Construtora A							
I	FAR	01	06	01	08	02	07
II	FGTS / SBPE	01	06	03	08	02	05
III	SBPE	02	05	04	08	03	05
Construtora B							
IV	FGTS	Zero	03	02	06	Zero	04
Construtora C							
V	FGTS	02	04	03	06	04	06
VI	SBPE	01	02	04	04	03	05
VII	SBPE	01	04	03	04	03	05

* nº total de critérios por categoria ** nº de critérios disponíveis por categoria

Ainda que os empreendimentos analisados tenham demonstrado equilíbrio no atendimento às categorias em razão de seus padrões construtivos, as Categorias Qualidade Urbana, Eficiência Energética e Gestão da Água foram atendidas mais facilmente por aqueles que apresentavam maior padrão, enquanto as Categorias Projeto e Conforto, Conservação de Recursos Materiais e Práticas Sociais pelos de menor padrão, observando-se,porém, que as opções das empresas e suas práticas construtivas em geral definiram o atendimento ou não a cada critério.

Tabela 5. Síntese dos resultados junto aos empreendimentos avaliados.

Empreendimentos	Critérios atendidos		
	Obrigatórios	Livre escolha	Total
Construtora A			
I	11	14	25
II	10	15	25
III	12	15	27
Construtora B			
IV	06	09	15
Construtora C			
V	13	12	25
VI	09	10	19
VII	10	10	20

Em decorrência destes aspectos, uma empresa executora de obras com distintos padrões para determinados critérios pôde os satisfazer ou não em todos os seus empreendimentos, mesmo porque utiliza a mesma mão de obra, método construtivo e por vezes acabamentos similares nos menores padrões, diferenciando-se os empreendimentos principalmente em relação ao número de unidades, área privativa e localização. Algumas ações já atendidas pelas empresas necessitam apenas ser formalizadas enquanto documentação para a concessão da certificação.

Cabe observar que nenhum empreendimento avaliado receberia o Selo Casa Azul, pois todos deixam de satisfazer a algum critério obrigatório. Os critérios de livre escolha Recuperação de áreas degradadas, Reabilitação de imóveis, Solução alternativa de transporte, Ventilação e iluminação natural de banheiros, Sistema de aquecimento a gás, Sistema de aquecimento solar, Pavimentação com Resíduos de Construção e Demolição, Dispositivos economizadores – arejadores, Dispositivos economizadores – reguladores de vazão, Infiltração de águas pluviais, Inclusão de trabalhadores locais e Participação da comunidade na elaboração do projeto não são atendidos também por nenhum empreendimento analisado. Para estes, seria necessário

verificar as prioridades de cada empreendimento e os custos necessários para se viabilizar tal atendimento, ainda não analisados.

Através das sínteses apresentadas nas tabelas anteriores, tem-se que não houve diferença significativa no atendimento aos critérios do selo entre os empreendimentos da Construtora A, ainda que os de maior padrão construtivo tenham atendido um critério a mais. Para a empresa compete atentar mais especificamente aos critérios obrigatórios na proposição de um próximo empreendimento caso deseje certifi-cá-lo, já que as ações de livre escolha, caso permaneçam dentro dos parâmetros observados, são suficientes para que se receba o nível ouro.

Contrariamente aos empreendimentos da Construtora A, o empreendimento da Construtora C de menor padrão construtivo foi o que satisfaz o maior número de critérios do Selo Casa Azul, tanto os obrigatórios como os de livre escolha. Isto porque para o empreendimento V, por este estar enquadrado no PMCMV, foi preciso elaborar um Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC, contabilizando-se dois critérios obrigatórios vinculados a este, Gestão de RCD e Educação para a gestão de RCD. A implantação de Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos, critério obrigatório, e a proposição de Melhorias no entorno e o uso de Componentes industrializados ou pré-fabricados, estas ações de livre escolha, foram atendidos também apenas pelo empreendimento V desta construtora.

Ressalta-se que mesmo o empreendimento com o menor padrão construtivo da Construtora A apresentou melhor resultado que os empreendimentos com maior padrão da Construtora C quanto ao total de critérios atendidos. O empreendimento IV, da construtora B, apresentou os resultados mais distantes de atendimento ao selo entre os empreendimentos analisados, em decorrência das opções realizadas pela empresa e por esta justificadas pelo padrão construtivo adotado em seus empreendimentos.

Deste modo, contesta-se uma hipótese comum de que o padrão construtivo se constituiria na variável mais significativa para o atendimento aos critérios do selo, uma vez que se verificou o quanto é considerável as próprias opções realizadas por cada construtora e as especificações e priorizações para cada empreendimento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Selo Casa Azul, ao se utilizar de critérios que refletem boas práticas para a construção civil, principalmente em relação à elaboração de projetos, reforça a necessidade de maior atenção a aspectos de simples inserção e que não requerem em princípio grandes investimentos, ainda que não se tenha avaliado sua viabilidade econômica, mas que podem contribuir para a maior qualidade e sustentabilidade de um empreendimento.

Uma certificação tende a ser um diferencial para a comercialização de um empreendimento, e mesmo não havendo incentivo financeiro até momento pela Caixa Econômica Federal, como na redução das taxas de juros, exceto em financiamentos realizados com recursos do SBPE, o retorno poder-á vir a ser obtido pela própria procura mercadológica por empreendimentos que demonstrem ser mais sustentáveis.

Como resultado, verificou-se que o Selo Casa Azul é uma ferramenta viável, demonstrando relativa facilidade de aplicação, ainda que por vezes haja margem à subjetividade do avaliador. Apesar de alguns critérios se evidenciarem como mais relevantes, o contexto da certificação torna-se interessante à medida que o conjunto de ações proposto contribui para a orientação dos agentes envolvidos, para a disseminação destas práticas e para a qualificação do edifício como um todo, em razão das prioridades estabelecidas.

Estas considerações podem ser relativizadas em parte, devido à delimitação do estudo, que considerou casos de empresas que manifestaram interesse em certificar seus empreendimentos (caso dos empreendimentos certificados pela CAIXA), ou interesse em participar da pesquisa

(empreendimentos examinados em Caxias do Sul). Pode existir uma relação entre o interesse manifestado na certificação ou participação na pesquisa e o nível de organização das empresas ou qualidade dos empreendimentos, o que provocaria um viés nos resultados. Inversamente, pode-se supor que uma empresa que atue em menor nível de organização e qualidade de construção não deseje divulgar informações sobre os seus projetos. Porém há dificuldades práticas em examinar empreendimentos sem a concordância das empresas, o que justifica a abordagem adotada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bello, A. A. C.; Saback, V. F.; Costa, D. B. Análise da viabilidade econômica de certificação ambiental de empreendimentos habitacionais de interesse social na região metropolitana de Salvador - BA. In: CÂMERA, F.; RIBEIRO, J. A. M. (Orgs.) Prêmio Odebrecht Livro Comemorativo 2013 - Compilação dos Melhores Projetos, v. 6, p. 70-95, 2014.

Benini, H.; Carmona, T.; Quarcioni, V.; Tuchiya, T.; Cardoso, F. Análise simplificada da sustentabilidade pós-ocupação de um edifício comercial. Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2003.

Figueira, A. C. Aplicação do Selo Casa Azul Caixa na construção civil: estudo de caso de uma edificação residencial. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). São Leopoldo, 2012.

Gonçalves, J. C. S.; Duarte, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. Ambiente Construído, v. 6, n. 4, p. 51-81, 2006.

John, V. M.; Oliveira, D. P. de; Agopyan, V. Critérios de sustentabilidade para a seleção de materiais e componentes: uma perspectiva de países em desenvolvimento. Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2006.

John, V. M.; Prado, R. T. A. Boas Práticas para Habitação mais Sustentável. São Paulo: Páginas e Letras – Editora e Gráfica, 2010.

Lucas, V. S. Construção sustentável-sistema de avaliação e certificação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2011.

Magnani, J. M. Análise comparativa do Selo Casa Azul com o sistema de certificação LEED for Homes. 2011. Trabalho de Conclusão do Curso (Especialização em Construção Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, 2011.

Reed, R.; Bilos, A.; Wilkinson, S.; Schulte, K. International Comparison of Sustainable Rating Tools. Journal of Sustainable Real State, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2009.

Silva, M. R. S. Análise das práticas de sustentabilidade do assentamento margem esquerda em Gaspar/SC, utilizando os critérios do Selo Casa Azul. 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2012.

Silva, V. G. Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: estado atual e discussão metodológica. Projeto FINEP 2386/04: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, 2007.

Vasconcelos, L. B. Análise da aplicação do Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal em empreendimentos de habitação de interesse social. In: Congresso Internacional - Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social, 2012. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre: 2012.

Norma de Desempenho 15.575/2013: Análise de casos das exigências de conforto térmico em projetos de habitação de interesse social

Josiane Reschke Pires

Unisinos, itt Performance, Rio Grande do Sul, Brasil

josianerp@unisinos.br

Andrea Parisi Kern

Unisinos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Rio Grande do Sul, Brasil

apkern@unisinos.br

Marco Aurelio Stumpf González

Unisinos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Rio Grande do Sul, Brasil

mgonzalez@unisinos.br

Eduardo Reuter Schneck

Universidade FEEVALE, Faculdade de Arquitetura, Rio Grande do Sul, Brasil

eduardoschneck@feevale.br

ABSTRACT: With the subsidies and furtherance from Brazilian Federal Government, through Caixa Econômica Federal, the supply of social housing throughout Brazil has been significant. Effective since 2013, the Brazilian NBR 15575 standard establishes that housing units need approval of the building systems' performance. Among them, the thermal performance stands out for being one of the most important aspects perceived by users. The aim of this research is to analyze a social housing design in two bioclimatic zones (ZB3 and ZB8), analyzing the changes needed in the design to promote the increase in users' thermal comfort in warm periods. The Brazilian NBR 15575 standard simulate method was adopted to analyze of the thermal performance and the thermal comfort evaluation was considered the degree-hour method. The thermal comfort and performance study in the design stage is an important indicator of sustainability, preventing problems relating to health, quality of life and energy consumption.

Keywords: thermal performance, thermal comfort, standard ABNT NBR 15575/2013, design

RESUMO: Com o fomento e subsidio do governo federal, através da Caixa Econômica Federal, a oferta de empreendimentos habitacionais de interesse social em todo o Brasil tem sido significativa. Em vigor desde 2013, a norma da NBR 15575 afirma que unidades habitacionais necessitam aprovação do desempenho de seus sistemas construtivos. Entre eles, o desempenho térmico apresenta um grande destaque, por ser um dos aspectos mais percebidos pelos usuários. O objetivo é analisar um projeto de HIS em duas zonas bioclimáticas (ZB3 e ZB8), analisando as modificações de projeto necessárias para promover a ampliação do conforto térmico nos períodos quentes. Para o desempenho adota-se o método de simulação térmica da norma de desempenho NBR 15575 e para a avaliação do conforto utilizou-se o método de graus-hora. O estudo do desempenho e conforto térmico na etapa de projeto é um importante indicador de sustentabilidade, prevenindo problemas referentes à saúde, qualidade de vida e consumo energético.

Palavras-chave: desempenho térmico, conforto térmico; ABNT NBR 15575/2013, projeto

1 INTRODUÇÃO

A normatização da avaliação do desempenho térmico no Brasil iniciou em 2005, com a consolidação da ABNT NBR 15220, para avaliação do desempenho térmico de componentes construtivos de habitações de interesse social (ABNT, 2005a; ABNT, 2005b) e avançou com a ABNT NBR 15575 – Desempenho de edificações, com seção específica de avaliação térmica de componentes e edificações (ABNT, 2013a).

Tiveram maior destaque entre os requisitos analisados pela ABNT NBR 15575 questões relacionadas à habitabilidade da edificação. Um dos aspectos mais importantes para o usuário é conforto térmico, além da influência deste no consumo de energia ao longo de toda a vida útil da edificação. De acordo com a ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), o desempenho térmico de uma edificação é o conjunto de características que atendem às exigências de conforto térmico dos usuários, considerando a região de implantação do projeto e as características bioclimáticas definidas pela ABNT NBR 15220-3.

O Brasil possui condições climáticas variadas ao longo do seu território, e, desta forma, os projetos devem responder diferentemente ao clima de cada local. Segundo Roaf, Fuentes e Thomas (2009), para possibilitar ao homem condições de conforto, a edificação deve estar adequada ao clima onde está inserida, amenizando as sensações de desconforto impostas pelo clima. Assim, a adoção de um partido arquitetônico apropriado ao clima e às funções da edificação possibilitam a produção de uma edificação mais adequada, sendo necessária uma avaliação quantitativa do desempenho térmico deste edifício (FROTA E SCHIFFER, 2001). Entretanto, o que normalmente ocorre é o desenvolvimento de edificações que não consideram seu entorno imediato (MACIEL, 2006).

A oferta de empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS) tem sido significativa em todo o território brasileiro, ocasionado pelo subsídio do governo federal, através da Caixa Econômica Federal. Igualmente, é elevado o número de edificações padronizadas existentes no sistema do programa Minha Casa Minha Vida que utilizam os mesmos sistemas construtivos e características de projeto em todo o território nacional, não considerando seu entorno imediato. Conforme Graf e Tavares (2012) o uso de soluções passivas de projeto visando o aumento do conforto dos usuários possibilita a redução do consumo de energia elétrica da edificação, devido ao aumento do conforto térmico.

Desta forma, o objetivo deste estudo é analisar um projeto de habitação de interesse social em duas zonas bioclimáticas distintas (ZB3 e ZB8) e avaliar a aderência deste aos requisitos de desempenho térmico da norma ABNT NBR 15575/2013, avaliando as soluções passivas de projeto necessárias para promover a ampliação do conforto térmico dos usuários no período de verão.

As estratégias para aumento do conforto térmico nos períodos de calor utilizadas foram orientação solar (norte nos ambientes de permanência prolongada), sombreamento (através de brises soleil) e absorvência das fachadas, por serem umas das mais utilizadas para aumento do conforto térmico. Neste trabalho o desconforto causado pelo frio é analisado apenas para manter ou obter o atendimento ao critério “Mínimo” para o dia típico de inverno para a ZB3, pela norma de desempenho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com a NBR 15220-1 (ABNT, 2005b) o conforto térmico é a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente. Esta satisfação ocorre quando o balanço térmico entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente é estável. As exigências de conforto térmico variam em função dos diversos tipos de ambientes das edificações. Assim, em função do período de ocupação dos ambientes ao longo do dia e das estações deve ser realizada a escolha das estratégias bioclimáticas a serem utilizadas, especialmente a organização

dos ambientes conforme orientação solar e as características das fachadas (BRASIL, 2005).

Conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2010a) o desempenho térmico de uma edificação é o conjunto de características que atendem às exigências de conforto térmico dos usuários, considerando a região de implantação do projeto e as características bioclimáticas definidas pela norma NBR 15220-3. A norma de desempenho fixa parâmetros para avaliar o comportamento da edificação qualitativamente, analisando o desempenho de um sistema construtivo com relação às necessidades das edificações brasileiras para as condições de conforto no verão e inverno em edificações habitacionais. As exigências estabelecidas para o desempenho das edificações, avaliadas a partir da simulação computacional, são realizadas com os dados climáticos da cidade onde se encontra a edificação ou, na falta destes, de cidades próximas localizadas na mesma Zona Bioclimática. Para o estudo do desempenho térmico da edificação utiliza-se o vigente zoneamento bioclimático brasileiro, disposto na ABNT NBR 15220, que divide o território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima (Figura 1).

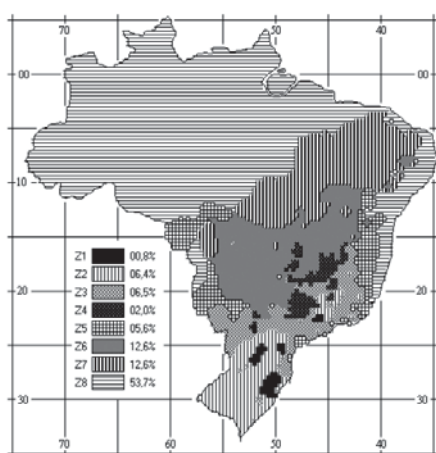


Figura 1 – Zonas bioclimáticas no Brasil. Fonte: ABNT NBR 15220 (2005)

As características da envoltória e dos sistemas construtivos empregados determinam o desempenho térmico da edificação. Diversas variáveis influenciam, sendo, entre outras, o tipo de material e cor empregados, o uso ou não de isolantes térmicos, orientação, área e tipo de esquadrias, cargas térmicas internas e o uso ou não de estratégias bioclimáticas (LAMBERTS E TRIANA, 2007).

A bioclimatologia busca satisfazer as exigências de conforto térmico através da definição das condições do meio natural e construído e dos aspectos de lugar, história e cultura, empregando no desenho arquitetônico soluções adequadas ao local onde a edificação está inserida (NGUYEN et al., 2011; ROMÉRO, 2000). Ou seja, no projeto arquitetônico, através das considerações como lugar, clima, orientação solar, insolação e biomassa, pode-se melhorar o conforto térmico e, conseqüentemente, a eficiência energética da edificação (FROTA E SCHIFFER, 2001; ROSENFELD et al., 2007). Entretanto, o que normalmente ocorre é o desenvolvimento de edificações que não consideram seu entorno imediato (MACIEL, 2006).

Segundo Cunha et al. (2006) apenas a utilização isolada de um elemento de arquitetura passiva não garante um bom desempenho térmico da edificação. Há a necessidade de se adequar os diferentes cenários climáticos com as diferentes soluções de projeto, compatibilizando a estratégia utilizada com o contexto climático. Diversos materiais e técnicas construtivas influenciam o desempenho térmico de uma edificação, como a orientação solar, vegetação, ventilação natural, insolação e as características da envoltória (cor, transmitância térmica, atraso térmico, materiais e técnicas construtivas).

A orientação solar altera a efetividade de diversos materiais e técnicas construtivas e possui grande importância no desempenho térmico da edificação. Os estudos realizados demonstram

que a diferença no desempenho térmico está intimamente ligada com a orientação solar (HASTINGS E WALL, 2009; ROAF, FUENTES E THOMAS, 2009). A fachada principal de uma edificação, para o melhor conforto térmico, deve ser a norte, pois possui uma insolação mais equilibrada durante o ano, com máxima exposição no inverno e mínima no verão. Já as fachadas leste e oeste tornam os ambientes mais quentes no verão e frios no inverno (OLGYAY, 1998).

O ganho de calor solar através do envelope (paredes e cobertura) da edificação depende da intensidade da radiação solar e da absorvância da superfície externa, associada, geralmente, à utilização de diferentes cores superficiais (SATTLER, 1991). Define-se absorvância como a razão entre a energia solar absorvida por uma superfície e a energia total incidente sobre a mesma. Apesar das propriedades termofísicas dos materiais empregados serem um dos fatores fundamentais do ganho de calor, a absorvância (α) tem efeito bastante significativo (DORNELLES, 2008). Entretanto, Givoni (1998) afirma que sua importância é variável, pois depende dos ângulos de incidência solar sobre coberturas e paredes em diferentes orientações. Ainda, apesar de cores escuras serem adequadas a climas frios, devido ao incremento de ganho de calor solar, em climas compostos a utilização de superfícies com cores claras ou escuras não possui uma relação de conforto térmico evidente.

3 MÉTODOS

As avaliações foram realizadas em um estudo de caso inserido nas cidades de Porto Alegre e Rio de Janeiro, localizadas nas ZB 3 e 8, respectivamente. Para análise do desempenho térmico foi adotado o método de simulação térmica da norma de desempenho ABNT NBR 15575, com a utilização do software Energy Plus (versão 8.1). Para a avaliação do conforto térmico considerou-se o método de graus-hora. Os arquivos climáticos utilizados (TRY) foram elaborados a partir de dados horários, registrados em estação climatológicas do INMET, entre os anos de 2000 e 2010 (Roriz, 2012).

A edificação avaliada neste estudo é um empreendimento vertical de 5 pavimentos, com quatro unidades de dois dormitórios por pavimento. O sistema construtivo das paredes externas e internas é de concreto pré-fabricado de 10cm de espessura. A cobertura é de fibrocimento de 7 mm e laje de concreto de 10 cm. O pé-direito utilizado foi de 2,6 m. As portas externas e internas são de madeira e as janelas de alumínio de correr de duas folhas, com vidro de 3 mm. As propriedades térmicas dos sistemas construtivos são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Propriedade dos vidros. Fonte: Optics 5.2a, 2010 apud POZZA, 2011

Sistema construtivo	Propriedades térmicas									
Descrição	e [m]	Ts	Rs	Rs	Tv	Rv	Rv	Tir	ϵ	K [W/m.K]
Vidro claro 3 mm	0,003	0,837	0,075	0,075	0,898	0,081	0,081	0	0,84	0,9

Tabela 2. Propriedades termofísicas dos materiais – Paredes, coberturas, forros e pisos. Fonte: Adaptado de NBR 15220-2, exceto (*): Ordenes (2003).

Material construtivo	Propriedades térmicas ¹			
	e [cm]	λ [W/m.K]	ρ [Kg/m ³]	c [kJ/kg.K]
Concreto maciço	10,0	1,75	2400	1,00
Laje de concreto	5,00	1,75	2300	1,00
Telha de fibrocimento	0,60	0,95	1900	0,84
Porta de madeira	3,00	0,15	614	2,30
Piso cerâmico	1,00	0,90	1600	0,92
Solo	45,7	0,87	1361	0,8373
Argamassa	2,50	1,15	2100	1,00
Radier concreto	10,0	1,75	2400	1,00

¹ Obs: espessura (e); condutividade térmica (λ), densidade de massa aparente (ρ), calor específico (c), e resistência térmica (R).

O ensaio térmico foi orientado pelo método de simulação da ABNT NBR 15575-1. Segundo a norma, a avaliação deve ser feita para um dia típico de projeto de inverno e de verão e os valores da temperatura interna resultante das simulações são comparados com a temperatura externa. A diferença entre eles é comparada com os valores máximos para o verão e mínimos para o inverno (Tabela 2). O dia de projeto de verão e inverno para Porto Alegre foi definido como sendo quatro de fevereiro (04/02) e vinte e nove de maio (29/05), respectivamente. Para a cidade do Rio de Janeiro os dias típicos de verão e inverno são nove de fevereiro (09/02).

O algoritmo de solução utilizado foi o Conduction Transfer Function (CTF), o qual considera apenas a troca de calor sensível, desconsiderando o armazenamento e difusão de umidade nos sistemas construtivos. Para a modelagem das zonas térmicas (espaço ou grupo de espaço suficientemente similares), os espaços de permanência prolongada foram modelados como uma zona cada.

Tabela 1 – Critério de avaliação de desempenho térmico. Fonte: adaptado de ABNT (2013 a)

Nível de desempenho	Zona bioclimática 3	Zona bioclimática 8	Zona bioclimática 3
	Verão	Verão	Inverno
M	$T_{i,Max} \leq T_{e,Max}$	$T_{i,Max} \leq T_{e,Max}$	$T_{i,Mín} \geq T_{e,Mín} + 3^{\circ}C$
I	$T_{i,Max} \leq (T_{e,Max} - 2^{\circ}C)$	$T_{i,Max} \leq (T_{e,Max} - 1^{\circ}C)$	$T_{i,Mín} \leq (T_{e,Mín} + 5^{\circ}C)$
S	$T_{i,Max} \leq (T_{e,Max} - 4^{\circ}C)$	$T_{i,Max} \leq (T_{e,Max} - 2^{\circ}C)$	$T_{i,Mín} \leq (T_{e,Mín} + 7^{\circ}C)$

$T_{i,Max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;
 $T_{e,Max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados;
 $T_{e,Mín}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;
 $T_{i,Mín}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados;
 Zonas bioclimáticas de acordo com a norma NBR 15220 – Parte 3.

Para a definição da temperatura de solo de Porto Alegre e Rio de Janeiro utilizou-se o programa Slab, software auxiliar do Energy Plus. Este programa calcula as temperaturas médias do solo para cada mês do ano, com base nos valores médios de temperaturas externas e internas da edificação. Na Tabela 4 apresentam-se os valores de temperatura do solo calculados.

Tabela 4. Temperatura de solo (valores em °C)

Cidade	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
PoA	21,8	21,5	21,1	19,3	17,1	16,6	17,0	16,1	16,7	18,6	19,1	21,2
RJ	22,4	22,9	22,6	21,8	19,9	19,1	18,6	19,6	19,4	21,0	21,4	21,8

Para que a edificação apresentasse a condição mais crítica termicamente realizou-se a simulação com duas orientações solares e um dos ambientes escolhido para análise. Para o verão, as janelas dos dormitórios são voltadas para oeste e as paredes externas para o norte. No inverno, a orientação destas janelas é sul e as paredes estão voltadas para o leste. As paredes externas foram simuladas considerando-se três alternativas de cor, com absorvâncias de 0,3 (cor clara), 0,5 (média) e 0,7 (escura). A taxa de renovação de ar dos ambientes e coberturas foi de 1 ren/h. Uma vez realizada a simulação da edificação nestas características, a edificação foi novamente simulada com o uso de orientação solar norte e com o uso de brises solei como forma de ampliar o conforto térmico da edificação.

De forma complementar à classificação da ABNT NBR 15575-1/2013, realizou-se uma avaliação dos dados através de métodos de conforto térmico, em unidades de permanência prolongada, verificando se as modificações realizadas apresentam impacto no conforto térmico da edificação. O método graus-hora é utilizado para avaliar o conforto térmico da edificação. Esta metodologia é definida como a somatória da diferença de temperatura do ar que ultrapassa uma temperatura base estipulada (Equação 1) (Machado, 2010). Através do total de graus-hora pode-se definir a quantidade de horas que o ambiente esteve fora da faixa de conforto. Para este estudo, a temperatura base foi definida através da zona de conforto de Givoni (1992) para países em desenvolvimento, com temperaturas variando entre 18°C e 29°C.

$$GH = \sum (T_b - T_h) \quad (1)$$

Onde: GH: índice de graus-hora; T_b : temperatura base, e; T_h : temperatura horária.

Para a análise do conforto térmico, as esquadrias possuem setpoint de abertura em 20°C, ou seja, quando a temperatura externa é igual ou maior que 20°C as esquadrias abrem para ventilar o ambiente, tanto no período diurno quanto noturno. Portanto, a velocidade do ar utilizado para avaliação do conforto térmico foi baseada na relação entre a velocidade média do ar com temperatura do ar e o PDD. Para os períodos quentes (1/1 a 19/3 e 22/9 a 31/12) a velocidade média do ar é de 0,21m/s. Para o período frio (20/3 a 21/9), a velocidade do ar adotada foi de 0,12m/s. As atividades desenvolvidas pelos habitantes também foram baseadas na ISO 7730 (2005): 45 W/m² para os dormitórios; 60 W/m² para a sala; e 95 W/m² para a cozinha. O consumo de energia elétrica para a edificação foi estimado em 200 kWh/mês.

4 RESULTADOS

Com os dados resultantes das simulações comparados com os critérios estabelecidos pela norma de desempenho ABNT NBR 15575, apresenta-se na Tabela 5 as temperaturas internas dos ambientes de permanência prolongada e o nível de desempenho obtido pela edificação, conforme as características de absorvância, orientação e uso de brises soleil.

Conforme Tabela 5, o nível de desempenho da edificação localizada na Zona Bioclimática 3 apresenta gradativo aumento do desempenho térmico no verão com as modificações de projeto utilizadas. Destas, a utilização de brises soleil e orientação solar e brises soleil simultâneos foram os que apresentaram o maior aumento de desempenho. As altas absorvâncias (acima de 0,7) apresentaram a maior redução do desempenho térmico no verão. Contudo, ressalta-se que não houve aumento global do desempenho térmico na edificação. A edificação na situação de inverno não atende quando com uso de absorvância de 0,3.

Assim, pode-se perceber que, na Zona Bioclimática 3, apenas com a modificação do sistema de envoltória da edificação poderia haver uma significativa mudança do nível de desempenho térmico na situação de inverno das edificações estudadas. Estas, apenas com a modificação da inércia térmica das paredes e do uso de isolamento térmico na cobertura poderiam provocar uma ampliação dos níveis de desempenho. Ocorre que estas modificações possuem um enorme impacto econômico na edificação e na sua estrutura, fazendo com que sejam menos utilizadas pelas empresas do ramo.

O sistema construtivo na zona bioclimática 8 apresentou um sutil aumento do desempenho térmico no verão, principalmente com utilização de brises soleil e brises soleil orientação solar Norte simultâneos. As cores médias e escuras (absorvâncias acima de 0,5) apresentaram redução do desempenho térmico. A zona bioclimática 8 não necessita de comprovação do desempenho térmico na situação de inverno.

Pode-se afirmar que a edificação na zona bioclimática apresenta bons resultados. As edificações não apresentaram resultados abaixo do nível Intermediário quando com utilização de brises soleil, sendo que este ocorre principalmente quando com utilização de altas absorvâncias. Ou seja, edificações nesta zona bioclimática devem utilizar baixas e médias absorvâncias (0,3 a 0,5) e sombreamento nas esquadrias (principalmente externos).

Além da análise através do método de simulação da ABNT NBR 15575:2013, as edificações estudadas foram analisadas de forma complementar pelo método de graus-hora. Conforme Figura 2, o desconforto térmico no inverno é superior ao desconforto no verão. Este é reduzido com a utilização de orientação solar Norte, demonstrando que houve uma ampliação do conforto térmico, não percebido pelo método normatizado. Isto indica que esta variação é reduzida e não atinge o dia típico da cidade em questão.

Tabela 5. Nível de desempenho térmico – ZB 3. Legenda: N/A: não atende; M: mínimo; I: intermediário; S: superior.

Condição padrão										
ZB3					ZB8					
Verão			Inverno			Verão				
Abs.	sala	dorm1	dorm2	sala	dorm1	dorm2	sala	dorm1	dorm2	
3	S	I	I	M	N/A	M	S	S	S	
5	I	M	I	M	M	M	S	I	S	
7	I	M	I	M	M	M	S	M	I	
Brises soleil										
3	S	I	S	M	N/A	M	S	S	S	
5	S	I	I	M	M	M	S	I	S	
7	S	M	I	M	M	M	S	M	S	
Orientação solar Norte										
3	S	I	I	M	N/A	M	S	S	S	
5	I	M	I	M	M	M	S	I	S	
7	I	M	M	M	M	M	S	M	I	
Brises soleil e orientação solar Norte										
3	S	I	S	M	N/A	M	S	S	S	
5	S	I	I	M	M	M	S	I	S	
7	S	M	I	M	M	M	S	M	S	

Com a redução do desconforto térmico no inverno (Figura 2), ocorre o aumento do desconforto térmico no verão, tanto com o uso de orientação solar Norte quanto de altas absorptâncias (acima de 0,5). O conforto térmico não apresenta variações significativas pelo método de graus-hora.

Conforme Figura 2, o maior impacto sobre o conforto e desconforto térmico ocorre devido à absorptância da envoltória da edificação. Sendo que a absorptância de 0,7 foi a absorptância que apresentou o menor conforto térmico no verão e a absorptância de 0,3 apresentou o maior desconforto térmico no inverno. Assim, pode-se afirmar que para a cidade de Porto Alegre, as absorptâncias entre 0,4 e 0,6 apresentam o melhor benefício.

Ainda, o aumento do desempenho térmico depende também dos critérios de projeto que atuam na envoltória da edificação, como a utilização de isolamento térmico e aumento da inércia térmica pelo aumento da massa da vedação vertical. Os sistemas construtivos mais utilizados em Porto Alegre possuem desempenho térmico satisfatório conforme a ABNT NBR 15575:2013. Contudo, apresentam mais metade das horas do ano em situação de desconforto térmico, principalmente causado pelo frio.

Os métodos não serem complementares e esta análise não ser realizada para verificar a real sensação de conforto e desconforto dos usuários, pois esta necessitaria de análises profundas, não somente das questões arquitetônicas dos projetos, mas de como os habitantes destes locais sentem o clima e aceitam as variações de temperatura, ou seja, suas sensações em relação ao clima. Entretanto, pode-se concluir que o desempenho térmico apresentado pelas edificações conforme a norma de desempenho não representa o real desempenho térmico da edificação, já que o desconforto térmico é superior ao conforto térmico, ou seja, em mais da metade do ano a edificação está fora da faixa de conforto definida.

Ainda conforme Figura 2, a edificação na ZB8 apresenta horas em desconforto térmico pelo frio quando com uso de orientação solar Norte, brises soleil e orientação solar Norte simultaneamente simulados e uso de médias e altas absorptâncias (0,5 e 0,7).

As horas de conforto térmico são significativamente mais altas que a edificação localizada na ZB3, apresentando em torno de 65% das horas em conforto. As horas de desconforto, tanto pelo frio quanto pelo calor, não ultrapassam três mil horas em desconforto térmico. Contudo, reitera-se que esta análise não foi realizada de forma a verificar a real sensação de conforto e desconforto dos usuários, já que maiores dados são necessários como, por exemplo, o estudo

da sensação térmica dos habitantes das EHIS estudadas.

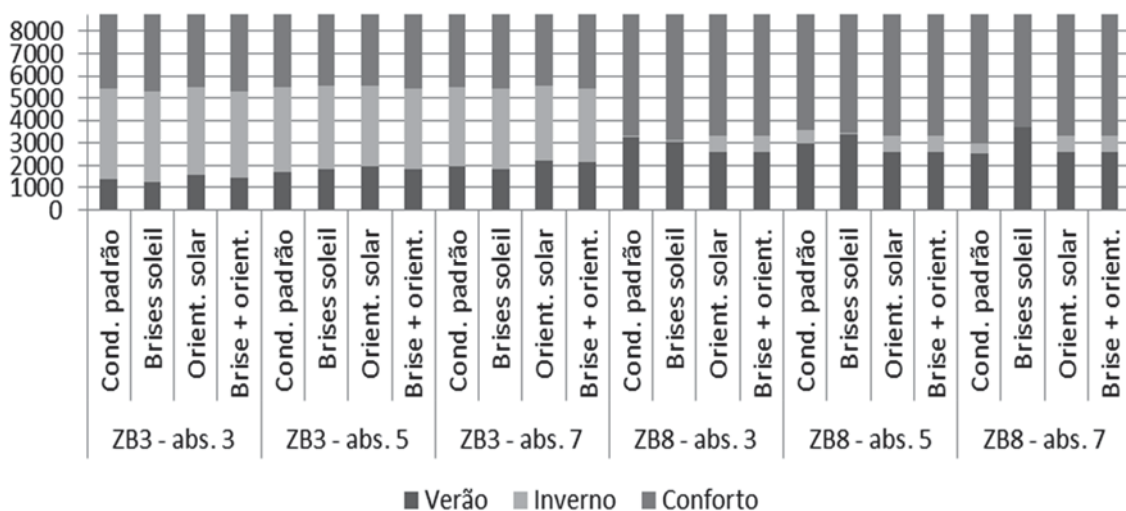


Figura 1. Ventilação diurna e noturna

Apesar de não serem complementares, ambos os métodos apresentaram informações similares de desempenho térmico das edificações analisadas. Assim, para o maior desempenho térmico da edificação devem-se utilizar cores claras e médias e sombreamento externo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do aumento do desempenho térmico ainda há necessidade de aquecimento e resfriamento artificial nos ambientes das edificações, nos períodos de verão. Com o aumento da ventilação cruzada provavelmente ocorrerá um aumento do conforto térmico. Ressalta-se que, apesar do aumento do desempenho e conforto térmico das edificações tenha sido sutil, através de alternativas projetuais planejadas a manutenção do conforto térmico é facilitada e o gasto energético para manutenção do conforto, reduzido. Empreendimentos de habitação de interesse social ter restrições de custo, alternativas facilmente implementadas no processo projetual e com pouco/sem aumento de custo, influencia no desempenho e conforto térmico. Tais como a absorvância e a orientação solar adequada.

Entre as diferenças verificadas entre as Zonas Bioclimáticas, a orientação solar teve um maior impacto na edificação localizada na ZB3, já que permite o aumento do conforto térmico no período de verão e de inverno, sendo mais adequado o uso de brises soleil móvel e cores médias e escuras. Embora Rio de Janeiro também apresente desconforto no inverno, este é menor que na ZB3. O uso de cores claras e médias aliadas à orientação solar e uso de brises soleil ampliam o conforto térmico, mesmo durante o período de inverno. Ainda, tanto Porto Alegre, localizada na ZB3, e Rio de Janeiro, ZB8, apresentaram maior desconforto no período de inverno. Na próxima etapa do estudo, será estudado estratégias climáticas que visem ampliar o ganho de calor solar na edificação.

Observou-se que o uso de projetos padronizados em todo o território pode ocasionar em distorções de desempenho térmico, apesar de possuírem similares técnicas de ampliação de conforto no verão. O Brasil apresenta uma grande diversidade climática e mesmo cidades de uma mesma zona, ou até de uma mesma região, apresentam diferenças significativas entre elas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-1 - Edifícios habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. NBR 15220 - 2 – Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica,

da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005c.

Brasil. Eficiência energética em habitações de interesse social. Caderno 9. Brasília: Ministério das Cidades/Ministério de Minas e Energia, 2005.

Cunha, E. G.; Zechmeister, D.; Melo, E. Q.; Mascaró, J. J.; Vasconcellos, L. de; Frandoloso, M. A. L. 2006. Elementos de arquitetura de climatização natural: Método projetual buscando a eficiência nas edificações. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora.

Dornelles, K. A. 2008. Absortância solar de superfícies opacas: Método de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas.

Frota, A.B; Schiffer, S.R. 2001. Manual de conforto térmico: Arquitetura, urbanismo. 5.ed. São Paulo: Studio Nobel.

Graf, H. F.; Tavares, S. F. 2012. Conforto térmico para a cidade de Curitiba: faixas de temperatura de conforto adaptativo. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 1012. Juiz de Fora, Brasil: Anais... Juiz de Fora: ANTAC.

Hastings, R.; Wall, M. 2009. Sustainable solar housing: Strategies and solutions. Londres: Earthscan.

Internacional Standardization Organization (ISO). ISO 7730 – Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 3. ed. Genebra, Suíça, 2005.

Lamberts, R.; Triana, M. A. 2007. Levantamento do estado da arte: energia. Projeto: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Relatório Projeto Finep. São Paulo.

Maciel, A. A. Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis.

Nguyen, A.-T.; Tran, Q.-B.; Tran, D.-Q.; Reiter, S. 2011. An investigation on climate responsive design strategies of vernacular housing in Vietnam. Building and Environment, v.46, n.10, p. 2088-2106, out.

Olgay, V. W. 1998. Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili.

Pozza, F. Análise térmica e energética de uma edificação residencial climatizada com sistema de fluxo de refrigerante variável – VRF. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Roaf, S.; Fuentes, M.; Thomas, S. 2009. Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável. 3. ed. Porto Alegre: Bookman.

Romero, M. A. B. 2000. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. 2. ed. São Paulo, ProEditores.

Roriz, M. 2011. Arquivos climáticos de municípios brasileiros. Relatório de pesquisa. ANTAC/DECiv, UFSCar, São Paulo/São Carlos, Brasil.

Rosenfeld, E.; Juan, G. S.; Discoli, C.; Dicroce, L.; Brea, B.; Melchiori, M. 2007. Edifícios proto-bioclimáticos en la Argentina: tres ejemplos relevantes. Ambiente Construído, v.7, n.3, p. 7-21, jul./set.

Sattler, M. A. 1991. Conforto ambiental na edificação II. Notas de Aula da disciplina: CI PV-60. NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação). Porto Alegre, UFRGS.

Evaluating Sustainable Practices and Capital Cost Analysis In Brazilian Low Income Houses

Vanessa Freitas

Federal University of Bahia, School of Engineering, Salvador, Bahia, Brazil

vanessa.saback@gmail.com

Dayana Costa

Federal University of Bahia, Department of Structural and Construction Engineering, Salvador, Bahia, Brazil

dayanabcosta@ufba.br

Angelo Bello

Federal University of Bahia, School of Engineering, Salvador, Bahia, Brazil

angelobello@gmail.com

ABSTRACT: In Brazil the initiatives for sustainable construction are still limited, particularly those in low income housing projects. This paper proposes improvement on those projects aiming to fulfill sustainable requirements established by the environmental certification "*Selo Casa Azul*" (blue house seal), developed for the Brazilian context, analyzing the additional costs needed to include these requirements in the project. The main research strategy used in this study was case studies, carried out through a literature review and empirical studies in low income housing projects in Brazil. Based on the results, a set of improvement solutions was proposed, including an economic analysis for each one. The main sources for evidence were document analysis, interviews and cost survey. It was estimated that in order to accomplish both Bronze and Silver categories, the studied buildings would have 1.5% of additional cost, while to accomplish the Gold category it varied from 1.03% to 7.23% of the building's total budget. A set of actions to enable the incorporation of these costs was proposed, regarding each stakeholder involved.

Keywords: sustainability, low income houses, cost analysis.

RESUMO: No Brasil ainda são limitadas as iniciativas de construções sustentáveis, especialmente em Habitações de Interesse Social (HIS). Esse trabalho objetiva propor melhorias para a adoção de soluções sustentáveis aplicadas a projetos de HIS, baseadas nos critérios estabelecidos pela certificação ambiental Selo Casa Azul (CAIXA Econômica), desenvolvida para o contexto brasileiro. A presente pesquisa foi realizada por meio de revisão bibliográfica e realização de estudos de caso em empreendimentos da Região Metropolitana de Salvador. Os estudos envolveram uma avaliação com base nos critérios Selo Casa Azul, proposição de soluções, acompanhada da análise da viabilidade econômica. As principais fontes de evidência foram análise de documentos, entrevistas e levantamento de custos. Estimou-se que para atendimento da categoria Bronze e Prata, os empreendimentos estudados teriam um acréscimo de custos menor que 1.5%. Para a categoria Ouro, estima-se um incremento maior, que variou entre 1.03% a 7.23% do custo total da obra, dependendo do projeto. Foi estabelecido um conjunto de ações para viabilizar a incorporação desses custos para cada uma das partes envolvidas.

Palavras-chave: sustentabilidade, habitação de interesse social, análise de custo.

1. INTRODUCTION

Sustainable development is based on the recognition that the environment plays an important role in supplying the material and environmental grounds, the ecosystem and the energy from which the economical processes rely on (United Nations Millennium Development Goals 2010).

According to Silva (2003), sustainability is the search for the balance between what is socially desirable, economically viable and environmentally sustainable, usually described as the "triple bottom line", which composes the environmental, social and economical dimensions of sustainable development. Over the last few years, the green building movement has gained tremendous momentum (Kats, 2003). Real estate contributes to the environment through resource depletion, energy consumption, air pollution, and creation of wastes that are not easily assimilated by the environment (Addae-Dapaah et al., 2009). Real estate is among the many industries increasingly pursuing green technologies; since it affects both the environment (natural and built) and the occupants it houses (Dermisi, 2009). In Brazil, such advances do not reach satisfactory levels because the production in the construction industry is still behind in many aspects, due to the fact that deadlines and cost are prioritized over other issues such as sustainability. Additionally, the lack of interest on the part of the supply chain in the Brazilian construction industry is a challenge.

The Brazilian housing deficit has always been a major obstacle to national development and a challenge to the governments that took interest in it. In a scenario in which the housing deficit is concentrated mainly in the low-income population and housing credit is easier to attain by the higher classes, in 2009 the *Minha Casa Minha Vida* Project was launched by the Federal Government and financed by the Caixa Economica Federal Bank. However, the triple bottom line of the sustainability concept is often neglected when it comes to low-income houses. Not only because of its lower profit, especially when compared to the medium and high standard buildings, but also because sustainable projects have the reputation of being more expensive in a harmful way. Therefore, there is a perception in the real-estate industry that building green is significantly more expensive than traditional methods of development. Many sustainable building applications are prematurely labelled as "unproven" or "too costly", but a minimal upfront investment of about two percent of construction costs typically yields life cycle savings of over ten times the initial investment (Kats, 2003).

Thus, the first question often asked about sustainable design is: does 'green' cost more? This raises the question: more than what? More than comparable buildings, more than available funds, or more than the building would have cost without the sustainable design features? The answers to these questions have been thus far elusive, because of the lack of hard data (Langdon, 2004). Based on the arguments mentioned above, it was noted that there are few studies that link the adoption of sustainable practices to low income houses, as well as the costs entailed. Furthermore there is a gap in the quantitative and qualitative analysis on the introduction of such changes into the low-income houses context. The aim of this paper is to evaluate low-income housing projects in Brazil, based on the requirements of *Selo Casa Azul* (free translation Blue House Seal), an environmental certification, identifying potentially sustainable solutions to meet those requirements at different levels of *Selo Casa Azul*, as well as to quantify the additional cost needed to achieve such levels. This certification was chosen because it has been developed for the Brazilian housing context, taking into account the economic viability of the solutions.

2. ENVIRONMENTAL RATING SYSTEMS

The impacts caused by the construction industry and the increasing awareness about sustainability brought about the need to evaluate environmental performance in order to control and mitigate such impacts. The urgency emanating from this awareness has given rise to various schemes/programs to drive the green advocacy, such as worldwide rating systems (Addae-Dapaah & Chieh, 2011). These rating systems are meant to encourage environmentally and socially responsible building practices by awarding "badges" for buildings' different degrees of "green" and differentiating green from non-green buildings, thus helping to promote a constructed environment that balances economic and social forces (Addae-Dapaah & Chieh

2011). Sustainability rating tools can potentially play a major role in distinguishing the level of sustainability in a building, which will facilitate a direct comparison between each building (Choi, 2009). An analysis made within a population of certified buildings confirmed that attributes associated with greater thermal efficiency and sustainability contribute to increases in rents and asset values in green buildings (Eichholtz et. al., 2010). A recent analysis of the thermal properties of a small sample of LEED-certified buildings concluded that these buildings do consume less energy, on average, than their conventional counterparts (Eichholtz et. al., 2010).

Among the different methodologies, it is worth noting the following ones: BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method), created in England in 1990 by researchers of the BRE (Building Research Establishment); LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), created in the U.S.A. in 1996 by the USGBC (U.S. Green Building Council); AQUA (Alta Qualidade Ambiental - which means "High Environmental Quality" in English) created in Brazil by the Vanzolini foundation in 2007, inspired by the French method (HQE); and the *Selo Casa Azul* created in Brazil in 2009, was developed by Caixa Economica Federal Bank, since its main activity is associated with residential construction. According to Agopyan & John (2011), even while adapted to the local reality, international certifications do not reflect a country's agenda sufficiently well and therefore their effectiveness is reduced. They may become arbitrary and meaningless in another environment. The certifications that are not part of a wider public police, such as BREEAM is in England, are doomed to act only on sophisticated commercial buildings. In Brazil, except for the *Selo Casa Azul* environmental certification, the practice has been restricted to high-level corporative buildings (Agopyan & John 2011).

Selo Casa Azul CAIXA was developed through an extensive consultation procedure with experts, as well as researching national and international standards of sustainable construction. The *Selo Casa Azul* environmental system is suitable for low-income houses due to the fact that its criteria are practical to apply and there is a low cost to obtain the certification, both compared to other methodologies (John & Prado, 2010). With this certification, CAIXA intends to encourage the rational use of natural resources in housing construction, reducing the maintenance cost of buildings and the expenses of the tenants, as well as to promote the awareness of both entrepreneurs and tenants about the advantages of green building. In the context of low-income houses, in which the work is on a large scale, even simple changes generate considerable environmental benefits. The evaluation process consists of a total of 53 criteria, among 6 categories, classifying the building in 3 levels according to the fulfilment of such criteria: Bronze label must meet 19 mandatory criteria; Silver label stands for 19 mandatory requirements plus 6 of free choice, and Gold for 19 mandatory plus 12 of free choice (31 requirements in total). This certification extends to six categories: urban quality, design and comfort, conservation of material resources, energy efficiency, water management and social practices.

3. RESEARCH METHOD

The main research strategy used was case study in order to evaluate low-income housing projects and their sustainable-concerned practices established by *Selo Casa Azul* environmental certification, aiming to propose sustainable improvements in these projects as well as to measure additional costs to adopt such improvements. The cases studies were developed in three projects participating in the "*Minha Casa Minha Vida*" Project, two of them located in the metropolitan area of Salvador- Bahia-Brazil, and the other located in Pelotas – Rio Grande do Sul – Brazil, labeled in this paper as Project A, Project B and Project C. These projects were chosen since they are part of the "*Minha Casa Minha Vida*" project, and also they use different constructive technologies (concrete walls, structural masonry and wood frame). Besides, two of the three companies studied have developed most of the low income houses projects in Salvador.

Project A is in the 0 to 3 minimum wage tenants' category of the "*Minha Casa Minha Vida*" Project. It contains 2,400 housing units distributed among 120 buildings, each one containing five

floors. Each housing unit has 2 bedrooms, a living room, a kitchen, a bathroom, and an internal space of about 42m². The constructive technology adopted was one of concrete walls, which is the second most common one in this project. Project B is in the 3 to 10 minimum wage tenants' category of the project. It contains 440 housing units distributed among 9 buildings, each one containing five floors. It has two types of units, one containing 2 bedrooms, a living room, a kitchen and a bathroom and the other one containing 1 bedroom, a living room, a kitchen and a bathroom. The internal space varies from approximately 35 to 48m². The construction technology adopted was the most frequently adopted one in Brazilian Projects, which is structural masonry with concrete blocks.

Project C is in the 0 to 3 minimum wage tenants' category of the "*Minha Casa Minha Vida*" Project. It contains 270 houses. Each house has 2 bedrooms, a living room, a kitchen, a bathroom, and an internal space of about 47m². The constructive technology adopted was wood frame, which is not very common in Brazil. Initially, Project A, B and C were evaluated based on *Selo Casa Azul* certification's criteria. None of the projects were developed aiming to achieve any environmental certification, they were evaluated for the criteria that were already considered on their initial planning regardless of certifications. The main sources of evidence were site visits followed by photos, along with document analysis such as budgets and architecture projects. Interviews with project managers were also conducted. *Selo Casa Azul* establishes 19 mandatory criteria and the other ones must be selected by the constructor, choosing those that best adapt to the building's reality, taking into consideration their environmental, social and economical relevance. In this paper the Bronze level contains all mandatory criteria. The Silver and Gold levels criteria taken into account the following:

- Silver (Mandatory + 6 criteria): Efficient Appliances; Optimized Concrete Dosage; Personal Development of the Employees; Training for the Management of the Building; Inclusion of Local Workers; Environmental Education for the Tenants.
- Gold (Mandatory + 6 criteria): Alternative Transportation Solution; Natural Lightning of Common Areas; Natural Ventilation and Bathroom Illumination; Solar Heating System; Saving Devices - Aerators; Saving Devices - Flow Regulator Registry.

From the information collected, each criterion was classified as FULFILLED or NOT FULFILLED. The second phase of the case study was the proposal of sustainable improvements in order to fulfill the remaining criteria so the buildings could attain the Bronze, Silver and Gold levels of *Selo Casa Azul*. Aiming to increase the knowledge to propose such solutions, two *Minha Casa Minha Vida* coordinators of the Project from CAIXA Econômica Federal Bank were interviewed, in addition to an architect specializing in environmental certification and a PhD. professor experienced in sustainable projects. In this phase, improvement solutions were proposed which considered minimal changes on the project's reality, preserving its main features and with the lowest costs. Then, the economic analysis of each solution was analyzed. This analysis was based on each building's complete budget and the cost of each proposed solution. At the end, an additional cost in relation to the total project budget was calculated in order to achieve the levels Bronze, Silver and Gold of *Selo Casa Azul*. In the last phase of the study, actions were proposed with regards to each stakeholder in the *Minha Casa Minha Vida* Project: constructors, CAIXA Econômica and the future tenants of the buildings.

4. RESULTS

This section presents the evaluation of the Projects A, B and C in terms of the fulfillment of the *Selo Casa Azul*'s criteria by level of certification: Bronze, Silver and Gold, presenting the sustainable solutions to fulfill the criteria, and estimating the additional cost to adopt such solutions. The total increase in each project's budget was calculated based on the price of each solution applied to as many apartments as the project had, divided by the whole cost of the buildings' condominium. Therefore, with the variation of the solution's cost in each city, the

number of housing units, apartments and the initial cost of each building, the percentage may vary.

Bronze Level of Certification Analysis

Concerning the mandatory criteria of *Selo Casa Azul*, Project A fulfilled 9 of the 19 criteria (47%), Project B fulfilled 10 of the 19 criteria (53%), and Project C fulfilled 15 of the 19 criteria (79%), according to the indicators established and detailed in Table 1.

Table 1 – Fulfillment of the Bronze Level Criteria

Criterion	Indicator	FULFILLED?		
		A	B	C
Quality of the Environment - Infrastructure	To provide life quality to the tenants considering an infrastructure including: services, equipment for the community and commerce available in the building's environment.	YES	YES	YES
Quality of the Environment - Impacts	Absence of factors in the building's surroundings that may be harmful for the tenant's health, well-being or security.	YES	YES	YES
Landscaping	Existence of forest, vegetation and/or other landscaping elements that can provide an increase in the building's thermal performance.	NO	NO	NO
Location for Selective Waste Collection	Existence of an appropriate place for the collection, sorting and storage of the recyclable waste	YES	YES	YES
Social, Sportive and Leisure Equipment	Existence of equipment such as: sports court, game room, party room and children's play park,.	YES	YES	YES
Thermal Performance - Sealing	Fulfillment of general architectural conditions according to the bioclimatic zone where the project is located.	NO	NO	YES
Thermal Performance - Sun and Wind Orientation	Fulfillment of general architectural conditions, according to the project's strategy, according to the bioclimatic zone where the project is located.	NO	NO	NO
Low Consumption Lamps - Private Areas	Existence of energy-saving lamps with adequate power in every room of the Housing unit.	NO	YES	NO
Saving Devices - Common Areas	Existence of presence sensors, timers or efficient lamps in the common areas of the condominiums.	NO	YES	NO
Individual Measurement - Gas	Existence of individual measuring devices certified by INMETRO in all housing units	YES	NO	YES
Quality of Materials and Components	Proof of the use of only products manufactured by companies classified as "qualified" by the Ministry of Cities - Brazilian Program of Quality and Productivity at Habitat (PBQP-H).	NO	YES	YES
Reusable Molds and Cement Waste	Reduce the use of wood in low-durability applications, which constitutes waste, and encourage the use of reusable materials.	YES	YES	YES
Management of C&D Waste	Existence of a "Construction Waste Management Project - PGRCC" for the shell-work.	YES	YES	YES
Individual Measurement - Water	Existence of an individual water measurement system.	YES	NO	YES
Saving Devices - Discharge System	Existence of toilets provided with dual flux (3/6L) discharge system in every bathroom (3/6 L) system.	NO	NO	NO

Improvements solutions were proposed which aimed to fulfill unfulfilled criteria, followed by an analysis of each solution's cost to measure their implementation impact on the budget, as shown in Table 2. It is important to emphasize that through the analyses undertaken, an increase under 1.5% in the whole budget of each project to accomplish the Bronze level of the *Selo Casa Azul* certification is estimated. Below, comments regarding the solutions are presented.

Landscaping: according to John & Prado (2010), the use of solutions that focus on the cooling or heating of the buildings and are passive to the architecture may reduce the expenses in energy consumption and favor the economic sustainability of the building. In the case study, the costs

referring to the implementation of landscaping were not considered, as such changes must be considered in the conception of the architectural project, period in which the changes can be made more easily with less expense. *Thermal Performance - Sealing*: an estimated cost for the necessary increase of the window frames' areas to achieve the 15% of area related to the wall area was made, according to that established by *Selo Casa Azul*. The corresponding reduction in conventional masonry and the difference between both costs were also budgeted. *Sun and Wind Orientation*: in an architectural project, wind direction, insulation, temperature, humidity and further natural features of the building's site must be considered as a way to provide better comfort to the inhabitants, lower energy consumption expenses in cooling and/or heating of the building (John & Prado 2010). In a similar vein to the Landscaping criterion, such changes must be elaborated at the conception of the architectural project so that the benefits can be taken advantage of without extra costs. *Low Consumption Lamps - Private Areas*: the variation cost between fluorescent lamps and the incandescent lamps delivered in the buildings was estimated. *Saving Devices - Common Areas*: the cost for the installation of presence sensors in the common areas was estimated. *Individual Measurement - Gas*: the cost only for the installation of the measuring devices was estimated since both studies already had installed the mandatory pipeline for each housing unit. *Quality of Materials and Components*: according to John & Prado (2010), low quality products are most likely to be repaired and replaced, which implies an increase in their environmental impact by the excessive production of replacement material and the premature generation of waste. In the planning phase of the project appropriate materials without a relevant increase on the cost estimation must be included. *Individual Measurement - Water*: the cost for the installation of the water measuring device in all housing units of Projects A and B was estimated. *Saving Devices - Discharge System*: in order to calculate the whole cost estimation variation caused by the replacement of common toilets with dual flux 3/6L toilets, the variation cost between both was estimated, applied to all housing units. *Permeable Areas*: in order to achieve the area predicted in the indicator, the parking lot paved areas of studies A and B were replaced by interlocked pavement and, later, the variation cost between both types of pavement's square meters was calculated. *Waste Management Education*: the estimated cost for this type of solution was considered disposable compared to the total cost of the buildings since it takes only planning to include its content in the tenants counseling which the companies already provide, without including further costs.

Table 2 - Solutions and Estimated Cost Variation: Bronze Category

Criterion	Indicator	FULFILLED?		
		A	B	C
Landscaping	<i>Qualitative Analysis</i>	-	-	-
Thermal Performance - Sealing	Replace miters to adapt to the minimum size	0.38%	0.09%	Fulfilled
Thermal Performance - Sun and Wind Orientation	<i>Qualitative Analysis</i>	-	-	-
Low Consumption Lamps - Private Areas	Install low consumption lamps	0.14%	Fulfilled	0.11%
Saving Devices - Common Areas	Install presence sensors	0.05%	Fulfilled	0.14%
Individual Measurement - Gas	Install measuring device	Fulfilled	0.35%	Fulfilled
Quality of Materials and Components	<i>Qualitative Analysis</i>	-	-	Fulfilled
Individual Measurement - Water	Install measuring device	Fulfilled	0.64%	Fulfilled
Saving Devices - Discharge System	Install dual flux discharge system	0.72%	0.27%	0.54%
Permeable Areas	Replace asphalt paved parking lot areas with interlocked pavement	0.04%	0.06%	Fulfilled
Waste Management Education	Material + Planning made by the company	-	-	Fulfilled
Environmental Education for the Employees	Material + Lecture	-	-	Fulfilled
Additional Cost to Achieve Bronze Level	1.33%	1.41%	0.79%	

Environmental Education for the Employees: the estimated cost referring to this solution is also disposable compared to the total estimated cost of the building since only lectures are needed for its implementation, which can be ministered by the company itself.

Silver Level of Certification Analysis

Silver level evaluation is shown in Table 3. Project A fulfilled 3 of 6 silver additional criteria which achieved 12 out of 25 criteria, attaining 48% of fulfillment. Project B fulfilled 2 of 6 silver additional criteria which achieved 12 out of 25 criteria, also attaining 48%. Project C fulfilled 1 of 6 silver additional criteria which achieved 16 out of 25 criteria, attaining 64%. There is no additional cost to adopt solutions to achieve Silver level, besides the additional cost of mandatory criteria, according to Table 4. To replace the low efficiency appliances that are usually delivered in the enterprise for *Selo A* PROCEL appliances does not necessarily imply a significant estimated cost deviation, although it does increase their green performance and reduce energy consumption.

Table 3 - Fulfilment of the Silver Level Criteria

Criterion	Indicator	FULFILLED?		
		A	B	C
Efficient Appliances	Existence of appliances with Procel or Ence Level A stamp, delivered in common use areas.	NO	NO	NO
Optimized Concrete Dosage	Descriptive memorandum specifying the use of concrete produced with moisture control and mass dosage.	YES	YES	YES
Personal Development of the Employees	Existence of a personal development plan for the employees covering initiatives related to: foreign language, literacy, etc.	YES	YES	NO
Training for the Management of the Building	Existence of residents training to manage the buildings with minimum workload of 12 hours and target population coverage of 30%.	YES	NO	NO
Inclusion of Local Workers	Existence of a document that explains the number of vacancies to hire local workers or future residents, considering a minimum of 20% of the employees.	NO	NO	NO
Environmental Education for the Tenants	Existence of an environmental education plan for the residents which includes guidelines on rational use of natural and energy resources, selective waste collection, among others, with minimum duration of 4 hours and coverage of 80% of the residents.	NO	NO	NO

Similarly to other criteria in the social practices category, Training for the Management of the Building and Environmental Education for the Tenants are simple to accomplish, since it only takes lectures, something which does not imply significant extra costs. The most important contribution of the Inclusion of Local Workers criterion is the involvement of the local community, which improves the relationship between it and the construction company and promotes local economic development.

Table 4 - Solutions and estimated cost deviation: Silver Category

Criterion	Indicator	FULFILLED?		
		A	B	C
Efficient Appliances	Replace regular appliances with <i>Procel A</i> stamped ones	0.0%	0.0%	0.0%
Personal Development of the Employees	Material + lecture	Fulfilled	Fulfilled	-
Training for the Management of the Building	Material + lecture	Fulfilled	-	-
Inclusion of Local Workers	Include in the hiring	-	-	-
Environmental Education for the Tenants	Material + lecture	-	-	-
Additional Costs to Achieve Silver Level is the same as Bronze Level		1.33%	1.41%	0.79%

Gold Level of Certification Analysis

The Gold Level evaluation is shown in Table 6. The Projects A and B fulfilled 2 of the 6 gold additional criteria achieving 14 out of 31 criteria, which means 45%, while Project C fulfilled 4 of the 6 gold additional criteria achieving 20 out of 31 criteria, which means 65%. The budget variation to accomplish the Gold Level is shown in Table 6. It demanded an increase of 7.23% in Project A, 3.64% in Project B and 1.03% in Project C. The installation of bike racks, a Solar Heating System, Aerators and Flow Regulator Registries increases the building's cost and therefore these changes are not usually considered, especially in low-income houses, even though those solutions imply great green benefits. The *Minha Casa Minha Vida* Program includes extra cost in the South of Brazil for each housing unit to have a Solar Heating System, since it is the coldest weather in the country, which applies to Project C. Therefore, this project already had accomplished this criterion and so its additional cost was significantly lower than the other two projects.

The main difference between the cost variation of projects A and B is that project A has more units than project B, so to apply the solutions, such as the Solar Heating System which is the most expensive one, a higher cost increase is implied. Project C is a more modern project, it includes already some sustainable thought and so it fulfills more criteria.

Alternative Transportation Solution: bikes are healthier and cheaper than any other kind of transportation, and installing bike racks increases the use of bikes (John & Prado 2010). To accomplish this criterion, the installation of bike racks containing sufficient spaces for bicycles for 50% of the average population (4 people per HU) was estimated. *Solar Heating System:* the cost for the installation of this system, according to the specifications of the criterion was estimated. *Saving Devices - Aerators:* Aerators contribute to save 60% of the water consumed and reduce the water that needs to be treated (John & Prado 2010). The cost for installation of aerators in bathroom's and kitchen's taps to accomplish this criterion in Project B was estimated, and only in bathroom taps in Project A, since aerators were already in the kitchen taps. *Saving Devices - Flow Regulator Registry:* Flow Regulator Registries contribute to save water in much the same way as aerators. For this criterion, the cost for installation of flow regulator registries was estimated only in the showers since they were the only water exit that did not have any measurement to reduce water consumption.

Table 5 – Fulfilment of the Gold Category Criteria

Criterion	Indicator	FULFILLED?		
		A	B	C
Alternative Transportation Solution	Existence of bike racks, bike lanes or an internal transportation system in the condominium	NO	NO	NO
Natural Lightning of Common Areas	Existence of openings in the building facing the outside with an area of at least 12.5% of the floor area of the room.	YES	YES	YES
Natural Ventilation and Illumination of Bathrooms	Existence of windows facing the outside of the building with an area of at least 12.5% of the area of room.	YES	YES	NO
Solar Heating System	Existence of solar water heating system with collectors ENCE/PROCEL level A or B stamp, auxiliary heating tank equipped with electrical resistance, thermostat and timer.	YES	NO	NO
Saving Devices - Aerators	Existence of taps with aerators in bathrooms and kitchens sinks.	NO	NO	NO
Saving Devices - Flow Regulator Registry	Existence of flow regulatory registries in showers, lavatories, taps and sinks.	NO	NO	NO

Table 6 - Solutions and additional cost: Gold Level

Criterion	Indicator	FULFILLED?		
		A	B	C
Alternative Transportation Solution	Install bike racks	0.48%	0.18%	0.18%
Solar Heating System	Install solar water heating system	5.31%	2.01%	Fulfilled
Saving Devices – Aerators	Install aerators in all taps	0.02%	0.01%	Fulfilled
Saving Devices - Flow Regulator Registry	Install flow regulatory registries	0.09%	0.03%	0.06%
Building's Budget Variation		7.23%	3.64%	1.03%

5. DISCUSSION

The financing and purchase of the enterprises in the “*Minha Casa Minha Vida*” Project process involved many stakeholders. In the current reality, hardly any of them would be able to afford the increased cost of the proposed project. Thus, a set of actions that enables the incorporation of these costs in all parts is proposed. For CAIXA Econômica Federal, while funding borrowers, there would be no loss of money. For the enterprises of 0-3 minimum wages, there is a maximum amount estimated that CAIXA provides to developers in which they must fit the enterprise. If the margin that builders use is not sufficient to encompass the 7.23%, necessary for the Gold certification, it is proposed that, as a form of encouragement, CAIXA should allow a higher amount for projects certified by *Selo Casa Azul* CAIXA, with the features of *Fundo Socioambiental* CAIXA (FSA CAIXA). The FSA CAIXA seeks financial support for projects and investments of a social and environmental character, consolidating and expanding the role of CAIXA in encouraging sustainable development, consisting of matching funds of up to 2% of the company's profit (Caixa Econômica Federal 2013). In enterprises of 3-10 minimum wages, the funding of CAIXA goes directly to the final borrower. To encourage the purchase of certified enterprises, CAIXA might increase subsidies provided to final users. For the constructors, the inclusion of sustainable features in planning and architectural design would be required. Economically, an additional cost would not impact the projects of 0-3 minimum wages nor the minimum wages of 3-10. It is in the interest of builders to obtain an advantage such as an environmental certification, since the profit margins are not high and the market is competitive.

There additional cost to achieve the levels Bronze, Silver and Gold in the projects of 3-10 minimum wages, as was the case in Project B, would be fully transferred on to the final user. The benefits arising from the solutions presented for each criterion for the environment, and for the society are numerous; however, the main stakeholder that gains most is the final user. Higher quality of life and thermal and acoustic comfort are some of these benefits, but the starkest of them is reflected in the monthly savings generated. The five main expenditures of the residents, in general, are: light, water, condo fee, payment of the acquired property and taxes. The final user would be able to afford this increase because, according to the analysis, the rise of 3.64% in the Gold category may have, in contrast, a 52% reduction of the electricity bill and 81% of the water bill. For Project C, which already has a Solar Heating System and therefore the lowest additional cost, the reduction in the electricity bill would not be as significant. These initial estimates were based on the family consumption of 4 residents by habitation unit and in accordance with the energy consumption benchmark for household equipment by PROCEL and hydraulic equipment by a water supplier company. Furthermore, simulations were made based on data from the equipment manufacturers regarding the consumption reduction.

In addition to the analyzed reductions, in some cities in Brazil, such as São Carlos (SP) and Curitiba (PR), the “Green property tax” is already in place, which grants discounts proportional to the adopted measures in the residences with sustainable features, which may generate more savings for consumers who adhere to these solutions. In order to a building to be certified, it must accomplish a number of criteria that ensures that its sustainable aspects and its performance are better than non-certified ones, and so this building stands out from others. To certify a building is to guaranty that this building is different and better in a specific number of

ways, accomplishing sustainable features that others do not.

6. CONCLUSION

In the most comprehensive analysis of the financial costs and benefits of green building conducted to date, this report finds that a minimal upfront investment of about 2% of construction costs typically yields life cycle savings of over ten times the initial investment (Kats 2003). In the present study, Project A's findings show the following additional costs: 1.33% to accomplish the Bronze or the Silver Level and 7.23% for the Gold Level. Similarly, for Project B: 1.41% to accomplish the Bronze or the Silver Level and 3.64% for the Gold Level. Project C: 0.79% to accomplish the Bronze or the Silver Level and 1.03% for the Gold Level. Thus, from the results presented, it can be observed that, despite the existing stereotype, it is indeed economically feasible to adhere to more sustainable solutions. Unfortunately, it is still more expensive to invest in sustainability, especially for low-income houses. However, with greater incentive for all the parties involved in the process (government, donor agency, builders and society), the generated savings will certainly pay off in all the three aspects of sustainability: social, environmental and economic. The study presented had limitations, due to the fact that only three projects were evaluated, despite the similarities of these projects related to the majority of *Minha Casa Minha Vida's* Projects in Brazil. In order to have better results, it would be appropriate to study a larger number of cases, as well as monitoring the property life cycle, and more accurately measuring the savings generated by the implemented solutions.

REFERENCES

- Addae-Dapaah, K., & Chieh, S. J., 2011, 'Green Mark Certification: Does the Market Understand?', *The Journal of Sustainable Real Estate*, v. 3, pp. 163-191.
- Addae-Dapaah, K., Hiang, L. K., & Shi N.Y., 2009, 'Sustainability of Sustainable Real Property Development', *The Journal of Sustainable Real Estate*, v. 1, pp. 203-225.
- Agopyan, V., & John, V. M., 2011, 'O desafio da sustentabilidade na construção civil', v.5. São Paulo.
- Caixa Econômica Federal, 2013, Fundo Socioambiental CAIXA, <http://www14.caixa.gov.br/portal/rse/home/nossos_relacionamentos/fundo_socioambiental> retrieved on October 2, 2013.
- Caixa Econômica Federal, 2014, <http://www1.caixa.gov.br/imprensa/noticias/asp/popup_box.asp?codigo=7012484> retrieved on January 28, 2015.
- Choi C., 2009, 'Removing Market Barriers to Green Development: Principles and Action Projects to Promote Widespread Adoption of Green Development Practices', *The Journal of Sustainable Real Estate*, v. 1, pp. 107-138.
- Dermisi, S. V., 2009, 'Effect of LEED Ratings and Levels on Office Property Assessed and Market Values', *The Journal of Sustainable Real Estate*, v. 1, pp. 23-47.
- Eichholtz P., Kok N., Quigley J., 2010, 'The Economics of Green Building', *Review of Economics and Statistics*, pp. 21-22.
- Eletróbrás, Table of estimated average monthly consumption of appliances according to a hypothetical use <<http://www.eletrabras.com/elb/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTsvc.asp?DocumentID={A3D9199B-5686-4462-B409-236EFC63A518}&ServiceInstUID={AEBE43DA-69AD-4278-B9FC-41031DD07B52}>> retrieved on September 30, 2013.
- John, V. M., & Prado, R. T. A., 2010, 'Selo Casa Azul – Boas práticas para habitação mais sustentável!', São Paulo.
- Kats, C. E. G., 2003, 'The Costs and Financial Benefits of Green Buildings: A Report to California's sustainable building task force', pp. vi.
- Landgdon, D., 2004, 'Costing Green: A comprehensive cost database and budgeting methodology', pp. 3.
- Sabesp, Basic Sanitation Company of the State of São Paulo, Water Consumption Simulator. <<http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/animacoes/index.html>> retrieved on September 30, 2013.
- Silva, V. G., 2003, 'Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica', University of São Paulo. São Paulo, pp. 210 <<http://pt.scribd.com/doc/49306964/Avaliacao-de-sustentabilidade-escritorios-brasileiros-Diretrizes-e-base-metodologica>>. retrieved on September 30, 2013.
- United Nations, Millennium Development Goals, 2010, National Monitoring Report <http://www.pnud.org.br/Docs/4_RelatorioNacionalAcompanhamentoODM.pdf> retrieved on October 2, 2013.

Sombreamento e transparência no desempenho térmico de aberturas em edificações residenciais: Recomendações do Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Andréia Cardoso de Oliveira

UFPB, Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, João Pessoa, Paraíba, Brasil
andreaoliveira.arq@gmail.com

Solange Maria Leder

UFPB, Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, João Pessoa, Paraíba, Brasil
solangeleder@yahoo.com.br

Solange V. G. Goulart

UFRN, Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
aasolange@hotmail.com

ABSTRACT: Design and construction guidelines for openings, suggested by the Brazilian Standard NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) for zone 8, advises openings over 40% percentage of the floor area of the room, adding that they should be shaded. In this work three conditions of openings located in residential buildings were analyzed in three cities in Paraíba - Joao Pessoa, Campina Grande and Patos. These locations were chosen because they are under the same climate zone, although they have different climatic characteristics. The dependent variable is the building thermal performance, analysing the variables: cooling degree hour, discomfort hours and heat gain. The window size was simulated with three variations: 15%, 25% and 40% of the room floor area. The use of solar protection was analyzed having two variations: horizontal blinds and overhang. The best performances are related to the adoption of openings with 40%, but only when fully shaded.

Keywords: Openings, Thermal performance, Comfort

RESUMO: A recomendação construtiva para aberturas, sugerida pela norma brasileira NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) para a zona 8, indica aberturas com mais de 40% de percentual da área do piso do ambiente (PAP). Neste trabalho foram analisadas três condições de aberturas em edificações residenciais localizadas em três cidades na Paraíba - João Pessoa, Campina Grande e Patos. Estas localidades foram escolhidas por estarem na mesma zona bioclimática, embora possuam características climáticas distintas. A variável dependente, cuja análise é o objetivo deste trabalho, é o desempenho térmico da edificação, tendo como parâmetros: graus-hora para resfriamento, percentual de horas de desconforto e ganho de calor. O tamanho da abertura foi simulado com três variações: 15%, 25% e 40% de PAP. O uso da proteção solar foi analisado a partir de: veneziana e proteção horizontal externa. Os melhores desempenhos são referentes à adoção de aberturas com 40% de PAP, porém, somente quando totalmente sombreadas.

Palavras-chave: Aberturas, Desempenho térmico, Conforto

1 INTRODUÇÃO

As aberturas, frequentemente constituídas por materiais transparentes, são responsáveis pela comunicação com o ambiente externo. O contato com o exterior possibilita a renovação do ar interno, ventilação natural, iluminação natural, visão do exterior, entre outras funções. Essas trocas podem representar significativos ganhos ou perdas de calor. Segundo Akutsu e Vittorino

(1997), nos países de clima quente, a ventilação e a radiação solar exercem grande influência no desempenho térmico das edificações (AULICIEMS e SZOKOLAY, 1997).

O consumo de energia do edifício é significativamente afetado pela dimensão, proteção solar e orientação das aberturas. Considerando a orientação, por exemplo, cargas térmicas diferenciadas podem ocorrer, para a zona em que estão contidas, mesmo que suas dimensões sejam igualmente proporcionais aos fechamentos opacos, ou ainda que apresentem o mesmo tamanho, devido a diferentes intensidades da radiação solar de cada orientação (CANDIDO, 2010)

O aproveitamento da ventilação natural como estratégia de resfriamento da edificação, para habitações unifamiliares, é indicado nas 7 das 8 zonas bioclimáticas brasileiras (NBR 15.220). As recomendações da norma NBR 15.220, quanto às aberturas, foram resumidas no anexo C da norma, com indicações de dimensões que variam entre pequenas, médias e grandes para ambientes de longa permanência. O tamanho das aberturas foi expresso como percentual de área do piso, como pode ser observado na tabela abaixo (ABNT, 2005).

Tabela 1. Aberturas para ventilação

Tamanho	A (em % de area do piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

As aberturas têm um efeito significativo na eficiência do consumo de energia do edifício, por permitir o controle da ventilação natural. A performance da ventilação natural resulta do desenho apropriado das aberturas do edifício, que devem considerar as influências das condições do local e seu microclima.

A partir de modelos numéricos, é possível otimizar o desempenho das aberturas, com algoritmos específicos. Stephan, Bastide e Wurtz (2011) demonstraram que a otimização da ventilação natural é alcançada a partir de uma taxa mínima de fluxo volumétrico durante o dia e uma alta taxa de ventilação conveniente durante a noite, a fim de reduzir o desconforto térmico durante o dia seguinte. Os autores afirmam que o sistema de regulação do controle de aberturas resulta em uma otimização do conforto interno, especialmente em edifícios com elevada inércia térmica.

Segundo Pereira (2009), os resultados obtidos nas pesquisas que utilizaram simulação computacional em edificios ventilados naturalmente que não incluíram a ventilação natural, apontam a envoltória como um importante fator na determinação do desempenho térmico da edificação (Carlo, 2008; Moujalled, Cantin e Guarracino, 2008).

As pesquisas que utilizam modelos numéricos de simulação computacional indicam que a simulação é uma importante ferramenta para análise de desempenho térmico, considerando que o pesquisador tenha o domínio do programa. Porém deve-se destacar que as ferramentas computacionais têm limitações, como por exemplo, na determinação da velocidade interna do ar em alguns programas de simulação (Pereira, 2009).

A proteção dos fechamentos transparentes é fundamental para diminuir a transferência de calor por radiação, e pode ser feita por vegetação, brises ou pelo tipo de esquadria. O tipo de brise e suas dimensões dependem da eficiência desejada, podendo controlar a incidência direta do sol em períodos específicos do dia e do ano. São determinados por geometria solar e podem ser horizontais, verticais ou mistos (Olgay, 2002).

O objetivo deste trabalho é a análise do desempenho térmico de uma edificação comparando dois sistemas de sombreamento e três variações na dimensão das aberturas: 15%, 25% e 40% do PAP. A edificação em análise foi inserida em três cidades com características climáticas

distintas – João Pessoa, Campina Grande e Patos. Os parâmetros de análise são: o somatório de graus-hora para resfriamento, o percentual de horas de desconforto e o ganho de calor.

2 MÉTODO

2.1 Caracterização do caso base e dos modelos de referência

Para as simulações, foi adotado um modelo representativo de habitação de interesse social desenvolvido pelo Programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal em parceria com os estados e municípios, gerido pelo Ministério das Cidades e operacionalizado com recursos da CAIXA. A unidade residencial unifamiliar possui 35 m² de área total construída, com os seguintes ambientes: 1 sala, 1 cozinha, 1 banheiro e 2 quartos. A edificação é térrea e possui a cobertura em duas águas no sentido leste/ oeste, conforme figura 1 abaixo, com a planta baixa e perspectiva do modelo base.



Figura 1. Planta baixa e perspectiva do modelo.

Os fechamentos opacos considerados neste artigo são formados pela combinação da parede (C) combinada com a cobertura (C). A parede (C) é referente à parede com maior atraso térmico sugerido pela norma 15.220 (ABNT, 2005): parede dupla de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão, com espessura total da parede de 46,0 cm, com valor de $U = 0,98 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, atraso térmico de 10,8 hs e absorvância solar de 0,20. A cobertura (C) é referente à cobertura com maior valor de atraso térmico: a cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm, com espessura da telha de 1,0 cm, com valor de $U = 1,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, atraso térmico de 13,4 hs e absorvância solar de 0,70.

Os fechamentos transparentes foram analisados a partir de duas variáveis independentes: tamanho da abertura e o uso da proteção solar. O tamanho da abertura foi simulado com três variações: 15%, 25% e 40% do percentual de abertura em relação ao piso. Para configuração das aberturas no programa, foi necessário reverter o percentual de abertura em relação ao piso

(PAP) para o percentual de abertura em relação à fachada (PAF). A relação entre a área do piso e a área da fachada foi determinada por abertura. FS é o fator solar do vidro.

A proteção solar foi analisada a partir de duas variações, sendo utilizado um tipo de esquadria com proteção solar (veneziana) e a inserção de um elemento de proteção solar externa (marquise). Cada tamanho de abertura foi simulado com dois tipos de esquadrias: o primeiro tipo é composto por janelas de correr em alumínio e vidro e o segundo tipo é composto por venezianas fixas. Este segundo tipo de esquadria permite a entrada de ventilação mesmo fechada, no entanto, diminui a incidência de iluminação natural e o ganho de calor pela abertura.

Tabela 2. Características dos fechamentos transparentes

Tamanho	Descrição	FS	PAP
A	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor sem proteção solar	0,90	15%
A_P	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor com proteção solar	0,90	15%
A_V	Janelas de madeira com veneziana fixa horizontal sem proteção solar	0,90	15%
B	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor sem proteção solar	0,90	25%
B_P	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm e vidro simples de 4 mm incolor com proteção solar	0,90	25%
B_V	Janelas de madeira com veneziana fixa horizontal sem proteção solar	0,90	25%
C	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor sem proteção solar	0,90	40%
C_P	Janelas de correr com esquadrias de alumínio com 3 cm de espessura e vidro simples de 4 mm incolor com proteção solar	0,90	40%
C_V	Janelas de madeira com veneziana fixa horizontal sem proteção solar	0,90	40%

Na análise da proteção solar externa, foram avaliados todos os tamanhos, 15%, 25% e 40%, sombreados com brise horizontal. A definição do tipo de proteção solar externa teve como condicionante o custo e simplificação da execução (habitações de interesse social). Foi considerado um elemento horizontal em concreto armado, posicionado acima das janelas, com 0,80m de profundidade e largura variando de acordo com o tamanho das janelas.

2.2 Configuração dos modelos de simulação

O programa de simulação computacional escolhido para utilização neste trabalho foi o *Design Builder*, por ser um dos principais programas utilizados no Brasil e utilizar o formato (.EPW) de base de dados climáticos relativo à um ano típico de referência – TRY, permitindo simulações horárias no período de um ano. A versão utilizada nas simulações foi DB 3.0.0.105, publicada em 2012 pela empresa *Design Builder Software* (U. S. Department of Energy, 2012).

O modelo de simulação foi configurado em quatro abas distintas: padrão de ocupação, padrão de construção, padrão de abertura e padrão de consumo energético. O mesmo padrão de ocupação e de consumo energético foi mantido para todas as simulações.

A definição do padrão de ocupação do edifício em análise teve como base o trabalho de Tavares (2006), também utilizado por Pereira (2009) e Matos (2007). O padrão de ocupação foi determinado considerando um tipo de uso para os dias da semana (segunda-sexta) e outro para os finais de semana. Foi considerada uma família composta por 4 habitantes: 1 casal e 2 filhos que estudam no período da manhã. Tavares (2006) descreve que “os quartos são ocupados por no máximo duas pessoas. A sala e a cozinha são utilizadas por toda a família, ou seja, 4 pessoas, e a ocupação máxima do banheiro é de um habitante”.

Os modelos simulados foram determinados como ambientes ventilados naturalmente, por tratar-se de habitações de interesse social, com a possibilidade de operação das aberturas que reproduzem os hábitos dos ocupantes, seguindo o padrão de ocupação, com acionamento da rotina para temperaturas do ar internas superiores a 26°C. Em todos os casos foram desconsiderados o uso de sistemas artificiais de condicionamento, sendo desativado este *setpoint* no programa.

No caso analisado o padrão de trocas de ar adotado considera ventilação e infiltração. A infiltração considerou frestas em portas e janelas, que permitiram o fluxo de ar, independente do padrão de adaptação do usuário. A ventilação está diretamente ligada ao padrão de ocupação, variando de acordo com a temperatura do ar interno. O modelo foi configurado para que a abertura de portas e janelas contribua para o conforto do ambiente, sendo alterado

intencionalmente pelo usuário a partir de temperaturas do ar internas a partir de 26°C. Os modelos de aberturas simulados com veneziana fixa, permitiram um fluxo de ar constante penetrando no ambiente.

O padrão de uso da iluminação artificial foi determinado por ambiente, com rotinas distintas para os dias úteis e para os finais de semana, de acordo com Tavares (2006). Foram consideradas lâmpadas fluorescentes compactas em todos os ambientes - para sala e cozinha, foram estimados 40 W, no banheiro 15 W e nos quartos 25 W. A densidade de potência média é de 4,5 W/m² como pode ser observado na tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Densidade de potência média

Ambiente	Sala	Cozinha	Banheiro	Quarto 1	Quarto 2	Total
Potência(W)	40	40	15	25	25	145
Área (m ²)	9,90	5,70	2,15	7,65	7,20	32,60
Densidade(W/m ²)	04	07	07	3,2	3,5	4,50

O consumo mensal de energia elétrica, estimado para as duas unidades é de 150 kWh, considerando o consumo total dos equipamentos e do sistema de iluminação, a partir da descrição dos equipamentos presentes por unidade. Para a faixa de renda familiar de até 03 salários mínimos os equipamentos são: aparelho de som, chuveiro elétrico, ferro de passar, fogão, geladeira, liquidificador, televisão e ventilador (Tavares, 2006).

2.3 Definição dos métodos de análise e tratamento dos dados

Para verificação do desempenho térmico foram escolhidas duas variáveis respostas: a temperatura operativa e os ganhos de calor. A temperatura operativa foi analisada a partir de dois métodos: comparação entre o percentual de horas de desconforto por calor e os valores de graus-hora para resfriamento. A segunda variável resposta, ganhos de calor, foi avaliada pelo comportamento anual dos dados horários a partir de gráficos de caixa (boxplot).

2.3.1 Percentual de horas de desconforto

O método consiste em verificar a porcentagem de horas anuais de desconforto por calor das unidades habitacionais para avaliar a adequação climática, da unidade em estudo, a cada cidade analisada. A avaliação foi realizada com a temperatura operativa horária gerada a partir de todas as zonas da edificação agrupadas. Foram utilizadas como referência, temperaturas-base distintas para cada cidade, em função de sua temperatura média anual conforme gráfico da ASHRAE Standard 55 (2010).

Para João Pessoa, a média da temperatura do ar foi de 26°C, o que determinou uma temperatura base de 26°C. Em Campina Grande, com a temperatura média de 23°C, a temperatura base foi de 25°C. E em Patos, com uma temperatura do ar média de 27°C, foi determinada uma temperatura base de 26,5°C. A partir dos dados horários de temperatura operativa de cada simulação, contou-se a quantidade de horas que esta variável esteve acima da temperatura base.

2.3.2 Graus-hora para Resfriamento

Este método permite a observação do excedente da temperatura. Neste caso, foi somado o valor excedente da temperatura operativa que estivesse acima da temperatura base determinada para cada cidade. A equação de graus-hora utiliza os dados horários da variável resposta escolhida, a temperatura operativa, conforme equação abaixo.

$$\text{Grau-hora} = \sum (T_o - T_{\text{base}}) > 0 \quad (1)$$

Onde T_o = temperatura Operativa; T_{base} = temperatura de referência limite de conforto

2.3.3 Ganhos de Calor

Neste método, foram utilizados os dados de saída do programa Design Builder referente aos ganhos de calor de cada esquadria analisada. Cada simulação gerou 8760 dados horários que foram tratados no software de base estatística R, gerando o gráfico de caixa, ou boxplot, que reúne em seu eixo vertical, informações tais como: mediana, quartis (quartil inferior e quartil superior) além de valores atípicos (DEVORE, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 João Pessoa

O método de percentual de horas de desconforto por calor permitiu comparar as diferenças que ocorreram entre as aberturas simuladas. Na figura 2, pôde-se observar os percentuais de horas de desconforto, com variação de 73% a 78%. O pior desempenho ocorreu na abertura com 40% de PAP sem proteção solar, que apresentou 78,78% de horas de desconforto. Em todos os tamanhos, a abertura sem proteção solar apresentou os maiores percentuais, conforme figura 2 abaixo.

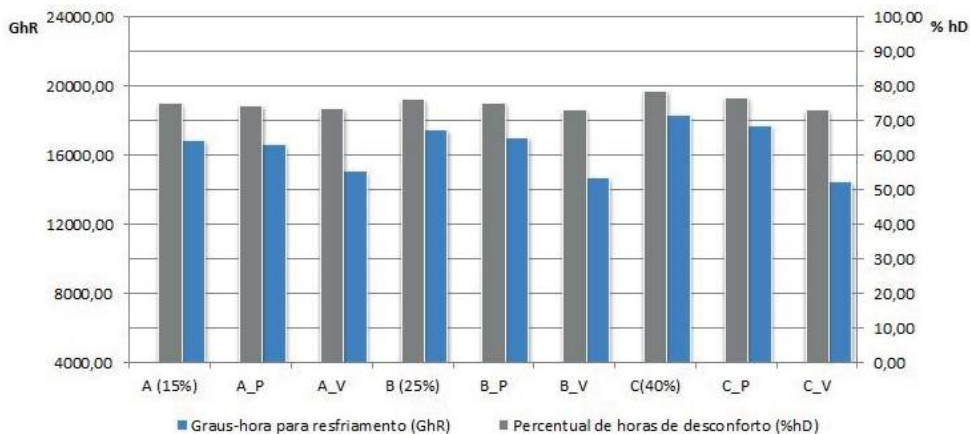


Figura 2. Gráfico Graus-hora x percentual de horas de desconforto das aberturas em João Pessoa.

Percebe-se que, nos tamanhos de 25% e 40%, houve uma redução proporcional nas horas de desconforto na categoria com proteção solar, se comparada com o mesmo tamanho de abertura sem proteção solar, ou seja, a abertura de 25% reduziu 0,97% com proteção solar e a abertura de 40% reduziu 1,92% com proteção solar, confirmando a importância do uso da proteção solar nas aberturas.

O melhor desempenho ocorreu na abertura com 40% de PAP do tipo veneziana fixa. O tipo de esquadria não determina, isoladamente, o desempenho da abertura, pois o melhor e o pior percentual de horas de desconforto ocorreram em janelas do tipo veneziana.

Os resultados indicam que outras variáveis, além das avaliadas neste trabalho, podem ter maior impacto na temperatura operativa, como o controle da taxa de ventilação distinto para o período da noite e o período do dia.

Ao aplicar o método de graus-hora para resfriamento nas diferentes aberturas, percebe-se que houve uma redução no somatório de graus-hora com a inserção da proteção solar, principalmente com a veneziana fixa. As maiores diferenças ocorrem nas aberturas com 40% de

PAP, reduzindo 613,63 GhR quando utilizada a proteção solar e 3.884,6 GhR, quando alterado o tipo de janela de vidro para veneziana.

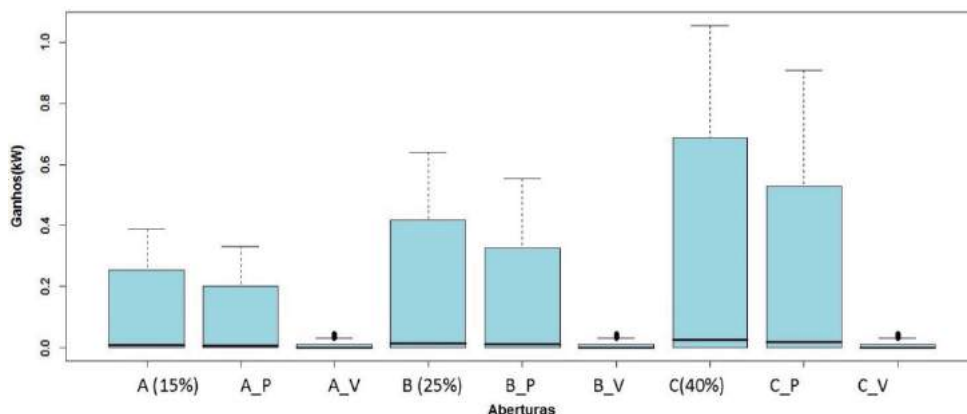


Figura 3. Ganhos de calor das aberturas em João Pessoa.

O ganho de calor é significativamente influenciado pelo tamanho da abertura. Quanto maior o percentual de area de abertura maior o ganho de calor. Porém, se a abertura é sombreada a variável tamanho da abertura passa a ter menor influência, chegando ao caso extreme, da veneziana, onde o ganho de calor foi igual para as três dimensões analisadas.

3.2 Campina Grande

Para a cidade de Campina Grande, o desempenho das aberturas, em relação ao percentual de hora de desconforto e o somatório de graus-horas para resfriamento, apresentou comportamento similar, embora em escalas diferentes, como pode ser observado na figura 4.

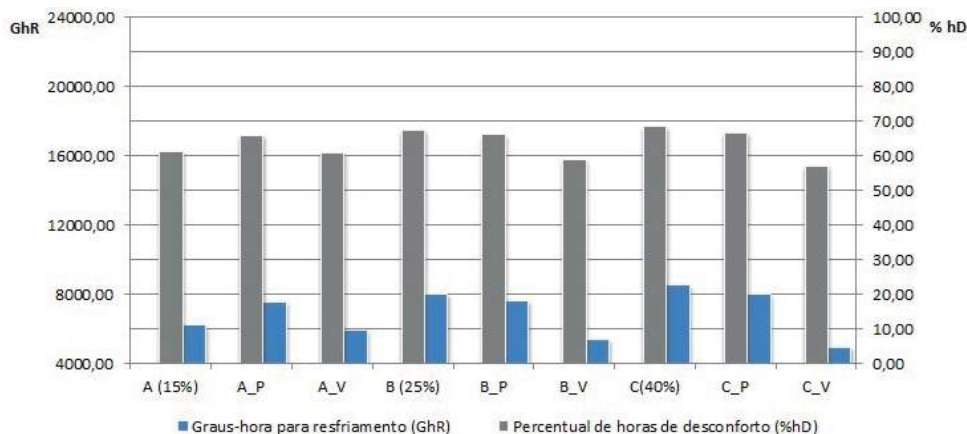


Figura 4. Gráfico Graus-hora x percentual de horas de desconforto das aberturas em Campina Grande.

Observa-se uma redução no percentual de horas de desconforto com o uso da proteção solar apenas nos tamanhos de 25% e 40% de PAP. O uso de proteção solar reduziu 1% o percentual de desconforto, na abertura com 25% de PAP e 2%, na abertura com 40% de PAP.

O somatório de graus-hora para resfriamento aumentou em função do aumento da area da abertura, isto é, a abertura com 25% de PAP resultou em 1.789,54 GhR acima do valor observado na abertura com 15%, enquanto, a abertura com 40% apresentou elevação de 568,43 GhR em relação à abertura com 25% de PAP. /com exceção da abertura com veneziana, para essa condição de abertura, verifica-se redução do somatório de graus-hora para resfriamento com o aumento da abertura. O aumento no tamanho das aberturas, com uso de veneziana, resultou no melhor desempenho térmico.

Sobre o ganho de calor (figura 5) verifica-se comportamento similar à cidade de João Pessoa, quanto maior o percentual de area de abertura maior o ganho de calor. Porém, para a abertura com veneziana o ganho de calor independe do tamanho da abertura.

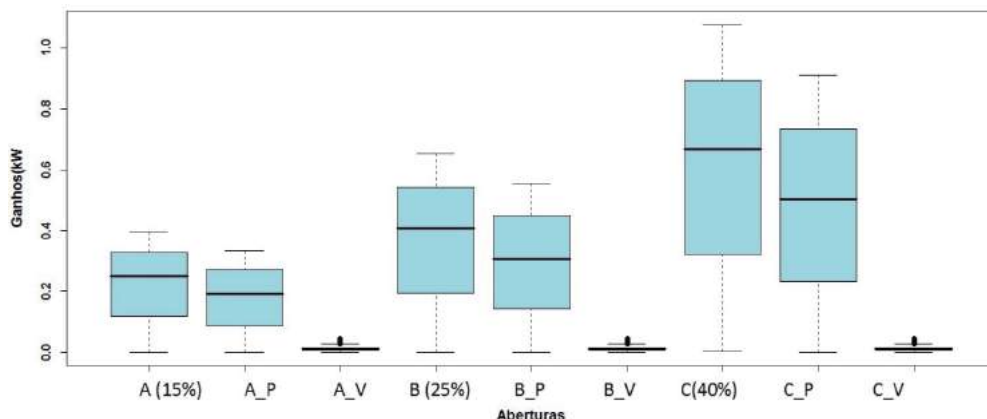


Figura 5. Ganhos de calor das aberturas em Campina Grande.

3.3 Patos

Para a localidade de PATos observa-se, também, que o tamanho da abertura resulta em aumento dosomatório de graus-hora e do percentual de horas de desconforto. Excetuando-se, contudo, a abertura com veneziana. O aumento da area da abertura, nessa condição, resultou na redução do somatório de graus-hora e do percentual de horas de desconforto. O uso da abertura com veneziana fixa de madeira resultou na maior contribuição entre as categorias com redução de 4%, 7% e 9%.

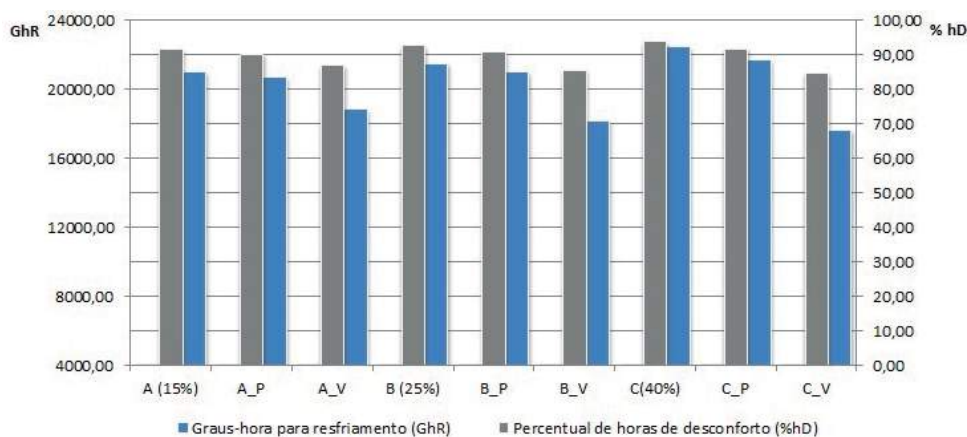


Figura 6. Gráfico Graus-hora x percentual de horas de desconforto das aberturas em Patos.

O gráfico confirma que os dois métodos resultaram no mesmo comportamento entre as categorias simuladas. O aumento de graus-hora para resfriamento ocorreu na mesma proporção que o aumento das horas de desconforto, mas em escalas diferentes.

Em relação ao ganho de calor (figura 7), como esperado, quanto maior o percentual de area de abertura maior o ganho de calor. O uso de proteção solar reduziu o ganho de calor em todos os tamanhos de aberturas, notadamente na abertura com veneziana, com ganhos de calor que tendem a zero.

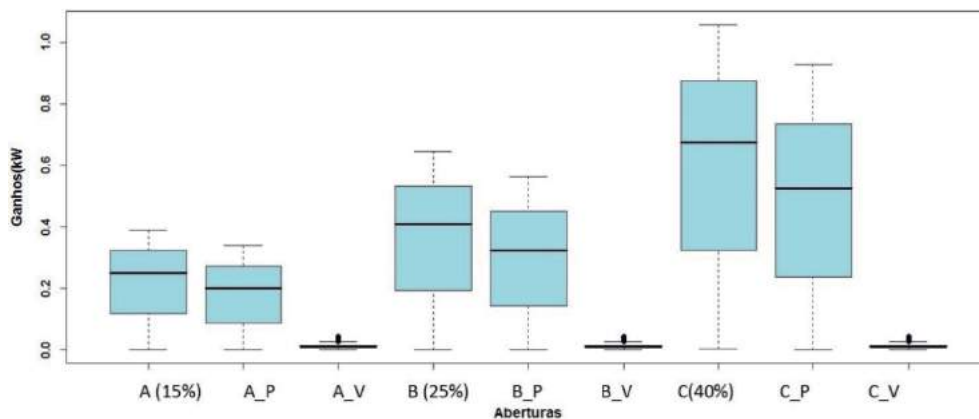


Figura 7. Ganhos de calor das aberturas em Patos.

4 CONCLUSÕES

Pôde-se constatar que, nas três cidades, o somatório de graus-hora para resfriamento resultou em uma curva semelhante ao comportamento do percentual de horas de desconforto, indicando principalmente que o aumento no tamanho da abertura reduz a condição de conforto, com exceção da abertura com veneziana. Os melhores desempenhos são referentes à adoção de aberturas com 40% de PAP, conjuntamente com proteção solar tipo veneziana (que permite ventilação constante)

A recomendação construtiva sobre aberturas, sugerida pela norma NBR 15.220 (ABNT, 2005) para a zona 8, indica grandes aberturas para ventilação natural, ou seja, o critério da norma sugere aberturas com mais de 40% de percentual da área do piso do ambiente. Contudo, se esta não for sombreada, o aumento da abertura resulta na redução do índice de conforto, para as três cidades analisadas. Por outro lado, considerando que os ambientes analisados são ventilados naturalmente, menor área da abertura implica na redução da ventilação natural. Sendo assim, o uso de aberturas com tamanhos maiores com proteção solar, equivale ao comportamento de abertura menor sem proteção solar. Em resumo, os melhores desempenhos resultam do correto uso de proteção solar associado à maior área de abertura.

A dificuldade em encontrar um método adequado para avaliar o desempenho térmico da envoltória nas condições climáticas escolhidas foi uma limitação nesta pesquisa, pois a maior parte dos estudos desenvolvidos nesta área é baseada em definições para climas mais amenos, inclusive os algoritmos utilizados nos programas de simulação computacional, que utilizam referências que não refletem nossa realidade. Por outro lado, a junção dos resultados obtidos com o cálculo de graus-hora de resfriamento e do percentual de horas de desconforto permite, simultaneamente, avaliar o grau de desconforto e o consume de energia de cada solução.

Considerando o uso de modelos numéricos para avaliação de desempenho térmico, recomenda-se a continuidade deste estudo como avanço em relação à investigação de especificações mais detalhadas sobre condições de ventilação natural, buscando atualizações sobre algoritmos validados para o Brasil, capazes de controlar manualmente parâmetros adequados para as condições climáticas das cidades estudadas, tais como indica Stephan, Bastide e Wurtz (2011), por exemplo, sobre a otimização do desempenho das aberturas para edifícios ventilados naturalmente.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, pelo financiamento da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15220 - *Desempenho térmico de edificações*. Parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro. 2005.

Akutsu, Maria; Vittorino, Fúlvio. *A tendência atual dos métodos de avaliação do desempenho térmico e energético das edificações*. Brasil – Salvador, BA, 1997. P. 147-151. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 4ª, Salvador, 1997.

ASHRAE. *Standard-55P: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta. 2010.

Auliciems, A.; Szokolay, S. V. Thermal Comfort. In: ARCHITECTURE, U. O. Q. D. O. Design tools and techniques. 2ª. ed. [S.l.]: PLEA: *Passive and Low Energy Architecture International*, 1997. Cap. 3.

Cândido, C. et al. Towards a Brazilian standard for naturally ventilated buildings: guidelines for thermal and air movement acceptability. *Network for comfort and energy use in buildings*, London, April 2010.

Carlo, J. C. *Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência e Energética do envoltório de edificações não-residenciais*. Universidade Federal de Santa Catarina (Tese de Doutorado). Florianópolis, p. 215. 2008.

Devore, J. L. *Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências*. São Paulo: Pioneira Thomson Learnig, 2006.

Matos, M. *Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural*. Universidade Federal de Santa Catarina (Dissertação de Mestrado). Florianópolis. 2007.

Moujalled, B.; Cantin, R.; Guarracino, G. Comparison of thermal comfort algorithms in naturally ventilated office buildings. *Energy and Buildings*, 40 2008. 2215-2223.

Olgyay, V. *Arquitetura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gilli, 2002.

Pereira, C. D. *A influência do envelope no desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ocupadas e ventiladas naturalmente*. Universidade Federal de Santa Catarina (Dissertação de Mestrado). Florianópolis, p. 140. 2009.

Stephan, L.; Bastide, A.; Wurtz, E. Optimizing opening dimensions for naturally ventilated buildings. *Applied Energy*, 88 2011. 2791-2801.

Taleghani, M. et al. A review into thermal comfort in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26 2013. 201-215.

U. S. Department OF Energy. Building Energy Software Tools Directory. *Energy Efficiency & Renewable Energy*, 2012. Disponível em: <www.eere.energy.gov>. Acesso em: 18 julho 2012.

Impacto do Programa Nacional de Habitação Rural na cultura do fogão a lenha

Suellen Nascimento dos Santos

Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico – SEDE/MG, Belo Horizonte, MG/ Brasil
suellens_ufv@yahoo.com.br

Maristela Siolari

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Viçosa, MG/Brasil
siolari@ufv.br

Neuza Maria da Silva

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Economia Doméstica, Viçosa, MG/Brasil
neuzams@ufv.br

Lilian Perdigão Caixeta Reis

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Economia Doméstica, Viçosa, MG/Brasil
lilian.perdigao@ufv.br

ABSTRACT: In Brazil, several programs and policies have been implemented to combat housing shortage, both in urban and in rural areas, which also present precarious situations of access to services and material. In this context, the National Rural Housing Program (PNHR), under the denomination "Minha Casa Minha Vida"(MCMV) was launched in 2009. This paper discusses the results of a survey of families benefited by PNHR in Guiricema and São Miguel do Anta-Minas Gerais/Brazil, where the implemented housing units had typically urban spatial configuration. The aim was to identify the implications of that configuration in behavioral changes in those beneficiaries. There were recurring references to the wood stove, indicating an obvious conflict that those families experience when adapting their cultural habits and values to the "modernized" quotidian imposed by the architectural design.

Keywords: National Rural Housing Program, Rural Housing, wood stove.

RESUMO: No Brasil, diversos programas e políticas públicas têm sido implementados a fim de combater o déficit habitacional, tanto na zona urbana quanto na zona rural, onde também se fazem presentes situações precárias de acesso a serviços e materiais. Nesse contexto, foi lançado em 2009 o Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Este trabalho aborda resultados de pesquisa realizada junto a famílias beneficiadas pelo PNHR, em Guiricema e São Miguel do Anta - Minas Gerais/Brasil, onde as unidades habitacionais implementadas tiveram configuração espacial tipicamente urbana. O objetivo foi identificar de que forma isso implicou em mudanças de comportamento dos beneficiários. Foi recorrente a referência ao fogão a lenha, deixando evidente o conflito que as famílias vivenciam ao adaptar seus hábitos e valores culturais ao cotidiano "modernizado" imposto pelo projeto arquitetônico.

Palavras-chave: Programa Nacional de Habitação Rural, habitação rural, fogão a lenha.

1. INTRODUÇÃO

Tomando por base a definição de déficit habitacional qualitativo e quantitativo, é possível considerar que, no Brasil, o déficit habitacional quantitativo é majoritário no meio urbano representando um total de 85% (IBGE e PNAD 2007-2012). Entretanto, é interessante destacar que, de acordo com os mesmos dados o déficit habitacional rural relativo (em relação ao total

de domicílios existentes) no Brasil é de 8,68%, um número não muito expressivo, mas ainda alarmante visto que este índice reduziu somente 3% desde 2007.

E com relação a aspectos qualitativos, um dado relevante é que as habitações precárias representavam um déficit urbano de menos de 10% do déficit total em 2012, enquanto representavam aproximadamente 70% do déficit total rural.

As habitações precárias compreendem dois subcomponentes, são eles: os domicílios improvisados, que são todos os domicílios classificados como Particular Improvisado; e os domicílios rústicos, caracterizados quando há Domicílios Particulares Permanentes (DPP) do tipo casa e apartamentos que não sejam de alvenaria ou madeira emparelhada, cujo material predominante seja de taipa não revestida, madeira aproveitada, palha ou outro material (Lima Neto; Furtado; Krause, 2013).

Complementa-se nestes dados que, em valores absolutos, a precariedade rural segue maior (31%) que a urbana (Lima Neto; Furtado; Krause, 2013). Assim, observa-se que, no Brasil, há um déficit habitacional - quantitativo e qualitativo - proporcionalmente maior em áreas rurais do que nas áreas urbanas.

Nesse contexto, diversas políticas públicas têm sido implementadas no sentido de amenizar esse quadro, tais como o Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR, no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). O presente trabalho atenta para o processo de implementação deste Programa, de forma a analisar a conformidade e adequação das moradias propostas às realidades das famílias beneficiárias do Programa nas cidades de Guiricema e São Miguel do Anta – ambas do interior de Minas Gerais/ Brasil. O objetivo é identificar de que forma a imposição dessa unidade padrão implica em mudanças de comportamento dos moradores, em especial abordando a reação dos moradores em relação à eliminação do fogão a lenha, com uma nova configuração de ambientes em favor do fogão a gás e do microondas. Fica evidente o conflito interno que as famílias vivenciam ao confrontar seus hábitos e valores culturais - agora referenciados como “coisas do passado” - ao cotidiano “modernizado” imposto pelo projeto arquitetônico.

O trabalho apresenta parte dos resultados de uma pesquisa descritiva realizada na área rural dos municípios de Guiricema e São Miguel do Anta, MG, na microrregião da Zona da Mata Mineira. Para a seleção da amostra foi utilizada uma listagem fornecida pelas Entidades Organizadoras (EOs) – órgãos responsáveis pela seleção das famílias a serem beneficiadas pelo PNHR – dos referidos municípios. Optou-se por realizar um estudo de caso, pois esta estratégia de pesquisa permite uma análise mais profunda da unidade de estudo e, portanto, uma maior compreensão da mesma.

2. O PROGRAMA NACIONAL DE HABITAÇÃO RURAL

Há uma grande produção bibliográfica sobre a questão habitacional no Brasil, mas que enfoca sobretudo a habitação urbana. Ainda assim, nos últimos dez anos a discussão sobre a habitação rural vem sendo cada vez mais abordada, sob diversos aspectos – sistemas construtivos, processo de projeto, políticas públicas. As recentes discussões foram parcialmente acompanhadas de uma revisão da política habitacional rural, que culminou recentemente na criação do Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR. Por ser um Programa relativamente recente, durante a revisão bibliográfica foram encontradas raras referências ao Programa, e nenhuma com a abordagem desta pesquisa.

O PNHR - foi criado pela Medida Provisória nº. 459, de 25/03/2009 – convertida na Lei nº. 11977 de 2009, no governo do presidente Luís Inácio Lula da Silva, sendo uma modalidade do Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV. De acordo com o texto dessa última Lei, sua finalidade é “subsidiar a produção ou reforma de imóveis aos agricultores familiares e trabalhadores rurais” (Brasil, Lei nº12.424/2011).

O Programa atende a 3 grupos de beneficiários. O grupo I é destinado a agricultores familiares ou trabalhadores rurais com renda familiar bruta anual máxima de R\$15.000,00 o programa concede subsídio, com recursos do Orçamento Geral da União – OGU. Estes recursos são repassados diretamente às pessoas físicas, para que possam adquirir material de construção e realizar pagamento dos serviços de mão-de-obra, destinados à produção da Unidade Habitacional (UH). Já os grupos II e III, caracterizam-se por receberem, financiamento habitacional e subsídios lastreados em recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) e do Orçamento Geral da União (OGU) à pessoa física (ao beneficiário) que pode ser o agricultor familiar e os trabalhadores rurais organizados em Entidades Organizadoras (EOs). As principais diferenças entre os grupos I, II e III estão na proveniência dos recursos, no valor da renda bruta anual, e no valor dos investimentos que variam conforme o grupo.

De acordo com a cartilha da CEF, o valor de investimento máximo para a produção das Unidades Habitacionais do Grupo I é de R\$45.600,00 (para a construção da casa) e de R\$35.600,00 (para a conclusão, reforma ou ampliação), sendo que até 35% pode ser destinado para pagamento de mão de obra. E, à família beneficiária do grupo I cabe devolver à União apenas 4% do valor recebido para a produção da casa, em quatro parcelas anuais, sendo que a primeira vence um ano após a assinatura do contrato.

Neste estudo a prioridade será dada ao grupo I, visto que esta parcela é a classe mais vulnerável e com mais dificuldades de enfrentar a questão habitacional sem intervenção do Estado. Há ainda de considerar que nos dois casos estudados as contratações foram realizadas através de EOs - em ambos os casos os Poder Público Municipal - que contrataram, através de licitações, empresas privadas responsáveis pela elaboração e execução dos projetos. Desta forma, assim como em grande parte dos programas habitacionais urbanos, os moradores só tiveram conhecimento de como seriam suas novas moradias quando as primeiras unidades foram entregues.

3. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A CASA RURAL BRASILEIRA

O Brasil é composto por regiões com variados costumes, valores e culturas. E, de acordo com DaMatta (1986), Brasil é (...) país, cultura, local geográfico (...) e também casa, pedaço de chão calçado com o calor de nossos corpos, lar, memória e consciência e lugar com o qual se tem uma ligação especial (...). (Damatta, 1986, p.8.)

Ao longo da sua história, a casa brasileira teve diferentes sentidos para os seus moradores, que transcendem os aspectos e padrões físicos, e perpassam uma construção histórica desse “aparato” humano que foi sendo aperfeiçoado e transformado em um ambiente de intimidade, privacidade, transposição da cultura e de vivências.

Da mesma forma, conforme Bosi (2006), não existe uma cultura brasileira homogênea e a *admissão de seu caráter plural é um passo decisivo para compreendê-la como um ‘efeito de sentido’, resultado de um processo de múltiplas interações e oposições no tempo e no espaço.* (BOSI, 2006, p. 7)

Neste cenário, a morada frequentemente também expressa esses modos de vida e trabalho, Vários autores constataram essa relação homem/ moradia/ modo de vida no meio rural – em sua implantação, forma, materiais, distribuição de ambientes, construção do espaço periférico – uma vez que sobre esses aspectos exercem influência direta a composição da família, o tipo de trabalho, a organização comunitária, a cultura construtiva e as condições do meio ambiente. Além disso, segundo Keller (1970), a habitação rural é o elemento central do habitat rural, que abrange todos os elementos do estabelecimento, além de abranger o espaço em que a sociedade se organiza para viver e exercer as atividades indispensáveis ao conjunto das suas necessidades no âmbito de uma cultura de cooperação para a sustentabilidade das comunidades (Keller, 1970, apud PERES, 2003).

Dessa forma, é de se esperar que políticas públicas voltadas para a permanência do homem no campo, como o próprio PNHR, observem as especificidades desta demanda habitacional, pois, ainda que possa ser observada uma aproximação dos modos de vida no campo e na cidade - onde o campo passa a ter acesso a bens, a serviços materiais e culturais, refletindo no estilo de vida e se materializando no padrão de moradia, alguns valores e costumes permanecem. Um exemplo fundamental observado nesta pesquisa foi o uso (ou necessidade de uso) do fogão a lenha.

4. RESULTADOS

Guiricema e São Miguel do Anta são cidades de pequeno porte, com que mantêm grande percentagem de suas populações residindo na zona rural. A primeira tem área de 294km², com população de aproximadamente 8.700 habitantes, dos quais 48,5% residem na zona urbana e 51,5% na zona rural. Já o município de São Miguel do Anta possui área de 152km², população de 6.760 habitantes, sendo 55,4 residentes na zona urbana e 44,6 na zona rural (IBGE, 2010). Em ambas o processo de implementação do PNHR teve início em 2011.

Com o intuito de verificar as expectativas, necessidades e desejos associadas aos espaços da casa e dos cômodos pelos beneficiários do PNHR nestas cidades (em especial acerca do uso do fogão a lenha), foram utilizadas como categorias analíticas o uso e as funções dos espaços. E como variáveis, foram consideradas as seguintes: reflexos culturais, sociais e econômicos dos elementos que compõem o espaço doméstico do beneficiário, valores e crenças presentes no grupo familiar do beneficiado, os hábitos familiares, dentre outras. Tais informações foram adquiridas junto aos membros das famílias beneficiárias do Programa, que foram inscritos no mesmo.

Primeiramente cabe expor que as plantas-baixas das unidades habitacionais do município de Guiricema - composta por 2 quartos, sala e cozinha conjugados, banheiro, área de serviço e pequena varanda, totalizando 53,71m² - e de São Miguel do Anta - composto por três quartos, sala, cozinha e banheiro, totalizando 54,29m².

É importante mencionar que, ao contrário das unidades produzidas em meio urbano, no contexto rural, não precisam necessariamente ser confinadas em pequenos lotes. O que possibilita unidades mais flexíveis. Entretanto, as possíveis mudanças não foram previstas nos projetos arquitetônicos, e as reformas que as unidades vierem a sofrer podem prejudicar condições de insolação e ventilação, além das muito prováveis perdas por demolição e reconstruções não planejadas.

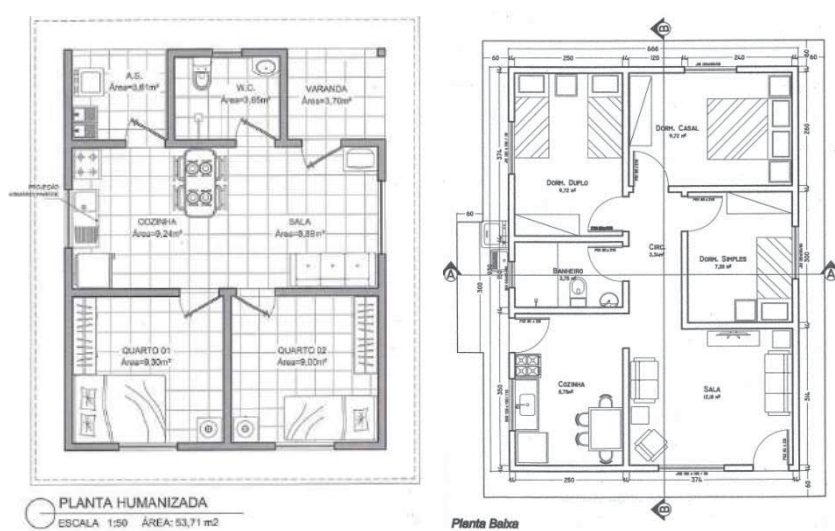


Figura 1. Plantas Das Casas Dos Municípios De Guiricema E São Miguel Do Anta – Mg, Respectivamente, 2013. Fonte: Emater (2013).

Até o momento da pesquisa, as únicas alterações observadas foram: 1) a criação de varanda em todo perímetro da unidade do município de Guiricema e; 2) a incorporação de meia parede separando sala e cozinha – também na mesma unidade.

4.1. Expectativa das famílias relacionadas ao fogão a lenha

Durante a pesquisa, os entrevistados responderam a perguntas sobre como gostariam que fosse a casa, de forma a expor expectativas e anseios (Tabela 1). Nesta tabela, o enfoque será dado à expectativa atribuída ao fogão a lenha.

Tabela 1. Expectativa de moradia com relação a diferentes aspectos da casa. Guiricema e São Miguel do Anta – MG, 2013.

Aspectos da casa desejados	%
<i>1) Divisão e readequação do espaço</i>	
Separação da cozinha e sala	45,4
Cozinha/ varanda nos fundos para o fogão a lenha	41,7
Banheiro longe da sala	10,9
Separação dos quartos	1,8
<i>2) Novos ambientes</i>	
Varanda	16,2
Copa	1,8
Garagem	3,6
Despensa	1,8
<i>3) Tamanho</i>	
Mais quartos	12,6
Aumentar todos os cômodos	10,8
Aumentar cozinha	1,8
Aumentar varanda	1,8
<i>4) Materiais</i>	
Janela de vidro	1,8
Trocar pia/ tanque	1,8
Trocar encanamento	1,8

No Brasil, bem antes do modelo de casa com cômodos independentes introduzidos pelos arquitetos eruditos do ecletismo, já havia uma mescla entre os costumes dos colonizadores europeus e os índios na concepção do lar. A cozinha antes ficava próxima aos dormitórios, devido ao costume trazido pelo branco europeu que tinha como centro da casa o fogão – que mantinha a família aquecida – e, com a mudança climática do país colonizado, passou a ser desligada do núcleo residencial, ou construída como último cômodo da casa próximo ao quintal e às criações (LEMOS, 1989). Esse modelo de cozinha perdura como costume nas áreas rurais em diversas partes do Brasil (considerando a não uniformidade do país), e aliado a ele está o fogão a lenha. Durante o período colonial (1500-1822), os sobrados dos portugueses eram providos de imensas alas de serviço com seus fogões altos, encostados às paredes, providos de chaminés que não se adaptaram ao clima brasileiro e foram desaparecendo conforme destaca Lemos (1989, p.20)

“O que vingou mesmo, foi o afastamento do fogão para áreas de serviço apartadas o quanto possível da área de viver, obrigando a refeição do patrão a longo percurso. Nas casas remediadas, foi comum, também, a solução que adotava duas cozinhas, uma simples, de pequeno fogão em puxado ligado à casa e outra maior, a chamada ‘cozinha suja’, no fundo do quintal para os cozimentos mais demorados, para derreter toicinho, para clarear o açúcar mascavo, para as tachadas de doces de marmelo, de goiaba.”

O reflexo dessa necessidade de se ter um espaço para cozimentos mais demorados foi explicitado na pesquisa (Tabela 1) ao constar que 41,7% dos entrevistados gostariam de ter uma

cozinha/ varanda nos fundos para fazer o fogão a lenha. Essa informação foi ilustrada pelas seguintes falas:

“Eu gostaria de fazer mais um quarto e uma cozinha pra por um forno de lenha: esse é meu sonho!” (Entrevista 08, Guiricema)

“É, por mim podia ter o fogão...minha esposa lá é das antigas né, gosta de um fogãozinho de lenha, um feijãozinho de lenha...ontem ela fez um franguinho com quiabo lá no fogão de lenha, lá que tem outro gosto...(risos)”.(Entrevista 1, Guiricema)

“Então, nessa varandinha que eu falei com você que eu iria colocar...vou fazer um puxado pra colocar...aí eu poderia fazer um fogãozinho de lenha lá fora entendeu?! Mas na casa não, porque é forrado com PVC aí é ruim né e perigoso também né.” (Entrevista 2, Guiricema)

“Ah do meu jeito falta uma varanda na porta da cozinha, e fazer uma cozinha na varanda pra um fogão à lenha, porque quem mora na roça, na zona rural, sempre gosta de um fogão a lenha né, pra cozinha um feijão...e aqui não pode...a casa é forrada, assim num pode colocar o fogão aqui que suja tudo...até mesmo o fogão a gás, que cozinhar aqui dentro, vai engordurar tudo porque num tem um sugar pra puxar a gordura né...acaba sujando tudo de gordura, então a varanda com a cozinha é necessário. Só que nós não vamos fazer agora (...) as condições, por enquanto não oferece... isso é com o tempo né, aí pode levar um ano, pode levar dois.” (Entrevista 16, Guiricema)”

É notável que a casa fornecida pelo PNHR não ofereça uma estrutura favorável à construção de um fogão a lenha em seu interior, devido ao forro ser de *polyvinil chloride* (PVC) – um material com propriedades “termoplásticas” amolecido sob o calor excessivo. Dessa forma, a pretensão dessas famílias é construir na varanda um fogão a lenha. Cabe lembrar que somente o município de São Miguel do Anta foi beneficiado com uma varanda de 3 metros de largura (devido à administração de recursos).

Enquanto não há a possibilidade dessas famílias concretizarem este intento, elas buscam soluções alternativas para saciar a necessidade do fogão a lenha, conforme indicam as falas que seguem:

“Enquanto isso a gente usa a cozinha lá na casa antiga...porque lá que tem o fogão a lenha.” (Entrevista 16, Guiricema)

“(...) a hora que você me gritou eu tava acendendo fogo alí no chão ali pra cozinhar o feijão...pra num gastar o gás né..dependendo do gás, se eu gastar muito gás eu gasto muito dinheiro...aí prefiro economizar naquele ali...ta até o fogo aceso lá.” (Entrevista 11, Guiricema)

“Eu não mudei pra casa, porque lá na roça, pra eu e minha esposa morar nela do jeito que ta num dá não...mas aí tem que usar só gás e lá nós é acostumado com o fogão de lenha sabe?! E eu quero fazer mais um quartinho pra completar ela e uma cozinha pra mim pôr o fogão de lenha, porque eu num posso pôr o fogão de lenha numa casinha forrada igual ta lá do jeito que ta feito.” (Entrevista 12, Guiricema)

O interessante é que este equipamento mostra-se tão necessário, que alguns entrevistados conforme apresentado, fazem uso do mesmo na antiga morada, que, no geral, apresenta péssimas condições. Outros, numa situação precária, improvisam um fogão no chão fora da nova casa, pois o anterior foi demolido para a construção da unidade.

Há também aqueles que não mudarão para a unidade habitacional enquanto não for construído o fogão a lenha, que toma uma enorme dimensão, tornando-se mais importante que a casa recebida.

Mediante estas constatações, foi questionado a um morador, o motivo da preferência pelo fogão a lenha, e obteve-se a seguinte resposta:

“É o costume né, além de ter uma economia porque num gasta gás, né...e a comida parece que fica mais gostosa no fogão a lenha.” (Entrevista 16, Guiricema)

4.2. Necessidade expressa pelo fogão a lenha

Ao serem questionados acerca da nota que atribuiriam aos eletrodomésticos e aos eletroeletrônicos (Tabela 2), quanto à sua relevância, a maioria dos entrevistados citou como tendo “bastante valor” a geladeira (69,1%), o fogão a lenha (67,3%), a TV (63,9%), o celular (49,1%), o fogão a gás (45,5%), o tanquinho (43,6%) e o rádio (40%).

Tabela 2. Importância atribuída aos equipamentos pelos entrevistados. Guiricema e São Miguel do Anta – MG, 2013.

Valor atribuído ao equipamento					
Equipamento	Nenhum %	Pouco %	Médio %	Tem valor %	Bastante %
Fogão a lenha	3,6	3,6	1,8	23,6	67,3
Fogão a gás	0	3,6	5,5	45,5	45,5
Forno elétrico	49,1	10,9	7,3	30,9	1,8
Micro-ondas	29,9	10,9	7,3	50,9	1,8
Máquina de lavar roupa	16,4	1,8	5,5	56,4	20
Tanquinho	1,8	1,8	3,6	49,1	43,6
Máquina de lavar louça	67,3	5,5	3,6	21,8	1,8
Aspirador de pó	52,7	5,5	5,5	34,5	1,8
Batedeira	14,5	10,9	9,1	58,2	7,2
Liquidificador	0	1,8	0	78,2	20
Geladeira	0	0	0	30,9	69,1
Freezer	36,4	9,1	3,6	41,8	9,1
Telefone fixo	50,9	5,5	7,3	32,7	3,6
Celular	1,8	1,8	3,6	43,6	49,1
Computador	32,7	1,8	1,8	49,1	14,5
Internet	40	5,5	1,8	41,8	10,9
TV	0	0	0	36,4	63,6
Rádio	1,8	3,6	5,5	49,1	40
Aparelho DVD	18,2	3,6	7,3	63,6	7,3

No caso do fogão a lenha, enfatizou-se sua função de economizar combustível (do fogão a gás), além da praticidade, visto que a lenha pode ser encontrada no quintal da casa. Outra questão relevante, também perceptível nas falas, é o costume de usar a lenha no meio rural:

“Aqui na roça tem que ter né...é bastante importante, porque ajuda bastante né, economiza bastante o gás.” (Entrevista 14, São Miguel do Anta)

“Eu prefiro cozinhar num fogão de lenha do que cozinhar num fogão de gás. Gasta muito menina,rsrs... e a lenha ali você pode plantar fogo o dia inteiro no fogão aí que quando dá de tarde está tudo cozidinho já. Só gasta lenha, não gasta gás.”(Entrevista 27, São Miguel do Anta)

“Porque na roça a gente gosta de um fogão a lenha né.”(Entrevista 30, São Miguel do Anta)

“Ah...tem! Deus me livre, economiza muito gás,rs “(Entrevista 6, Guiricema)

“O meio ambiente agora está proibindo né, de mexer com fogão a lenha por causa da fumaça né, então ele está desvalorizando né...pra mim tem valor...para o meio ambiente num tem não né.”(Entrevista 10, Guiricema)

O fogão a lenha foi um dos poucos equipamentos que permaneceu no meio rural. O desaparecimento desses, talvez faça parte de um processo de transição para a industrialização. Tendo em vista que o fogão a gás atinge a cultura rural como um meio alternativo e moderno de uso para a produção doméstica de alimentos, tornando-se uma necessidade primária para uns e secundária para outros:

“Porque o fogão a gás a gente precisa dele né, porque ele faz muita falta, porque às vezes tem dia que a gente num tem a lenha direito, ou então a gente quer fazer um cafezinho depressa, rápido...fazer um leite, o fogão de gás é mais rápido.” (Entrevista 21, São Miguel do Anta)

“É bom bobo! Às vezes a gente quer fazer um biscoito, um trem qualquer, a gente faz.” (Entrevista 27, São Miguel do Anta)

4.3. Equipamentos desejados pelos entrevistados

Na presente pesquisa, foram identificados também os equipamentos que os entrevistados gostariam de ter na nova morada, visto que alguns residem provisoriamente na casa dos pais, ou ainda não possuem todos os equipamentos de seu interesse, ou possuem e levarão para o novo lar (Tabela 3).

Tabela 3. Equipamentos de interesse do entrevistado. Guiricema e São Miguel do Anta – MG, 2013.

Equipamentos que gostaria de ter	Frequência relativa %
Fogão a lenha	87,3
Fogão a gás	100
Forno elétrico	40
Micro-ondas	61,8
Máquina de lavar roupas	69,1
Tanquinho	94,5
Máquina de lavar louças	18,2
Aspirador de pó	40
Batedeira	80
Liquidificador	98,2
Geladeira	100
Freezer	47,3
Telefone fixo	25,5
Celular	92,7
Computador	56,4
Internet	47,3
TV	98,2
Rádio	96,4
Aparelho DVD	78,2

Nessas condições 100% dos entrevistados responderam que gostariam de ter um fogão a gás e uma geladeira, 98,2% gostariam de ter uma TV e um liquidificador em casa, 96,4% gostariam de ter um rádio, 94,5% tanquinho, 92,7%, celular, e 87,3% fogão a lenha. Embora o fogão a lenha seja considerado muito importante pelos entrevistados, o fogão a gás tende a se tornar cada vez mais presente no espaço doméstico, seja pela recente modernização, seja pela disposição dos cômodos da unidade habitacional do PNHR que desfavorece a presença do fogão a lenha.

Ainda assim, esta questão em específico – especialmente se comparados seus dados aos da tabela 2 -, deixa dúvida sobre a posição do fogão a lenha em comparação ao fogão a gás. A hipótese é de que haja tamanha conformação com a configuração do espaço doméstico, em que se torna inviável a execução do fogão a lenha. Assim sendo, este equipamento é secundarizado dentre os equipamentos que gostariam de ter.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante estas análises pode-se inferir que o programa habitacional voltado para população residente no campo está dentro de uma lógica de uniformização que não contempla as especificidades presentes nas representações dos referidos grupos. Uma vez que o PNHR possui um projeto de unidade habitacional uniformizado com características mais urbanas que não

contemplam a realidade dos beneficiários. Como exemplo tem-se a eliminação do espaço para o fogão a lenha.

Torna-se perceptível que os indivíduos, mesmo adquirindo a casa, demonstram que este benefício não os atende de fato, tendo em vista que continuam a utilizar a morada antiga por causa da ausência do fogão a lenha ou pela falta de espaço para a reunião da família.

Ainda que o PNHR leve ao camponês a reafirmação de valores, ao incentivá-lo à permanência no campo, residindo numa localidade conhecida, segura, próxima a parentes e amigos, ampliando nele o sentimento de pertencimento local e de conforto, também corrompe valores, visto que implanta um modelo de casa diferente da realidade geral, e “força” o beneficiário a atribuir uma ressignificação dos espaços domésticos: o fogão a lenha tende a perder utilidade ampliando-se o uso do fogão a gás. Essa ressignificação conduz a uma consequente mudança de valores culturais no meio rural. Fica evidente o conflito interno que as famílias vivenciam ao confrontar seus hábitos e valores culturais - agora referenciados como “coisas do passado” - ao cotidiano “modernizado” imposto pelo projeto arquitetônico.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à FAPEMIG, pelo auxílio financeiro.

REFERENCIAS

Algranti, L. M. (1997). Famílias E Vida Doméstica. In: Souza, Laura De Melo E (Org.). *História Da Vida Privada No Brasil: Cotidiano E Vida Privada Na América Portuguesa*. São Paulo: Companhia Das Letras. P. 83-155.

Alves, J. E. D.; Cavenaghi, S. (2005). *Déficit Habitacional, Famílias Conviventes E Condições De Moradia*. Disponível Em: [Http://Www.Abep.Nepo.Unicamp.Br/Docs/Outraspub/Demographicas3/Demographicas3artigo9_257a286.Pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/outraspub/demographicas3/demographicas3artigo9_257a286.pdf) < Acesso Em: Nov 2012.

Brasil. (1988). *Constituição Da República Federativa Do Brasil De 1988*. Disponível Em: <[Http://Www.Planalto.Gov.Br](http://www.planalto.gov.br) > Acesso Em: Nov 2013.

Brasil. (2011). *Lei N. 12.424, De 16 De Junho De 2011*. Disponível Em: <[Http://Www.Planalto.Gov.Br](http://www.planalto.gov.br) > Acesso Em: Mar 2013.

Caixa Econômica Federal (2009). *Programa Nacional De Habitação Rural*. Disponível Em: < [Http://Www.Caixa.Gov.Br](http://www.caixa.gov.br) > Acesso Em: Mar 2013.

Camargo, E. N. (2010). *Casa, Doce Lar: O Habitar Doméstico Percebido E Vivenciado*. São Paulo: Annablume.

Candido, A. (1977). *Os Parceiros Do Rio Bonito: Estudo Sobre O Caipira Paulista E A Transformação Dos Seus Meios De Vida*. 4.Ed. São Paulo: Livraria Duas Cidades.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística - Ibge. (2012). *Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílios*. Ibge, 2007-2012. Disponível Em: < [Http://Www.Ibge.Gov.Br](http://www.ibge.gov.br) > Acesso Em: Jan 2014.

Lemos, C.A.C. (1996). *História Da Casa Brasileira*. São Paulo: Contexto.

Lima Neto, V.C; Furtado, B.A; Krause, C. (2013) *Nota Técnica: Estimativas Do Déficit Habitacional Brasileiro (Pnad 2007-2012)*. Nº5. Brasília: Ipea.

Peres, R. B. (2003). *Habitação Rural: Discussões E Diretrizes Para Políticas Públicas, Planejamentos E Programas Habitacionais*. Dissertação De Mestrado Defendida Junto Ao Programa De Pós-Graduação, Do Departamento De Arquitetura E Urbanismo Da Escola De Engenharia De São Carlos/ Universidade De São Paulo.

Avaliação de Habitações de Interesse Social: com foco para os aspetos do conceito de sustentabilidade

Daniella Amorim Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Centro Tecnológico. Mestrado Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

danielladeamorim@gmail.com

Adriana Fiorotti Campos

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Centro Tecnológico. Mestrado Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável. Vitória, Espírito Santo, Brasil.

adriana.campos@ufes.br

ABSTRACT: When approaching the design of a particular Social Housing project, it is important to consider more than just the primary construction needs and initial occupation phase. Disregarding the occupation and participation of future residents, their evolving needs and sustainable construction standards at the design stage, inevitably leads to difficulties in adaptation and consequent unplanned changes to the villas. This Paper represents a study in methodology taken from analysis of an existing Social Housing project, where the criterion of choice was the implementation of a single type of housing unit design on the lot to evaluate the subsequent changes made by the residents. The results show what modifications were made and provide future project design guidelines to help minimize inappropriate alterations and modifications. This results in being able to produce sustainable, appropriate and flexible housing to the low income sector of the population, reducing the need for inadequate, inappropriate and unplanned reforms.

Keywords: Housing social interest. Sustainability. Post-occupancy evaluation.

RESUMO: Projetar habitações de interesse social, considerando apenas as necessidades em fase de construção e ocupação inicial, desconsiderando os padrões sustentáveis e a participação dos futuros moradores em fase de concepção projetual, resulta constantemente em dificuldades de adaptação e consequente alterações das moradias. Este artigo apresenta como metodologia uma análise pós-ocupação de um empreendimento de habitação de interesse social existente, onde o critério de escolha se deu através da tipologia de implantação de uma única unidade habitacional no lote, com a finalidade de avaliar as mudanças efetivadas por seus moradores. Os resultados mostram as modificações realizadas, em contrapartida, indicam diretrizes projetuais, de forma a minimizar estas intervenções inadequadas. Produzir moradias sustentáveis, adequadas e flexíveis à população de baixos rendimentos econômicos, diminui a necessidade de reformas inadequadas e sem planejamento.

Palavras chave: Habitação de Interesse social. Sustentabilidade. Avaliação Pós-ocupação.

1 INTRODUÇÃO

O cenário da arquitetura atual passa por mudanças, onde há preocupações adicionais às de tempos anteriores, sendo construir de forma eficiente e sustentável a principal delas. Atender às mudanças sociais, econômicas e ambientais torna-se tarefa difícil, visto que estes valores agregados são, muitas vezes, discordantes nas políticas públicas implementadas em habitações de interesse social.

Há diversas definições para desenvolvimento sustentável, porém todas convergem ao fato de que o desenvolvimento promovido pela humanidade nos últimos 250 anos, permitiu diversos

ganhos em qualidade e expectativa de vida para seres humanos, mas vem alterando drasticamente o equilíbrio ambiental do planeta. Discute-se, portanto, a própria sobrevivência da humanidade, e dela depende diretamente mudanças em seus hábitos de consumo, principalmente na forma de produzir e garantir recursos (John & Prado 2010).

A indústria da construção civil representa uma das atividades humanas com maior impacto ambiental, visto que além de consumir elevados recursos naturais na fabricação dos materiais de construção, produz e deposita resíduos inertes em sua fase de consolidação. Em muitas situações, até mesmo em fase de manutenção posterior há um elevado consumo de energia elétrica (John 2000). No Brasil, são recolhidas oficialmente 33 milhões de toneladas de entulho por ano, ou seja, material suficiente para construir quase 500 mil casas populares de 50 metros quadrados cada (Sinduscon-MG 2012).

É notório que a qualidade das questões arquitetônicas em habitações de interesse social aplicadas usualmente está separada da sustentabilidade em seus pilares principais. A habitação representa mais que uma simples ordenação espacial ou um núcleo territorial; é uma definição complexa, composta por um conjunto de fatores arquitetônicos, culturais, econômicos, psicológicos e políticos (Cabrita 1995).

Projetar e construir habitações de interesse social (HIS) avaliando apenas sua ocupação inicial pode ser inadequado sob diversos aspectos, principalmente em vistas da adaptação inicial do usuário ao espaço a que foi lhe concedido, considerando que, na maioria das situações, não há participação do futuro morador na fase de concepção projetual (Fonseca & Rheingantz 2009).

O principal desafio em projetar HIS surge com o questionamento de como planejar ambientes adequados às necessidades das pessoas que irão vivenciar aquele espaço, ou seja, como identificar e compreender estes processos? Estes pontos surgem do reconhecimento da diversidade de aspectos que são inerentes com a adequabilidade do ambiente já construído (Fonseca & Rheingantz 2009).

Neste contexto a Avaliação Pós-ocupação (APO) torna-se um eficiente instrumento no desenvolvimento da habitação e também do projeto, através da informação prévia do padrão cultural, necessidades reais, percebidas ou até mesmo atribuídas acerca do usuário e diversidade de usos (Cosenza *et. al.* 1997).

Apesar da existência de estratégias e pesquisas para projetar HIS de forma satisfatória, os empreendimentos independentes da forma de promoção (públicos ou privados), são quase sempre oferecidos da mesma maneira, com plantas padronizadas, sem considerar a região de implantação ou os aspectos climáticos e ambientais específicos do lugar. Em habitações de pequena área, o que se nota é a excessiva compartimentação e tripartição de setores de sua planta. Villà *apud* Brandão (2011 p. 76) ressalva que “[...] o mercado continua vendendo a localização do empreendimento habitacional, a área construída e o velho programa 1D, 2D, 3D e 4D. Além de status, segurança e etc. [...]”.

Considerando a importância da sustentabilidade aplicada as HIS, o objetivo deste estudo é apontar diretrizes e intervenções em fase de projeto, com base na investigação realizada, a fim de reduzir as modificações recorrentes pós ocupação.

O desafio se torna verdadeiramente a busca do equilíbrio entre a proteção ambiental, a justiça social e a viabilidade econômica, sendo estes conceitos oriundos do desenvolvimento sustentável, que especificamente para HIS, deve buscar a atividade de forma a diminuir o impacto ambiental e aumentar a equidade social, contudo dentro de um orçamento disponível (Fonseca & Rheingantz 2009).

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos adotados para a pesquisa foram estabelecidos considerando como foco as habitações unifamiliares, edificadas de modo isolado. Este tipo de habitação característico em áreas com disponibilidade de espaço e potencial de crescimento horizontal, embora já não seja tão utilizado como em épocas anteriores, ainda é um modelo adotado, justificando a escolha dessa tipologia para este estudo.

O empreendimento analisado está localizado no Município de Aracruz (ES, Brasil) e está enquadrado no programa governamental Minha Casa Minha Vida. O surgimento do loteamento se deu através da doação da área pela Prefeitura Municipal, sendo que os moradores receberam suas residências mediante condicionantes específicos e, dentre eles, os principais foram: ser servidor público municipal efetivo; ter renda mensal de até três salários mínimos; e não ter moradia própria (Prefeitura Municipal de Aracruz 2012). Após o período de cadastramento e trâmite legal, a construção efetiva do loteamento se iniciou no ano de 2010, concluída cerca de um ano e meio depois. O empreendimento foi entregue com a infraestrutura básica, como distribuição de água, esgotamento sanitário e iluminação pública, porém sem calçamento e drenagem pluvial.

Foram inicialmente estabelecidos os procedimentos de análise a partir dos estudos específicos sobre a metodologia de avaliação pós ocupação, concomitante à escolha de uma amostragem válida para sua aplicação.

Na segunda etapa foram realizadas as observações e o levantamento das modificações efetivadas pelos usuários, tipificando estas alterações e as relacionando aos fatores cognitivos e comportamentais, analisados através da observação e entrevista, feita com perguntas abertas, tendo a finalidade de obter informações sobre as transformações e anseios acerca da habitação (Fonseca & Rheingantz 2009).

Na terceira etapa foram elaboradas propostas de diretrizes para intervenções técnicas, relacionadas às observações das modificações anteriores, a fim de diminuir e/ou adequar estas alterações, flexibilizando e adaptando os espaços, visando reiterar e refletir sobre a aplicação dos conceitos de sustentabilidade nestas edificações.

3 HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL E A AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

Repensar a qualidade de vida e habitações da população que reside nos centros urbanos, torna-se fator cada vez mais importante, visto que cerca de 80% da população brasileira reside em cidades (IBGE 2010). No Brasil o déficit habitacional segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD 2012) é de 9,1%, ou seja, falta cerca de 5,79 milhões de moradias.

Em decorrência deste déficit de residências no Brasil, o governo federal ao longo de sua história, lançou diversos programas habitacionais, sendo o mais recente deles o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), que tem como objetivo criar mecanismos de incentivo à produção e compra de novas unidades habitacionais, por famílias com renda mensal de até dez salários mínimos, que residam em qualquer município brasileiro (Rolnik *et. al.* 2010).

Porém é perceptível que as políticas de busca de menores custos e a produção em série tem levado a soluções inadequadas e, muitas vezes, sem a infraestrutura mínima desejável para uma HIS. A padronização, entre outras consequências, induz a apropriação pelos usuários através das modificações nas habitações (Reis 1995), buscando uma identidade própria pela adequabilidade às suas necessidades funcionais específicas, seja na disposição e tamanho das peças, nos aspectos ligados à privacidade visual e auditiva, na estética, na busca de personalização e definição do território, e mesmo em função de alterações no tamanho da família, nível econômico e educacional, dentre outros.

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) permite a avaliação das soluções após a construção e experimentação dos usuários dos espaços edificados, a partir do ponto de vista de suas necessidades específicas e não somente sob o aspecto técnico, normalmente dado ao problema habitacional pelos órgãos de financiamento.

A APO é um processo sistematizado e rigoroso de avaliação de edifícios, que normalmente é realizado após algum tempo de sua construção e ocupação, mas que tem o foco principal nos ocupantes destes ambientes e suas necessidades. Ornstein (1992 p. 23) destaca que é um “Método interativo que detecta patologias e determina terapias no decorrer do processo de produção e uso de ambientes construídos, através de participação intensa de todos os agentes envolvidos na tomada de decisões”.

Através das respostas dos usuários são avaliadas as consequências das decisões projetuais na performance da edificação. Dessa forma, a APO permite a adoção de melhorias a curto, médio e longo prazo (Preiser *et al.* 1988). A realização da pesquisa em APO tem como meta a avaliação de três conjuntos de fatores, segundo Fonseca & Rheingantz (2009):

- fatores técnicos: aspectos construtivos, condições de conforto ambiental, segurança e consumo energético;
- fatores funcionais: análise do dimensionamento dos ambientes, os fluxos, possibilidades da realização das tarefas planejadas em fase de projeto, desempenho organizacional e acessibilidade;
- fatores comportamentais: atividades que acontecem no ambiente, relação entre uso real e planejado, satisfação/preensão dos usuários da edificação.

Fonseca & Rheingantz (2009) destacam ainda outro fator relacionado por diversos autores (Preiser *et al.* 1988, Ornstein 1992), ou seja, aqueles relacionados aos fatores culturais, que referem-se ao reconhecimento das transformações significantes produzidas nas relações entre os moradores e o ambiente construído, seus aspectos subjetivos, valores reais e declarados influenciadores através do uso e operação dos ambientes.

Na literatura consultada, é perceptível a recorrente insatisfação dos usuários de uma unidade de HIS, seja no dimensionamento dos ambientes ou na disposição dos mesmos, sendo frequentes as ampliações de cozinha e criação de pequenos cômodos (Reis 1995, Bittencourt & Silva 1996, Szücs 1998). As modificações visam uma melhor assimilação dos moradores com suas moradias, moldando-as em suas características individuais (Brandão 2011).

4 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado no Loteamento Santa Maria do Limão (Loteamento dos Funcionários), cujo empreendimento foi selecionado em função de atender aos quesitos previamente definidos para a pesquisa.

O Loteamento Santa Maria do Limão, está localizado no município de Aracruz, região norte do estado do Espírito Santo (Brasil), distante 81 km da capital Vitória. O município de Aracruz caracteriza-se pelo crescimento econômico e conseqüentemente populacional, ressaltando que segundo o IBGE (2014), em um curto intervalo de 2 anos (2012 a 2014) a população cresceu cerca de 11,54%, superando a média estadual de cerca 11,05%. O efeito deste crescimento é o segundo maior déficit habitacional do estado, perdendo apenas para a capital Vitória. De acordo com o Instituto Jones dos Santos Neves (2009), em 2009 faltavam cerca de 1.432 unidades habitacionais em Aracruz, atualmente 2,6 mil (Prefeitura Municipal de Aracruz 2014). O resultado deste déficit são as constantes ocupações irregulares e a favelização crescente na cidade.

O loteamento foi estruturado em uma área total de 124.858,58 m² e com área loteada de 30.429,50 m², acessado através de duas ruas. A área constitui-se de 187 lotes, cada lote com aproximadamente 125m², sendo construídas 115 unidades habitacionais (figura 1). Essas

unidades foram implantadas em único lote, com tipologia arquitetônica igualitária, independente da orientação solar (Prefeitura Municipal de Aracruz 2014). Atualmente residem cerca de 500 pessoas no loteamento.

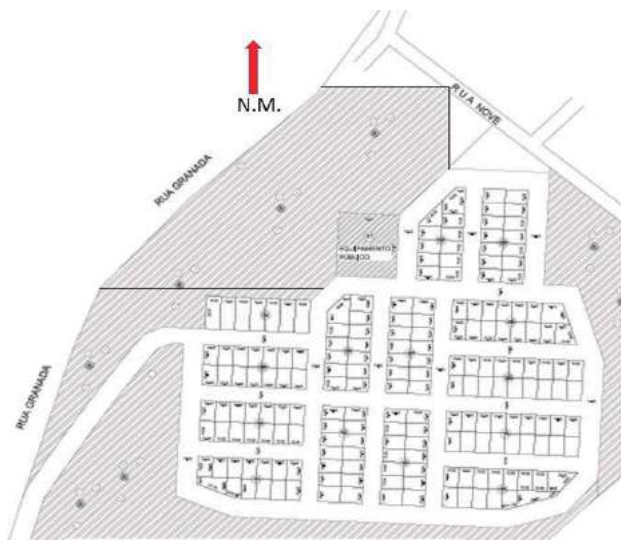


Figura 1. Implantação Loteamento Santa Maria do Limão. Fonte: Prefeitura Municipal de Aracruz (2012).

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos dados foi realizada a partir do enfoque em relação aos fatores técnicos, funcionais, cognitivos e culturais, conforme a seguir detalhado.

5.1 Fatores técnicos

As habitações foram construídas segundo a técnica de alvenaria de vedação com blocos de concreto, contendo pilares de sustentação e vigas de amarração. A cobertura foi estruturada em madeira e fechamento em telhas cerâmicas, contendo laje maciça apenas sobre o banheiro, onde se localiza a caixa d'água. As habitações foram entregues com esquadrias em madeira simples, pintadas de branco, reboco externo com pintura de cores variando de azul e rosa, diferenciando-se do originalmente projetado, conforme ilustra a figura 2;

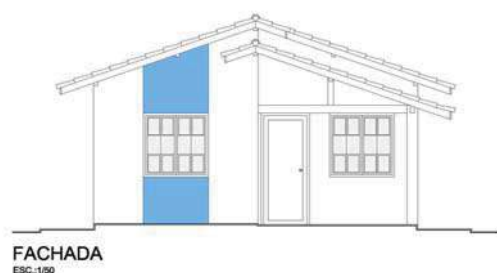


Figura 2. À esquerda, fachada frontal projetada (Fonte: Prefeitura Municipal de Aracruz 2012) e à direita, exemplo de uma unidade construída.

Internamente as habitações não possuem reboco, sendo revestidas somente com uma camada de tinta branca nas paredes. O piso é em cimento queimado, nivelado pronto para o assentamento de cerâmica e a estrutura interna do telhado é exposta (sem forro). As instalações sanitárias e elétricas são simples e com material caracteristicamente de baixo custo.

5.2 Fatores funcionais

As habitações obedecem a uma mesma organização espacial interna, com área construída de 43,20 m² (conforme planta baixa na figura 3), sendo que os cômodos possuem as dimensões

mínimas permitidas pelo Plano Diretor Municipal (Prefeitura Municipal Aracruz 2014) e não são adaptadas a pessoas com deficiência física.

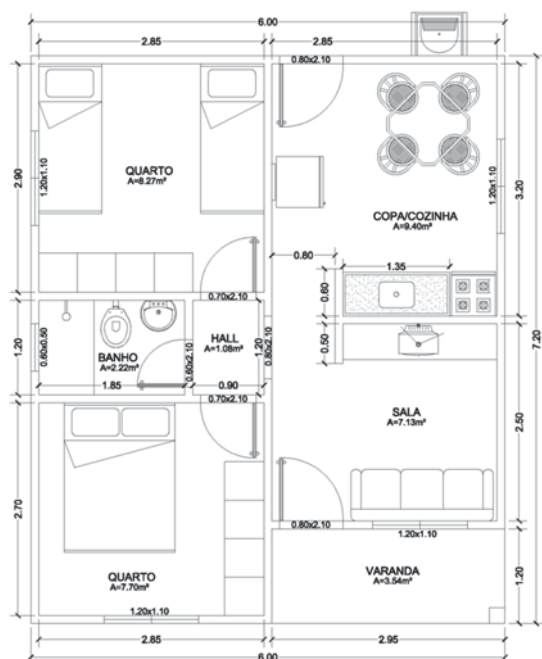


Figura 3. Planta baixa típica de uma unidade unifamiliar. Fonte: Prefeitura Municipal de Aracruz (2012).

5.3 Fatores cognitivos e comportamentais (planejado e real)

As figuras 4 a 7 a seguir apresentadas demonstram as intervenções mais frequentes no loteamento objeto da pesquisa.

1) Intervenções distintas na fachada.



Figura 4. À esquerda, construção de muro e inserção de gradil não previsto no projeto e à direita, troca de cores e revestimento.

2) Ampliações diversas:



Figura 5. À esquerda, obras em andamento para a ampliação na cozinha e na área de serviço. À direita, crescimento vertical da unidade.



Figura 6. À esquerda, reformulação da fachada através da inserção de novas esquadrias e pintura. À direita, construção de novos cômodos, principalmente garagem.



Figura 7. À esquerda, exemplo de expansão vertical para construção de área de lazer. À direita, modificação nas instalações hidrossanitárias, louças e metais do banheiro e cozinha utilizando novos materiais de acabamento.

5.4 Fatores culturais

A fim de compreender as mudanças efetivadas e da integração entre moradores e suas residências, foram realizadas perguntas abertas, na forma de entrevista, abordando aspectos como a flexibilização dos espaços e as formas de apropriação dos ambientes pelos moradores. Os questionamentos com a finalidade qualitativa e linguagem simples foram:

- o que você acha da sua casa?
- quando o projeto foi elaborado, você foi previamente consultado?
- sua casa está adaptada às suas necessidades?
- sua casa é ventilada? Há incidência solar?
- quando você recebeu sua casa, ela estava com o acabamento?
- você já fez alguma modificação na sua casa? Se não, gostaria de modificar algo?

Analisando as respostas tornou-se perceptível que os moradores tiveram dificuldades de adaptação espacial no início da ocupação, sendo o desejo de muitos a realização de reformas, visando a adequação às suas efetivas necessidades.

Os moradores se dizem agradecidos pela oportunidade de adquirirem a habitação própria, e acrescentaram que não foram inclusos no processo de projeto, planejamento, construção e escolha das edificações.

Observou-se que as unidades habitacionais, implantadas com a mesma solução projetual independente da orientação solar, permitem afirmar que não foram feitos estudos específicos relacionados à busca de maior conforto aos usuários através de estratégias bioclimáticas. Tampouco foi identificada qualquer iniciativa relacionada ao conceito de sustentabilidade, sendo identificado que alguns moradores gostariam de ter medidas como coleta seletiva de lixo, emprego de alguma tecnologia “ambiental” e/ou até mesmo atividades de educação ambiental.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS: INTERVENÇÕES PROJETUAIS E DIRETRIZES

Os resultados da pesquisa demonstram que o empreendimento, além de não ter nenhuma ação vinculada aos princípios fundamentais da sustentabilidade em arquitetura e urbanismo, tampouco atende aos anseios da população a que se destina.

A conformação dos ambientes através da criação de novos espaços é a comprovação de que um projeto de HIS requer projetos mais flexíveis, permitindo aos futuros usuários a necessária adaptabilidade e adequabilidade. Para tanto o projeto deve ser elaborado de modo a favorecer estas adaptações, através principalmente de apresentações, consultas prévias aos futuros usuários do espaço, e/ou alternativas de unidades diferentes e possíveis alternativas para modificações.

Observa-se que nas ampliações há a dificuldade em torno da estrutura, porém se forem previamente previstos elementos estruturais para ampliações verticais por exemplo, diminuem os desperdícios de material de construção em reformas não planejadas ou planejadas de forma inadequada. Do mesmo modo, recomenda-se a efetiva eliminação dos elementos autossustentados (alvenaria estrutural), onde as ampliações e modificações tornam-se limitadas.

A utilização de estratégias bioclimáticas, como o uso da iluminação e ventilação natural, é um procedimento básico e que não reverte em maior custo ao empreendimento, mas que pode significar ampliação no conforto e economia energética para os usuários. Mediante medidas simples, como a aberturas de portas e janelas voltadas para os ventos dominantes e protegidos da insolação indesejável, é possível proporcionar melhores condições de conforto térmico e lumínico. Neste sentido o estudo minucioso do local de implantação da edificação torna-se tarefa fundamental, assim como eliminando da padronização das implantações.

As características das vedações são fatores determinantes no desempenho da edificação, sendo que as cores e o tipo de material contribuem fundamentalmente para a qualidade ambiental. O uso de elementos de proteção fixos ou móveis, que podem ser seletivos para as estações do ano, como brises e elementos vazados, também contribuem, mas podem acarretar na ampliação do custo das unidades.

A utilização de tecnologia também pode ser citada com um fator importante, como por exemplo as ferramentas de controle e gestão eficiente de obras, a inserção de placas fotovoltaicas para produção de energia elétrica, o sistema de placas solares para captação de calor provindo do sol para aquecimento de água, entre outras. No entanto, tais soluções ainda são associadas a um alto custo de investimento inicial, embora possam ser compensadoras ao longo da vida útil da edificação.

Em síntese, para que o empreendimento tenha maiores chances de sucesso, é fundamental que os futuros usuários participem nas decisões projetuais e que as soluções sejam, minimamente, eficientes em relação aos condicionantes ambientais. Também deve ser considerado que a população alvo possui condições diferenciadas de propor melhorias em suas unidades, sendo desejável que alguns investimentos a longo prazo – como por exemplo, a instalação de placas solares de aquecimento – seja possível de ser implantado. Para isso, é importante que as coberturas sejam preparadas para o uso dessa tecnologia, tanto em relação à estrutura como, principalmente, em relação à orientação solar e inclinação do telhado.

REFERÊNCIAS

Bittencourt, R. M. & Silva, J. S. 1996. Avaliação das Reformas e Ampliações das Casas Populares da Cohab-Guaratinguetá, SP. *Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil* (2): 315-324. Florianópolis.

Brandão, D. Q. 2011. Disposições técnicas e diretrizes para projeto de habitações sociais evolutivas. *Ambiente Construído* 2(11): 73-96.

- Cabrita, A. R. 1995. O homem e a casa. Definição individual e social da qualidade de habitação. Lisboa: LNEC.
- Cosenza, C. A.; Lima, F. R.; Rheingantz, P. A. & Cosenza, H. 1997. Avaliação pós-ocupação. *Revista Arquitetura* 80: 22-23.
- Fonseca, J. F. & Rheingantz, P. A. 2009. O ambiente está adequado? Prosseguindo com a discussão. *Produção* 3(19): 502-513.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. *Censo Demográfico 2010*. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 abr. 2015.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD/IBGE). *Contagem Populacional*. Disponível em: < www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 abr. 2015.
- Instituto Jones Dos Santos Neves. 2009. Diagnóstico do Déficit Habitacional para os Municípios do estado do Espírito Santo – 2009. *Coordenação de Estudos Sociais*. Vitória. Disponível em:<www.ijns.es.gov.br>. Acesso em: 22 abr. 2015.
- John, V. M. & Prado, R. T. A. (cords.). 2010. *Boas práticas para habitação mais sustentável*. São Paulo: Páginas e Letras.
- John, V. M. 2000. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo: USP.
- Legendre, A. 2003. Social Sustainability and Changes in Environments Designed for Young Children: the case of the French day-care centers. *Hogrefe & Huber Publishers* (Ed.). People, Places, and Sustainability: 243-254.
- Ornstein, S. W. 1992. *Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído*. São Paulo.
- Prefeitura Municipal de Aracruz. *Memorial Descritivo e Justificativo: Loteamento dos Funcionários*. Aracruz, 2009.
- Preiser, W. F. E. et al. 1988. *Post-Occupancy Evaluation*, New York: Van Nostrand Reinhold.
- Reis, A. 2002. Aparência, Qualidade e Habitação Sustentável. *Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído* (9): 1105-1112. Foz do Iguaçu, PR.: ANTAC.
- Reis, A. T. L. 1995. Avaliação de alterações realizadas pelo usuário no Projeto Original da Habitação Popular. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído* 6 (1): 319-324. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: ANTAC.
- Rolnik, R.; Klintowitz, D.; Reis, J. & Bischof, R. 2010. *Como produzir moradia bem localizada com os recursos do Programa Minha Casa Minha Vida? Implementando os Instrumentos do Estatuto da Cidade*. Rio de Janeiro: Observatório das Metrópoles/IPPUR.
- Sadan, E. & Churchman, A. 1996. Global Sustainability and Community Empowerment. *Conference of The International Association For People-Environment Studies* 14 (1): 184-192. Stockholm: Royal Institute of Technology (KTH), The Department of Architecture and Townplanning,
- Silva, V. G. 2007. Indicadores de Sustentabilidade de Edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. *Ambiente Construído* 7(1): 47-66. Porto Alegre.
- SINDUSCON-MG; SENAI-MG. 2005. *Gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil*. Ed. (2). Belo Horizonte
- Szücs, C. P. 1998. Flexibilidade Aplicada ao Projeto da Habitação Social. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído* 7 (1): 621-628. Florianópolis: ANTAC.

Valoración de conjuntos de vivienda social en Cuenca (Ecuador) a través de indicadores de densificación sustentable

Ma. Augusta Hermida

Universidad de Cuenca, Departamento de investigación en Espacio y Población, Facultad de Arquitectura, Cuenca, Azuay, Ecuador

augusta.hermida@ucuenca.edu.ec

Natasha Cabrera

Universidad de Cuenca, Departamento de investigación en Espacio y Población, Facultad de Arquitectura, Cuenca, Azuay, Ecuador

natasha.cabrera@ucuenca.edu.ec

ABSTRACT: Social housing public policy in Ecuador, whose ultimate goal was to solve the housing shortage, prioritized the "quantity at low cost" and neglected the importance of minimum living conditions and comfort. This also happened in Cuenca, where social housing has submitted low quality and has been developed through various state programs. In this paper we present the evaluation of three social housing programs, built through these public bodies, between 1970 and 2014. For the evaluation, we propose the application of indicators summarized in a *Sustainable Urban Densification Index*, which considers representative indicators of occupancy, use, urban green and socio-spatial integration of different urban morphologies. The aim of the work focuses on comparative analysis of the three projects and in the validation of the mentioned index.

Keywords: sustainable city, indicators, social housing, sustainable densification.

RESUMEN: Las políticas públicas de vivienda social en el Ecuador, cuyo objetivo final era compensar el déficit de vivienda, han priorizado la "cantidad a bajo costo" y han dejado de lado la importancia de las condiciones mínimas de habitabilidad y confort. Esto también ocurrió en Cuenca, en donde la vivienda social ha presentado bajas calidades y ha estado desarrollada a través de diferentes programas estatales. En este trabajo se propone la evaluación de tres conjuntos de vivienda social construidos a través de estos organismos públicos entre los años 1970 y 2014. Para la evaluación se propone la aplicación de indicadores resumidos en un *Índice de Densificación Urbana Sustentable*, que considera indicadores representativos sobre las condiciones de ocupación, de uso, de verde urbano y de integración socio-espacial de distintos tejidos. El objetivo del trabajo se centra en analizar comparativamente los tres proyectos y a su vez validar el mencionado Índice.

Palabras clave: ciudad sustentable, indicadores, vivienda social, densificación sustentable.

1 POLÍTICAS PÚBLICAS DE VIVIENDA SOCIAL EN EL ECUADOR

Las políticas públicas de vivienda social en el Ecuador se han desarrollado bajo objetivos difusos y ambiguos. En muchos casos se ha considerado a la vivienda social como una estrategia partidista más que una solución a una necesidad básica que reconozca el derecho a la ciudad y a la vivienda digna. Los intentos por compensar el déficit de vivienda han priorizado la "cantidad a bajo costo" y han dejado de lado la importancia de las condiciones mínimas de habitabilidad y confort. Según Acosta (2009), las políticas públicas de vivienda responden en ocasiones a la demanda de la sociedad civil, sin embargo en el país esto se ha dado de manera esporádica y coyuntural.

Carrión (2003), diferencia 3 momentos en la generación de políticas habitacionales en el Ecuador: los años 20 cuando el marco institucional es inconexo y las políticas nacen desde lo municipal y la seguridad social; los años 60 cuando la intervención del Estado es directa y se crea la Junta Nacional de Vivienda (JNV); y los años 90 cuando el estado cambia su rol de ejecutor a supervisor y se crea el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). A estos momentos se suma un cuarto en el que el acceso a vivienda digna, a servicios básicos y a una mejor calidad de vida se reconocen como derechos ciudadanos en la Constitución del 2008, cuando bajo el lema “Revolución Urbana por el Buen Vivir”, el MIDUVI ejerce la rectoría, regulación y control del sector hábitat y vivienda en el ámbito nacional, a través de leyes, normas, políticas, planes, programas y proyectos de hábitat, vivienda, agua potable y saneamiento (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2008).

Si bien la “Revolución Urbana por el Buen Vivir” intenta abordar el fenómeno habitacional desde una perspectiva más amplia, el MIDUVI sigue midiendo la efectividad de sus políticas, programas y proyectos en función del número de viviendas entregadas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2012), postergando reflexiones fundamentales como la estrecha relación entre vivienda y ciudad. Una valoración así de básica de las políticas habitacionales no permite evolucionar en su formulación (Meny & Thoenig, 1992).

A nivel local el recuento es más breve. Desde los años 70 fue la Junta Nacional de la Vivienda quien tuvo a su cargo la formulación y ejecución de proyectos de vivienda de interés social; posteriormente, desde su fundación en el año 2001, la Empresa Pública Municipal de Urbanización y Vivienda de Cuenca (EMUVI EP) fue la encargada de facilitar el acceso a la vivienda y al suelo a la población vulnerable de escasos recursos económicos o en situaciones de riesgo del cantón (I. Consejo Cantonal de Cuenca, 2001). Sin embargo, los proyectos de interés social ejecutados por esta entidad dan cuenta de la precariedad e insolvencia de los sistemas de control en la calidad de materiales y sistemas constructivos empleados en las viviendas; así como la total ausencia de reflexión respecto a la relación de la vivienda con el entorno urbano y el habitar.

Esta investigación busca aportar en el debate sobre la reformulación de las políticas habitacionales en el Ecuador mediante una primera evaluación de la sustentabilidad urbana de los proyectos de vivienda social realizados en Cuenca, entendiendo que la necesidad de vivienda urbana no se cubre únicamente con la dotación de una unidad habitacional, sino que es imprescindible que el barrio en que ésta se inserta cuente con las condiciones básicas para una calidad de vida adecuada que permita la integración de sus habitantes al tejido físico y social del resto de la ciudad (Greene & Mora, 2014).

2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL EN CUENCA

En Cuenca se identificaron 25 proyectos de vivienda social construidos desde 1970 hasta el 2014, que fueron desarrollados por: la Junta Nacional de la Vivienda (JNV) en coordinación con el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI); la Empresa Pública Municipal de Urbanización y Vivienda (EMUVI EP), tanto de manera independiente como en relación con empresas privadas; y el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) (Tabla 1). Es interesante notar (Figura 1) que de cada uno de los 25 proyectos, de acuerdo a la fecha en la que fueron construidos, siempre estuvieron emplazados en la periferia de la ciudad, en aquellos sectores que, en su momento, eran parte del borde de la zona urbana.

Para el análisis y la evaluación se eligieron 3 proyectos: Las Retamas, Los Cerezos y Vista al Río, cada uno ejecutado en etapas urbanas diferentes y por distintos promotores. Los proyectos seleccionados corresponden a tejidos urbanos diferentes y se localizan en distintas zonas de la ciudad de Cuenca. Las Retamas, al ser el más antiguo, se encuentra en un sector popular ya consolidado e integrado a las dinámicas urbanas, mientras que Los Cerezos y Vista al Río se asientan sobre sectores en proceso de consolidación. Para permitir un análisis comparativo se

trabajó en cada proyecto con la misma superficie: 9 celdas de 200m (Figura 2). La dimensión de la celda se fijó mediante un estudio de sensibilidad donde se ensayaron varias medidas.

Tabla 1. Proyectos de vivienda social construidos en Cuenca entre 1970 y 2014.

Promotores		
Junta Nacional de la Vivienda (JNV)	Empresa Pública Municipal de Urbanización y Vivienda (EMUVI)	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS)
01. Ciudadela Católica, 1973	13. Los Cerezos, 2004	24. Multifamiliares del IESS, 1979
02. Totoracocha, 1974	14. Los Alisos, 2005	25. Vista al Río, 2014 (IESS-EMUVI EP)
03. Corazón de Jesús, 1976	15. Los Nogales, 2005	
04. Paraíso, 1982	16. Huizhil, 2009	
05. Las Retamas, 1984	17. Jardines del Valle, 2010	
06. Tomebamba, 1984	18. Bemaní, 2011	
07. Huayna-Cápac, 1985	19. Portal del Río, 2012	
08. Bosque de Monay, 1986	20. Capulispamba, 2013	
09. Eucaliptos, 1987	21. La Campiña, 2013	
10. Trigales, 1987	22. Lagunas del Sol, 2013	
11. Patamarca, 1989	23. Miraflores, 2014	
12. Tarqui, 1994		



Figura 1. Proyectos de vivienda social construidos en Cuenca entre 1970 y 2014.

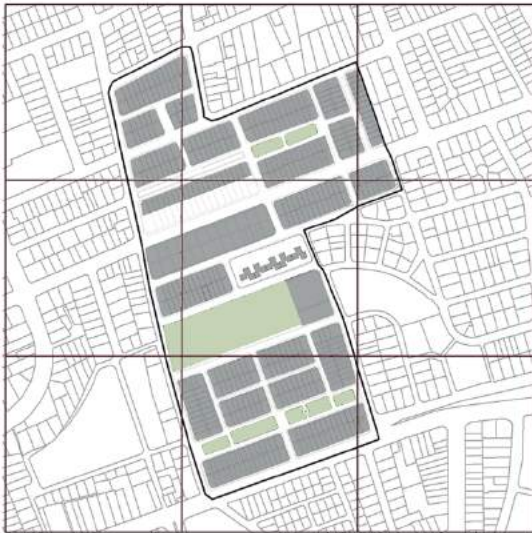
En 1984 la Junta Nacional de la Vivienda (JNV) dentro del programa de vivienda urbana en Cuenca, realizó los proyectos Retamas I, II, III dirigidos a satisfacer la necesidad habitacional de los grupos de menores ingresos, en una zona para ese entonces de expansión de la ciudad. Se construyeron 428 viviendas unifamiliares y 3 bloques de vivienda multifamiliar con 75 departamentos. El área de cada unidad habitacional bordeaba los 36m², alcanzando una densidad neta de 427hab/ha. Hoy en día Las Retamas es parte de uno de los barrios populares de la ciudad y se encuentra a 2,6km del parque central de la ciudad.

El conjunto Los Cerezos, se construyó en 2004 a través de la Empresa Pública Municipal de Urbanización y Vivienda (EMUVI) y estuvo dirigido a familias con un ingreso medio-bajo e integradas por 4 ó 5 miembros. Aunque el proyecto está dentro del área urbana y cuenta con infraestructura básica (agua, luz, alcantarillado), se encuentra aislado de las redes de transporte público, área verde y equipamientos. En su momento se entregaron 75 viviendas unifamiliares,

repartidas en 3 tipologías que iban desde 40 hasta 120m², alcanzando una densidad neta de 129viv/ha. Los Cerezos no ha logrado integrarse ni a la trama ni a la dinámica urbana y se encuentra sobre el borde del área urbana a 4,3km del parque central de la ciudad.

Vista al Río, realizado entre la Empresa Pública Municipal de Urbanización y Vivienda (EMUVI) y el Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), mediante fideicomiso, tuvo la finalidad de dotar de vivienda a grupos con un ingreso medio-alto. El proyecto se asienta en una zona junto al río Tomebamba con una importante calidad visual e integrada al sistema de ciclovías planificado. El proyecto se divide en 3 etapas: la primera (136 viviendas unifamiliares) concluyó en 2012, la segunda y tercera (bloques de multifamiliares con 141 departamentos en total) se encuentran en construcción a la fecha (marzo 2015). La densidad neta prevista es de 180 viv/ha. Vista al Río se planificó para integrarse a la trama vial y de espacios verdes urbanos, sin embargo, se ha convertido en un condominio cerrado donde el uso de sus espacios públicos es restringido. El proyecto se ubica a 4km del parque central de la ciudad.

Las Retamas, 1984



Los Cerezos, 2004



Vista al Río, 2014



Ubicación en el área urbana de Cuenca



- Proyectos de vivienda de interés social analizados
- Límite predial de la zona urbana de Cuenca
- Límite predial de la zona urbana de Cuenca
- Área verde
- Red hídrica de la zona urbana de Cuenca



Figura 2. Tejido urbano analizado. Proyectos de vivienda social Las Retamas, Los Cerezos y Vista al Río.

3 EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL

3.1 Medición y representación de la sustentabilidad urbana

La metodología para la valoración de los 3 proyectos de vivienda seleccionados se resume en las siguientes fases: 1) Definición conceptual del modelo de medición; 2) Construcción del Índice; 3) Recopilación de información primaria y secundaria; 4) Aplicación del modelo de evaluación y obtención de mapas (Hermida et al., 2015).

3.2 Definición conceptual del modelo de medición

Para obtener una lectura integral del tejido urbano se propone la construcción de un índice sintético que resuma la información más significativa en 4 ejes: compacidad, diversidad de usos, verde urbano e integración socio-espacial. Considerando además la importancia de la dimensión espacial se plantea una metodología donde los resultados se puedan visualizar en el territorio a través de una malla cuadrangular, donde cada celda mida 200m. El manejo de esta malla facilita la comparación entre diversos tejidos urbanos (Openshaw, 1981).

3.3 Construcción del Índice

En la elaboración del *Índice de Densificación Urbana Sustentable* se trabaja con 8 indicadores que recogen variables representativas de cada uno de los 4 ejes señalados (Rueda, 2008) y se agrupan a su vez en 4 subíndices (Tabla 2). Cada indicador valora un aspecto de la sustentabilidad del tejido urbano y sus resultados se normalizan a valores entre 0 y 1, lo que permite hacer comparaciones entre celdas y operaciones entre indicadores. Para el cálculo del índice se promedian los resultados obtenidos en cada subíndice.

Tabla 2. Indicadores para el cálculo del Índice de Densificación Urbana Sustentable.

Indicador	¿Qué mide?	Valor óptimo
SUBÍNDICE DE VIVIENDA Y DIVERSIDAD DE USOS		
<i>Densidad urbana de vivienda</i>	La densidad neta de vivienda por hectárea	>40viv/ha
<i>Complejidad urbana</i>	La cantidad y diversidad de usos terciarios	>4
SUBÍNDICE DE ACCESIBILIDAD PEATONAL		
<i>Reparto del viario peatonal</i>	El porcentaje de viario destinado al ciudadano a pie	>75%
<i>Proximidad a transporte alternativo</i>	La cobertura simultánea de transporte público, 100% ciclovías y senderos peatonales	100%
SUBÍNDICE DE VERDE URBANO		
<i>Superficie verde por habitante</i>	Los metros cuadrados de área verde pública por cada habitante	>15m ² /hab
<i>Proximidad a áreas verdes</i>	La cobertura simultánea de áreas verdes a tres escalas: barrial, zonal y urbana	100%
SUBÍNDICE DE INTEGRACIÓN SOCIO-ESPACIAL		
<i>Porcentaje de viviendas en Q4</i>	El porcentaje de viviendas con carencias referidas a las condiciones de vida de sus habitantes	40%
<i>Segregación espacial</i>	La diversidad de tipologías de vivienda en términos de cohesión social	0,76-1,25

3.4 Recopilación de información primaria y secundaria

Se revisa la información disponible, tanto censal como catastral, y se levantan los datos faltantes, que para este caso corresponden a usos y a superficie verde pública (Tabla 3). Se ingresan los datos censales, catastrales y levantados en campo a la base alfanumérica generada para su posterior vinculación a las entidades gráficas en SIG.

Tabla 3. Información requerida por indicador.

Indicador	Información requerida	Fuente
SUBÍNDICE DE VIVIENDA Y DIVERSIDAD DE USOS		
<i>Densidad urbana de vivienda</i>	Número de viviendas por manzana	Censo 2010
<i>Complejidad urbana</i>	Actividades terciarias por predio clasificadas por tipo de uso	Levantamiento
SUBÍNDICE DE ACCESIBILIDAD PEATONAL		
<i>Reparto del viario peatonal</i>	Superficie del viario destinada al ciudadano a pie	Catastro y levantamiento
<i>Proximidad a transporte alternativo</i>	Redes de transporte alternativo al automóvil	Catastro
SUBÍNDICE DE VERDE URBANO		
<i>Superficie verde por habitante</i>	Superficie pública verde	Catastro y levantamiento
<i>Proximidad a áreas verdes</i>	Superficie pública verde clasificada por tipo y tamaño	Catastro y levantamiento
SUBÍNDICE DE INTEGRACIÓN SOCIO-ESPACIAL		
<i>Porcentaje de viviendas en Q4</i>	Datos sobre condiciones de vida por vivienda	Censo 2010
<i>Segregación espacial</i>	Datos sobre condiciones de vida por vivienda	Censo 2010

3.5 Aplicación del modelo de evaluación y obtención de mapas

Ingresados los datos en la base alfanumérica, éstos se vinculan a las entidades gráficas en GIS y se aplica el modelo de evaluación automatizado. La automatización del cálculo de cada indicador toma como datos de entrada la malla de análisis, las capas de datos geográficos y las tablas alfanuméricas necesarias, con estos insumos se aplican los geoprosesos requeridos y se calculan los valores del indicador referenciados a cada celda de la malla para finalmente obtener el mapa resultado. Como ejemplo se muestran los resultados por indicador de Las Retamas (Figura 3). El cálculo del *Índice de Densificación Urbana Sustentable* también se ha automatizado y depende de la valoración de cada indicador.

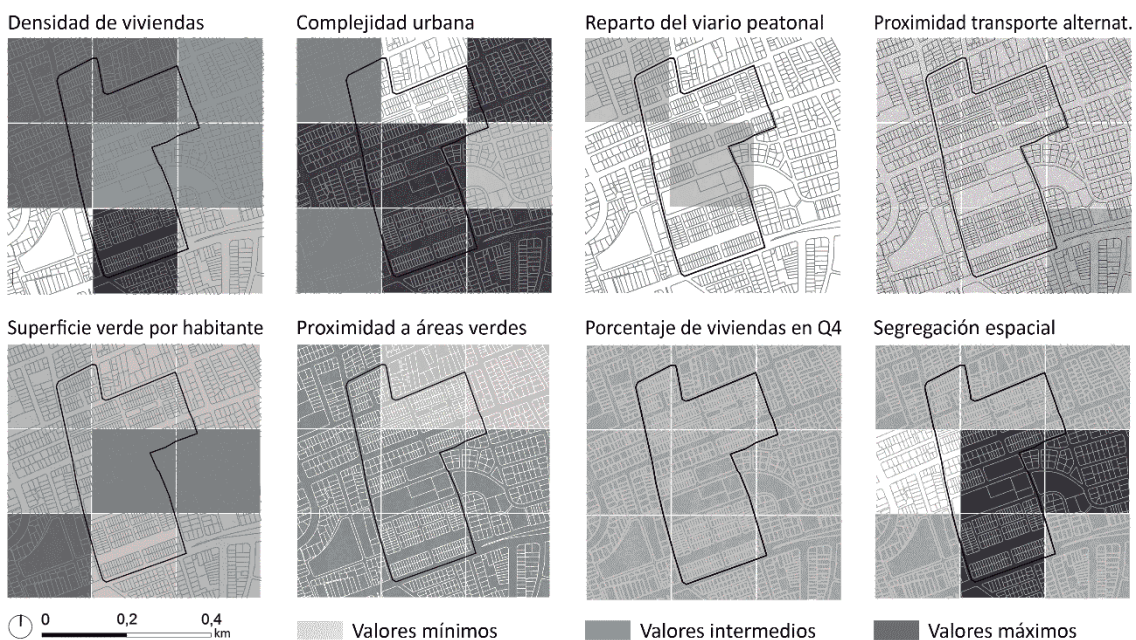


Figura 3. Mapas por indicador, resultado de la aplicación del modelo de evaluación.

4 RESULTADOS

En general, la calificación del tejido analizado (9 celdas) en los 3 proyectos muestra valores deficientes. En los 8 indicadores mapeados un elevado porcentaje de celdas se encuentran por debajo del valor óptimo determinado, en espacial en Los Cerezos y Vista al Río (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados obtenidos por indicador.

Indicador	Valor óptimo	Porcentaje de celdas con valor óptimo		
		Las Retamas	Los Cerezos	Vista al Río
SUBÍNDICE DE VIVIENDA Y DIVERSIDAD DE USOS				
<i>Densidad urbana de vivienda</i>	>40viv/ha	44%	0%	0%
<i>Complejidad urbana</i>	>4	56%	0%	0%
SUBÍNDICE DE ACCESIBILIDAD PEATONAL				
<i>Reparto del viario peatonal</i>	>75%	0%	0%	0%
<i>Proximidad a transporte alternativo</i>	100%	0%	0%	89%
SUBÍNDICE DE VERDE URBANO				
<i>Superficie verde por habitante</i>	>15m ² /hab	11%	0%	0%
<i>Proximidad a áreas verdes</i>	100%	78%	0%	11%
SUBÍNDICE DE INTEGRACIÓN SOCIO-ESPACIAL				
<i>Porcentaje de viviendas en Q4</i>	40%	0%	0%	11%
<i>Segregación espacial</i>	0,76-1,25	56%	44%	11%

Las Retamas presenta mejores valores en la mitad de los indicadores, presumiblemente porque el proyecto se encuentra en una zona ya consolidada de la ciudad, mientras los otros dos proyectos se ubican en zonas en proceso de consolidación, con menor diversidad de usos, densidad, proximidad a redes de transporte alternativo, etc.

Los Cerezos es el proyecto con las valoraciones más bajas, esto podría deberse a que el área urbana termina en esta zona, no existe tratamiento de márgenes de protección de la red hídrica en este sector, no se integra a la red de transporte alternativo y es una zona con fuertes pendientes.

El proyecto Vista al Río, al ser un tejido en consolidación junto a las márgenes de protección del río principal de la ciudad presenta una mejor valoración por la presencia de ciclovías y senderos peatonales a las orillas del río.

De manera general se observa que los tejidos menos consolidados presentan calificaciones más bajas y que la presencia de márgenes de protección bien tratadas contribuye en indicadores como los de *Proximidad a Transporte Alternativo*, *Superficie Verde por Habitante* y *Proximidad a Áreas Verdes*.

Los resultados obtenidos en *Reparto del Viario Peatonal* en los 3 proyectos, indican que la ciudad de Cuenca presenta un fuerte déficit de espacio público destinado al ciudadano a pie.

4.1 Índice de Densificación Urbana Sustentable

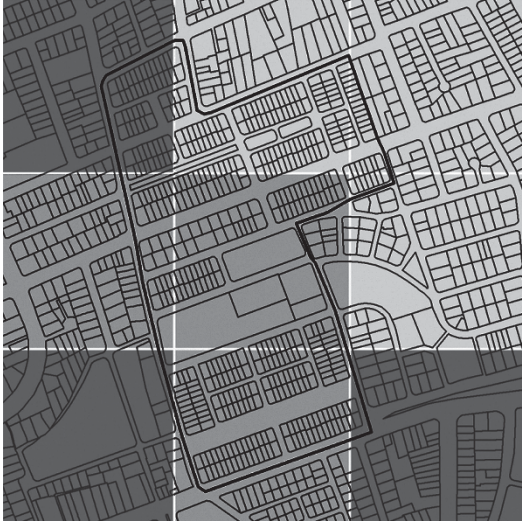
Con los resultados por indicador se obtiene el índice promediado cuyo valor óptimo es 1 y se representan estos valores en el territorio a través de la malla cuadrangular. La valoración en este caso muestra que ninguna de las celdas de los 3 proyectos supera la calificación de 0,7. Sin embargo, sí existen diferencias significativas entre los tres tejidos analizados (Figura 4).

Las Retamas tiene los valores más altos entre los 3 proyectos analizados, presenta valores entre 0,41 y 0,7. No obstante estos siguen siendo valores por debajo del óptimo. La diversidad de usos y usuarios así como la mayor densidad de viviendas y de verde público estarían ayudando en la calificación de esta zona caracterizada por su vocación popular.

Los Cerezos presenta la calificación más baja, en donde ninguna de las celdas supera el 0,4. Esta valoración es preocupante y demanda un mayor estudio y planteamiento de medidas para mejorar la valoración en determinados indicadores en este tipo de tejidos que son bastante frecuentes en la zona de borde del área urbana de Cuenca.

Vista al Río presenta una calificación intermedia, sin embargo, los resultados siguen siendo bastante bajos con valores entre 0,31 y 0,60. La ubicación de este proyecto junto al río y en una zona plana que se integra a distintas redes urbanas (transporte alternativo, infraestructura verde, equipamientos mayores) aporta en la calificación. Sin embargo, esta misma ubicación encarece el costo del suelo limitando la posibilidad de dirigir el proyecto a familias de menores ingresos.

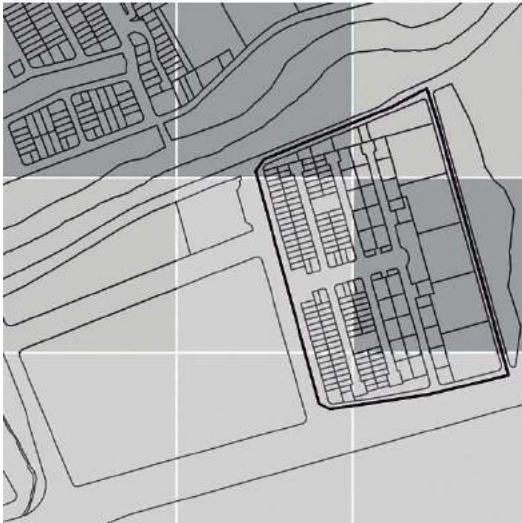
Las Retamas, 1984



Los Cerezos, 2004



Vista al Río, 2014



Ubicación en el área urbana de Cuenca

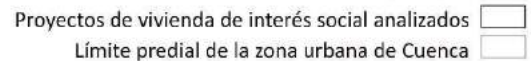
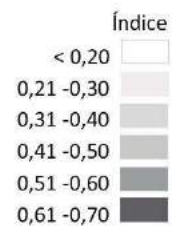


Figura 4. Índice de Densificación Urbana Sustentable.

5 CONCLUSIONES

Existen dos afirmaciones significativas producto de este estudio, la primera se refiere a la deficiente calificación de los 3 proyectos analizados, aunque existan variaciones entre ellos, este hecho resalta la necesidad de repensar la manera en cómo se construye ciudad a través de los proyectos de vivienda promovidos tanto por el gobierno central como por el gobierno local. La segunda afirmación se refiere al efecto de borde, es decir, que a medida que el tejido se encuentra en los límites de lo urbano, aquello que se conoce como periurbano, la calificación disminuye debido a la falta de planificación en estas zonas, que se han ido conformando e integrando al área urbana antes de ser planificadas.

Es importante ampliar el análisis de este índice a toda la ciudad, o al menos a los tejidos más representativos para obtener una primera evaluación que sirva en la generación de políticas de crecimiento urbano sustentable. El mapeo del *Índice de Densificación Urbana Sustentable* en toda la ciudad permitiría elegir los sectores más adecuados para proyectos habitacionales y ayudaría a la formulación de políticas y programas habitacionales en Cuenca e inclusive en sus cabeceras parroquiales. Es preocupante que pese al efecto borde se sigan construyendo proyectos de vivienda tanto gubernamentales como privados en los límites del área urbana e inclusive en la zona rural.

Sobre la metodología, si bien el índice resulta sumamente útil e ilustrativo, es necesario mejorar el indicador de *Complejidad Urbana* debido a la falta de datos actualizados y completos de los usos y actividades. Este hecho complica la obtención del índice pues se requiere un levantamiento predio a predio que implica un esfuerzo significativo. Este ha sido el principal problema detectado, y que alargó el proceso de mapeo. Es importante revisar los resultados individuales de los indicadores previo a la obtención del índice para tener una idea clara de cuáles son los principales problemas detectados y cuáles las potencialidades de cada tejido. Otro aspecto fundamental es la necesidad de ponderar el peso de los indicadores pues existen ciertas variables que parecen ser más representativas en términos de la sustentabilidad local.

Respecto a las políticas públicas, consideramos que fueron usadas como una herramienta clientelar donde el objetivo de compensación del déficit de vivienda descartaba la priorización de la planificación urbana. Sin embargo, en el período 2011–2012, a través del MIDUVI, se impulsa una gestión pública y participativa, articulada a los diferentes actores del Sistema Nacional de Hábitat, Asentamientos Humanos y Vivienda. A pesar del intento, los resultados positivos siguen siendo parciales pues la dispersión de la ciudad es una consecuencia inmediata e innegable. Cuando decimos que se trata no tanto de resolver la vivienda de un pequeño colectivo, sino la de todos, se comprende inmediatamente que, tan importante como la vivienda es la relación que ha de tener con la ciudad y las relaciones sociales que en ella se desarrollan. Evidentemente, las políticas de vivienda gubernamentales desarrolladas hasta hoy tienen un enfoque tecnocrático que excluye la participación ciudadana y el planteamiento mismo del problema desde sus consumidores. Las acciones participativas han sido valoradas por agentes no gubernamentales enfocando la colaboración no únicamente de los implicados en la necesidad de vivienda, sino a la sociedad en general a través de la promoción del voluntariado. Las políticas de vivienda deberían actuar a largo plazo para lo cual deben existir métodos de evaluación continua, al margen de la práctica ideológica gubernamental y sus ofertas de turno. Una política sin evaluación ciertamente ha generado mayor inequidad a pesar de que sus propósitos fueron distintos y más bien opuestos.

REFERENCIAS

Acosta, M. 2009. *Políticas de Vivienda en Ecuador desde la década de los setenta, análisis, balance y aprendizajes*. Quito: FLACSO.

Carrión, F. 2003. El problema de la vivienda en el Ecuador. *Diario Hoy*.

Green, M. & Mora, R. 2014. De la casa al barrio. *Revista ARQ* 86: 78-87.

Hermida, A., Orellana, O., Cabrera, C., Osorio, P. & Calle, C. 2015. *La ciudad es esto. Medición y representación espacial para ciudades compactas y sustentables*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

I. Consejo Cantonal de Cuenca 2001. *Ordenanza Municipal #153*. Cuenca: I. Municipalidad de Cuenca.

Meny, Y. & Thoenig J. 1992. *Las Políticas Públicas*. Barcelona: Ariel, S.A.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2008. *Revista Informativa N.1*. Quito: MIDUVI

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda 2012. *Informe de Gestión 2011-2012*. Quito: MIDUVI

Openshaw, S. 1981. The modifiable areal unit problem. *Quantitative geography a British view* 38:60-70.

Rueda, S. (ed.) 2008. *Plan Especial de Indicadores de Sustentabilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla*. Barcelona: Gerencia de Urbanismo. Ayuntamiento de Sevilla.

CHAPTER 16 | CAPÍTULO 16 | CAPÍTULO 16

Spatial patterns of urban ecosystems

Padrões espaciais e ecossistemas urbanos

Patrones espaciales y los ecosistemas urbanos



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Humanização e resiliência: a capacidade adaptativa para o habitar urbano

Raquel Regina Martini Paula Barros

Universidade Metodista de Piracicaba-UNIMEP, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo-FEAU, Santa Bárbara D'Oeste, SP, Brasil

rpaulabarros@gmail.com

ABSTRACT: The design of urban housing can perform a transforming role in coping with the challenge of reconciling the built and the natural environment. However, the absence of quality in a considerable portion of Brazilian housing production is widely recognized. That production does not reveal the broad range of qualitative aspects to be considered, being mostly guided by market values. This paper aims to potentialize the content of humanization studies in housing towards a more sensitive relation to place and the environmental services, human well-being and the quality of life in cities. It proposes a design process framework that puts light on the humanizing content as related to the environment's physical and sociocultural capacity of transformation. The use of such a framework can endow the design process of a transformative adaptive capacity in order to support the desired scenario of resilient cities.

Keywords: collective housing, humanization, adaptive capacity, resilient cities.

RESUMO: O projeto do habitar urbano pode desempenhar papel transformador no enfrentamento do desafio da reconciliação do ambiente construído com o natural. Todavia, desde longa data se reconhece a ausência de qualidade de boa parte da produção habitacional no Brasil, especialmente (mas não somente) da habitação social, produção que não revela preocupação com a necessária abrangência de aspectos qualitativos a contemplar, deixando-se guiar pelo mercado. Este trabalho almeja potencializar o conteúdo de estudos na área da humanização do habitar com vistas a uma relação mais sensível com o lugar e os serviços ambientais, o bem-estar das pessoas e a qualidade de vida nas cidades, propondo Instrumental de apoio à produção projetual que compatibiliza o conteúdo humanizador relacionado à capacidade física e sociocultural de transformação do ambiente habitacional urbano. A adoção de tal Instrumental pode dotar o seu processo de projeto de uma capacidade adaptativa transformadora, como suporte para o almejado cenário das cidades resilientes.

Palavras-chave: habitação coletiva, humanização, capacidade adaptativa, cidades resilientes.

1 INTRODUÇÃO

A complexidade da questão habitacional no Brasil é amplamente reconhecida e requer um enfoque mais direto sobre as cidades e, sobretudo as metrópoles, onde processos desarticulados de ocupação espacializam a desigualdade socioeconômica e associam-se a enormes desafios ambientais e humanos (SAMPAIO e PEREIRA, 2003; GROSTEIN, 2001). Todavia, considera-se que as ferramentas de gestão do urbano, tais como os instrumentos previstos no Estatuto da Cidade, muito embora essenciais, não garantem, por si só, a qualidade do projeto.

O papel transformador que o projeto do habitar urbano pode vir a desempenhar depende de um processo que concilie uma variedade de fatores com vistas à promoção do bem-estar físico, social e psíquico das pessoas e da coletividade em um habitat sustentável e, nesse sentido, se fazem relevantes as discussões sobre como intervir nessa realidade. Este trabalho apresenta desdobramentos a partir de resultados de pesquisa que identifica desafios para o projeto de territórios habitacionais urbanos, compatibiliza abordagens teórico-conceituais de potencial humanizador de caráter transdisciplinar para o ambiente habitacional e elabora Instrumental de

apoio para o seu projeto (BARROS, 2012). Tais desafios foram identificados a partir de uma perspectiva local – paulista – que, todavia, se julga pertinente também a outros territórios da realidade brasileira, e são sinteticamente elencados a seguir:

- Tendência degenerativa de ocupação e uso territorial, comprometedor da integridade dos processos naturais que dão suporte à vida;
- Segregação socioespacial, crescente individualismo e sensação de intranquilidade, falta de vivacidade urbana e perda de identificação das pessoas com o ambiente em que moram;
- Não viabilização de projetos participativos nas iniciativas do setor público para Habitação de Interesse Social-HIS;
- Fórmulas repetitivas de implantação urbanística e da arquitetura dos conjuntos habitacionais altamente empobrecedoras da cidade e da vida de seus moradores;
- Não viabilização de espaços flexíveis e ou ampliáveis de qualidade nas iniciativas do setor público para HIS.

A qualidade de vida de um indivíduo ou comunidade nas cidades depende do fluxo dos serviços ambientais (MILLENNIUM, 2005) e, ao mesmo tempo, do entendimento dos problemas ambientais para além do entorno físico, incorporando as pessoas, sua história e realidade de condições. Ressalta-se aquilo que emana das relações sociais possibilitadas pelos espaços, como as distintas percepções e expectativas de desempenho social (FADDA e JIRÓN, 2001).

Lerup (1977) valoriza as ações das pessoas no ambiente construído, que considera sempre inacabado. Processos evolutivos, adaptativos e participativos na habitação compõem uma variedade de enfoques acerca de sua capacidade de transformação, sociocultural e física, nas diferentes escalas, da arquitetura à cidade (SALINGAROS, 2010; COELHO e CABRITA, 2009; SCHNEIDER e TILL, 2007; PELLI, 2006; HABRAKEN, 1999; HAMDÍ, 1991; SANTOS e VOGEL, 1985). A habilidade de resposta à dinâmica de usos e às necessidades e expectativas dos moradores atuais e futuros é de vital importância, sobretudo para as camadas menos favorecidas da população, acompanhada da mescla de usos e de pessoas e em localizações que proporcionem o direito à cidade, de mecanismos de suporte à geração de renda, entre outras. No sentido socioecológico das cidades, Du Plessis (2012) considera a aplicação do conceito de resiliência como habilidade de adaptar-se a mudanças, o que, por sua vez, depende da diversidade de usos e respostas, a exemplo do funcionamento dos ecossistemas. Diferentes estudos salientam a importância da diversidade para potencializar uma abrangência de aspectos qualitativos, incluindo o convívio e a vivacidade urbana, a acessibilidade, o apoio às crianças e idosos, o senso de segurança, a habilidade de resposta à dinâmica de usos e às necessidades e expectativas dos moradores atuais e futuros (COELHO e CABRITA, 2009; TALLEN, 2008; JACOBS, 1961).

Padrões espaciais que se relacionam à capacidade física e sociocultural de transformação do ambiente construído em suas variadas escalas expressam o conteúdo dos estudos das relações ambiente-comportamento ou da humanização. Afastando-se do caráter prescritivo associado ao termo “padrão” na língua portuguesa e na arquitetura brasileira, sugere-se sua interpretação como parâmetro de projeto cuja variação de valor contribui e orienta a solução de um problema no todo sem lhe modificar a natureza ou implicar necessariamente em resultados formais semelhantes. Em Alexander et al. (2013), os padrões capturam uma propriedade invariante comum aos lugares apreciados por seus usuários. O seu conteúdo e possíveis linguagens – as redes de conexões entre eles – demonstram uma conexão direta à vivência humana no ambiente no que diz respeito a uma relação mais sensível com o lugar e os serviços ambientais, a valorização das pessoas, seu bem-estar e qualidade de vida vinculada a cidades mais vivas e na diversidade socioambiental. Tais padrões têm inspirado trabalhos de diferentes enfoques (BARROS; KOWALTOWSKI, 2013; BARROS, 2012; 2011; CRISTALDO, 2011; SALINGAROS, 2010; MOEHLECKE, 2010; SATLLER, 2007). Eles compartilham do pensamento sistêmico complexo em outros desenvolvimentos em pesquisa e podem constituir ferramentas que auxiliem na compreensão dos ambientes urbanos como sistemas ecológicos. Mais especificamente, o

trabalho almeja compatibilizar o conteúdo humanizador que pode dotar o processo de projeto do habitar urbano de uma capacidade adaptativa transformadora, como suporte aos serviços ambientais e à equidade social.

2 METODOLOGIA

A partir da identificação de desafios para o projeto de territórios habitacionais urbanos, buscou-se por abordagens teórico-conceituais de caráter transdisciplinar que pudessem fomentar derivações conceituais e parâmetros de projeto de potencial humanizador, com o intuito de elaborar um Instrumental de apoio à produção projetual da habitação coletiva na cidade.

A pesquisa teve por objeto uma produção local de projetos premiados, abrangendo os concursos públicos no Estado de São Paulo entre os anos de 1990 e 2010 (BARROS, 2012). As abordagens teórico-conceituais fomentaram derivações conceituais e parâmetros de projeto que foram ilustrados por meio da identificação de projetos construídos que exemplificam os processos relacionados à humanização e sustentabilidade. Tais projetos exemplares evidenciaram alguns dos enfoques e suscitaram outros conceitos relevantes, estabelecendo relação dinâmica com as abordagens investigadas e refletindo na proposta. Os concursos e os projetos da amostra local premiada foram avaliados na perspectiva dos conceitos e parâmetros elaborados a partir daquelas abordagens e tendo por baliza os projetos construídos exemplares, dentre os quais se destacam o São Francisco Global em São Paulo (BARROS; PINA, 2013), o Projeto Experimental de Vivienda-PREVI em Lima no Peru (BARROS; PINA, 2012), o Grøn By em Slagelse Kommune na Dinamarca e o Christie Walk em Adelaide na Austrália (BARROS; PINA, 2011).

3 INSTRUMENTAL DE APOIO À PRODUÇÃO PROJETUAL

A proposta de Instrumental constitui-se de conceitos humanizadores e de sustentabilidade socioambiental interdependentes. Os conceitos possuem desdobramentos para as escalas da cidade, vizinhança, edificação e moradia, que constituem as derivações conceituais e os parâmetros de projeto – compreendidos como elementos que relacionam variáveis num determinado contexto socioambiental – ilustrados por infográficos.

3.1 Harmonizar-se ao lugar e aprimorá-lo

Harmonizar-se ao lugar e aprimorá-lo significa estreitar a relação entre o ambiente construído e natural para reverter a atual tendência degenerativa de ocupação e uso territorial. Tal reconciliação requer o abrigo da biodiversidade e oportunidades para a vida em contínua adaptação.

3.1.1 Contribuir p/ cidades compactas. Articular localização, porte das intervenções, densidade populacional e espacial, capacidade de suporte ambiental e mescla de usos, priorizando transporte coletivo e energia humana (caminhar e pedalar). Integrar oportunidades para agricultura urbana:

- a) Equilibrar usos considerando a conjugação moradia-trabalho e demais usos: proximidade a redes de equipamentos, serviços, comércio e lazer;
- b) Estacionamentos grandes destroem escala humana. Criar estacionamentos pequenos e envoltos por paredes de vegetação, cercas, desníveis ou árvores, de modo que não dominem a paisagem. Distanciar estacionamentos em no mínimo 30m;
- c) Processo de caminhar envolve escolha de destinos (marcos visíveis) em constante mudança. Posicionar marcos visíveis em locais de interesse natural para depois conectá-los formando caminhos. A forma destes pode ser diferenciada ao redor dos destinos (distância recomendada máxima de 150m);
- d) Dependendo da escala e densidade do empreendimento e respeitando as áreas de preservação ambiental, integrar oportunidades para o cultivo local de alimentos,

contribuindo para autonomia alimentar. Reservar terra para cultivo em local ensolarado e estratégico aos moradores do conjunto, prevendo local para armazenar ferramentas de uso;

- e) Arranjar grupo de árvores frutíferas ao longo de caminhos, ruas e praças, perto de pessoas que possam usufruir e tomar conta delas.

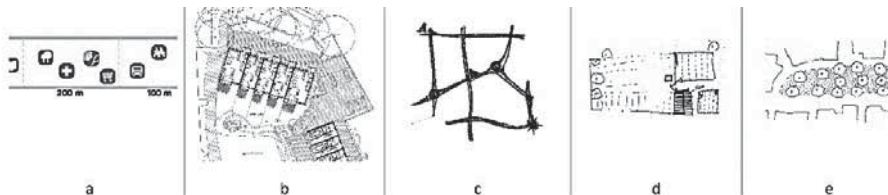


Figura 1. Ilustração dos parâmetros do ITEM 3.1.1. Fonte dos croquis: (a) Montaner & Muxi (2006, p.72); (b) Griffiths (2007, p.17); (c) Arquivo pessoal; (d), (e) Alexander et al. (2013, p.821, 796).

3.1.2 Respeitar natureza do sítio a fim de aprimorá-lo. Não invadir áreas confortáveis e saudáveis e sim construir nas áreas de condições mais adversas. Considerar características locais (solo; topografia; infraestrutura saneamento; iluminação e ventilação naturais; umidade do ar; aproveitamento água; vistas; vegetação; prevenção ruídos) e processos regenerativos inter-relacionados, incentivando a autonomia local: redução do consumo energético; uso de energia renovável; conforto ambiental; conservação de água e aproveitamento de resíduos; materiais locais e de baixa energia incorporada, reuso:

- a) Técnicas passivas de conforto ambiental contribuem p/ redução consumo energético e p/ o bem-estar, por meio de implantação que prioriza o melhor aproveitamento da orientação solar e ventos. Se implantação e arranjo dos ambientes e suas aberturas valorizam a face Norte (no hemisfério Sul) e a ventilação natural desejada, evitando a indesejada, a moradia é convidativa e reduz consumo energético. Espalhar a habitação no eixo Leste-Oeste, posicionando ambientes como áreas comuns e quartos ao longo da face Norte;
- b) Habitação coletiva impõe desafios para garantia e qualidade da iluminação e ventilação naturais e percepção das condições climáticas. Agregar habitações garantindo mais de uma orientação para cada uma, em harmonia com opções de circulação de acesso e com estratégias para a garantia da privacidade. Ambientes internos podem ter barreiras parciais;
- c) Materiais de construção podem comprometer saudabilidade ambiental e humana, manutenção e adaptabilidade do ambiente. Priorizar uso de materiais ecologicamente corretos e adaptáveis. Considerar: sistemas construtivos, durabilidade, toxicidade, reuso, energia incorporada e emissão de carbono, consumo de água, distâncias percorridas;
- d) Redefinir "residual" no ambiente construído. Aproveitar resíduos sólidos e almejar sistemas de água de circuito fechado, que não causem impactos ao ecossistema e sejam purificados sem o uso de produtos químicos.

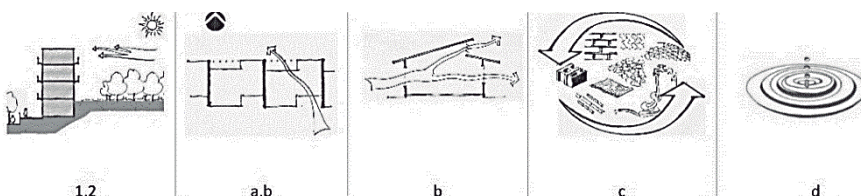


Figura 2. Ilustração dos parâmetros do ITEM 3.1.2. Fonte dos croquis: (1.2), (a), (b), (c) Arquivo pessoal; (d) ILBI (2010, p.19).

3.1.3 Promover percepção do caráter e vocação do lugar e variedade de estímulos sensoriais. Órgãos sensoriais possibilitam ao nosso corpo físico saber o que é importante em nosso entorno, e o ambiente construído deve nutrir estes sentidos:

- a) Apesar da necessidade humana de contato com grandes corpos d' água, a ocupação ao seu redor pode destruí-los. Tratar com respeito porções naturais de água: preservar faixa de

área comum ao seu redor e somente permitir a ocupação se com intervalos frequentes e com acesso perpendicular àquela faixa;

- b) Limites da edificação necessitam entrelaçamento com lugar no nível do solo. Conectar edificação ao solo por meio de caminhos, terraços, degraus, rampas, posicionando-os de modo a tornar limites ambíguos;
- c) Ambientes devem oferecer vistas variadas para o esparecimento, em contraste com o ambiente em que se está. Distribuir janelas de modo que sua área total esteja conforme ao indicado para sua região e posicione-as para obtenção das melhores vistas: atividade rua, tranquilidade jardim, cena diferente do interior;
- d) Árvores devem criar relações e conformar ambientes. Considerar a vegetação existente e projetar o paisagismo segundo a natureza da vegetação a fim de configurar lugares com identidade, utilizáveis e em sintonia com as edificações em recantos, espaços coletivos, praças, redes de caminhos e sistema viário;
- e) Caminhos com trechos bem definidos e agradáveis oferecem comodidade e facilitam orientação. Em seções de caminhos que necessitem maior definição e proteção, projetar pergolado com trepadeiras. O pergolado pode contribuir na conformação de espaços externos ao seu redor.

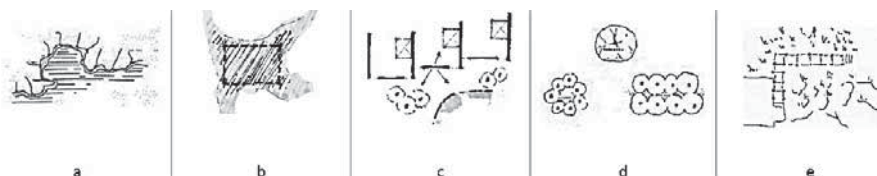


Figura 3. Ilustração dos parâmetros do ITEM 3.1.3. Fonte dos croquis: (a), (d), (e) Alexander et al. (2013, p.137, 800, 811); (b), (c) Arquivo pessoal.

3.2 Priorizar a diversidade

A diversidade social interage com as especificidades do lugar, contribuindo para dotar-lhe de significado e identidade, garantir vida à cidade e evitar a segregação socioambiental nos territórios habitacionais. Priorizar a diversidade é importante para uma abrangência de aspectos qualitativos, incluindo o convívio e a vivacidade urbana, a acessibilidade, o apoio às crianças e idosos, o senso de segurança.

3.2.1 Em conjunto com políticas habitacionais que garantam o acesso aos serviços e o direito à cidade, o projeto de habitação coletiva deve abrigar a diversidade de pessoas, de graus de autonomia, de arranjos familiares, de níveis de renda e também de atividades nas diversas escalas, de modo a promover a vivência, lado a lado, de habitações de pessoas sozinhas, casais com crianças, idosos, portadores de desvantagens físicas, em diferentes fases da vida. O projeto necessita articular localização, porte, densidades, usos e programas de moradia na perspectiva da diversidade:

- a) Inserir uso habitacional em quadras que tendem ao uso não-residencial e vice-versa, mesclando usos;
- b) Traduzir programa em complexo de edifícios ou partes menores. Baixas densidades: coleção de edifícios menores conectados por arcadas, caminhos, pontes, jardins comuns. Altas densidades: selecionar partes mais importantes e fazê-las identificáveis dentro de um mesmo tecido tridimensional;
- c) Programas variados de moradia podem traduzir-se em diversidade tipológica. Oferecer moradias de diferentes tipos e áreas (metragem) e combinações;
- d) Programas variados de moradia podem traduzir-se em diversidade de modalidades adaptativas (expansão, compartimentação, melhoramento) e também em diversidade de processos de construção (autoconstrução, mutirão, empreitada);

- e) Diversidade tipológica excessiva pode produzir efeitos tais como a monotonia, a fragmentação e o comprometimento da legibilidade espacial. Os modos de agregação tipológica em sincronia entre si e articulados com redes de acessos variados e bem distribuídos promovem a necessária continuidade espacial, estimulando o uso e o cuidado com os espaços abertos nas diferentes escalas nos diferentes níveis do convívio à proteção;
- f) Programas variados de moradia podem traduzir-se em diversidade de promoção (pública, privada, mista) e também na relação de posse (imóvel próprio, arrendamento, locação);
- g) Inserção de conjuntos HIS de pequeno porte pode contribuir para evitar bairros segregados. Mistura socioeconômica em um mesmo conjunto deve cuidar para não provocar a segregação usualmente decorrente da diferenciação no acesso a comodidades como o elevador, por diferenciação tipológica ou de acabamentos externos, por exemplo. Incentivos fiscais podem viabilizar programas que incluam mescla de faixas de renda em um mesmo empreendimento. Outros programas de serviços sociais de acompanhamento devem estar presentes e previstos na política pública para tais integrações.

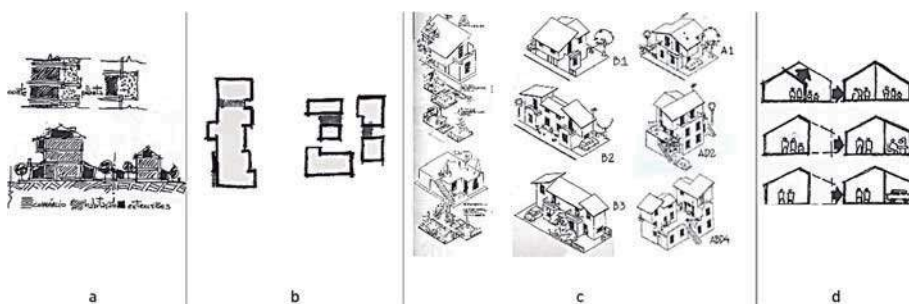


Figura 4. Ilustração dos parâmetros do ITEM 3.2.1. Fonte dos croquis: (a) Coelho e Cabrita (2009, p.301); (b) Arquivo pessoal; Projeto 147 (1991); Coelho e Cabrita (2009, p.193).

3.3 Estabelecer processos participativos

Estabelecer processos participativos contribui para o abrigo efetivo da diversidade, pois o envolvimento dos moradores pode ocorrer de maneiras diversas e nas diferentes etapas do projeto ao uso do ambiente construído, desde o estabelecimento do programa habitacional.

- a) Processos de envolvimento no projeto. Possibilidades escolha: de lotes para posicionamento no arranjo conjunto, com implicações para forma e extensão da habitação; de tipologias; de modalidades construtivas. Hierarquização das partes da moradia segundo necessidades particulares e capacidade aquisitiva para processo posterior de tradução das escolhas em projetos únicos;
- b) Programas de capacitação e de apoio técnico a modificações futuras são fundamentais para o projeto com capacidade adaptativa;
- c) Programas de educação ambiental: materiais educacionais sobre o desempenho e operação do projeto devem ser disponibilizados para disseminar boas soluções e motivar mudanças;
- d) Processos de envolvimento na construção; na gestão de uso e manutenção dos espaços coletivos.

3.4 Atender aos níveis do convívio à proteção

Atender às diferentes necessidades humanas de convívio e proteção inclui a interface com o desenho urbano, enfocando os arranjos espaciais e espaços resultantes e em articulação nas diferentes escalas da moradia à cidade.

3.4.1 Graus de conformação e a articulação entre os arranjos espaciais externos e internos podem refletir diversidade de pessoas e contribuir para a promoção de legibilidade, identidade e percepção de um sentido de lugar. Valoriza-se a conexão dentro-fora estabelecida por espaços

de transição público-privado (fronteiras permeáveis por arcadas, galerias, terraços e escadas de acesso abertas):

- a) Criar espaços externos positivos ao redor das edificações, dotando-lhe de algum grau de conformação/ delimitação (alas de edifícios, vegetação, pergolados, arcadas, entre outros);
- b) Nenhum grupo social sobrevive sem contato informal constante entre seus membros. Criar uma área comum para cada grupo social, no centro de gravidade dos espaços ocupados pelo grupo, tendo os caminhos de circulação tangentes a ela;
- c) Pessoas do lado interno necessitam contato com a cena exterior. Projetar arcadas, varandas, sacadas, galerias, nichos, lugares para sentar, pergolados, etc. nas fronteiras da edificação, especialmente onde se abrem para espaços públicos e ruas;
- d) Articular espaços externos coletivos e públicos em hierarquia para promover legibilidade e identidade espaciais;
- e) Entradas individuais dentro de um conjunto precisam ser facilmente identificáveis como uma coleção. Formar uma família de entradas com características em comum;
- f) Circulação fechada de acesso às habitações reduz conexão entre a vida da rua e os moradores das habitações dos pisos superiores. Conecte moradias dos pisos superiores diretamente ao térreo criando escadas abertas de fácil acesso pela rua ou caminho;
- g) Habitações com transição entre exterior-interior são mais agradáveis. Criar espaço de transição no acesso marcando-o com mudança de iluminação, direção, textura, nível, som, grau de fechamento e principalmente de vistas;
- h) Partes da cidade a serem identificadas como lugares pelos seus habitantes necessitam reforço visual. Demarcar entradas coletivas nas fronteiras dos lugares de acordo com os fluxos predominantes de pedestres.

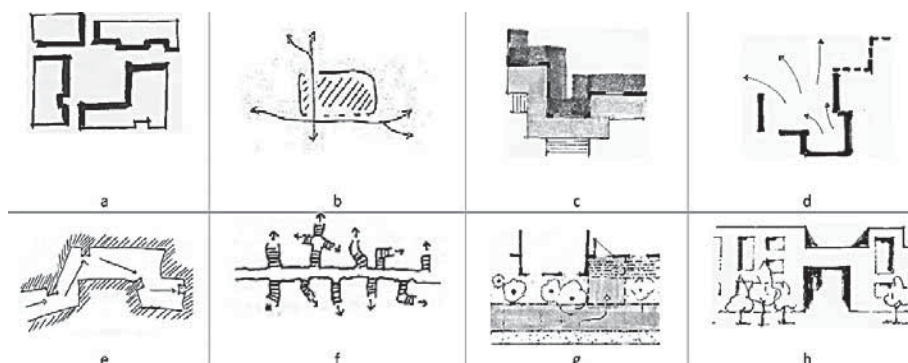


Figura 5. Ilustração dos parâmetros do ITEM 3.4.1. Fonte dos croquis: (a), (c), (d), (g), (h) Arquivo pessoal; (b), (e), (f) Alexander et al. (2013, p.621, 502, 744).

3.4.2 A maior densidade populacional e espacial da habitação coletiva e a necessidade de algum grau de proteção em relação à rua impõem desafios para a privacidade na escala do conjunto à escala da moradia em si. Apontam-se tipos distintos de localização para as moradias e estratégias complementares para a garantia da privacidade:

- a) Estabelecer diferentes graus de envolvimento social e de privacidade no arranjo do conjunto distinguindo tipos de localização: as mais reservadas, as mais públicas, as meio-termo entre as outras duas;
- b) Usar vegetação como estratégia para privacidade;
- c) Observar distância entre moradias confrontantes (mínimo de 10m);
- d) Criar pátios para parte das aberturas;
- e) Adotar aberturas de fácil controle e que permitam gradação;
- f) Elevar moradia em relação ao passeio: desnível pode ser desde suave (30cm) a até criar terraço semi-elevado;
- g) Dispende um tempo junto à porta frontal para assistir ao movimento da rua faz parte da cultura latino-americana, todavia nem sempre se deseja envolvimento direto com o

exterior. A porta frontal recuada proporciona efeito protetor, que pode ser enfatizado com a adoção de porta de folha dupla transversal;

- h) Para que a visita de estranhos, amigos, clientes e familiares se dê de modo natural, é preciso que o agenciamento entre os ambientes corresponda à sequência dos graus de intimidade dos moradores. Arranjar ambientes internos da moradia em sequência que corresponda aos graus de intimidade para que acomodem as sutilezas das interações sociais: começar pelas partes mais públicas finalizando com os domínios mais íntimos.

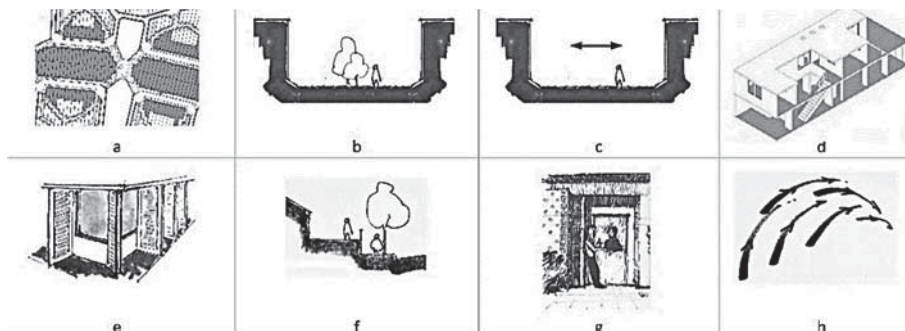


Figura 6. Ilustração dos parâmetros do ITEM 3.4.2. Fonte dos croquis: (a), (g) Alexander et al. (1969, p.11, 170); (b), (c), (d), (e), (f), (h) Arquivo pessoal.

3.5 Considerar e facilitar a flexibilidade

Facilitar a flexibilidade, enquanto oportunidade de adaptabilidade aos usos e pessoas, viabiliza as modificações incrementais que podem assegurar o bom ajuste e a durabilidade oferecendo o suporte à melhoria da qualidade de vida sem o comprometimento da qualidade ambiental.

3.5.1 Prever possibilidade de arranjos espaciais e construtivos distintos. Elementos estruturantes da implantação:

- a) Tipos de habitações: quantidade de faces para o exterior;
- b) Tipos de edificações: modalidades unifamiliar (acesso à moradia é individualizado) e multifamiliar (acesso à moradia se dá por circulação coletiva);
- c) Localização e quantidade de frentes no lote: extensões em tipologias uni e multifamiliares;
- d) Deficiências de luz e ventilação naturais, privacidade, contato com quintal e variação individual, usuais em moradias agregadas em fita, podem ser evitadas: posicionar moradias ao longo de caminhos para pedestres perpendiculares a vias locais e estacionamentos, dando a cada uma frente longa e profundidade rasa.

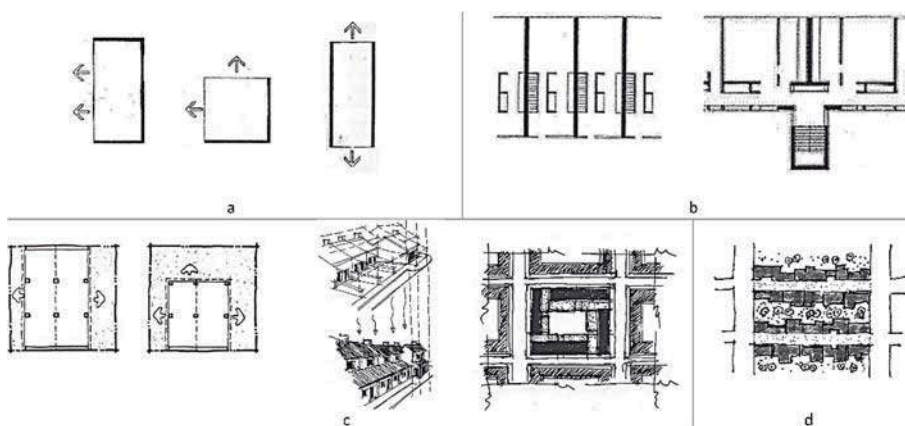


Figura 7. Ilustração dos parâmetros do ITEM 3.5.1. Fonte dos croquis: (a), (b) Sherwood (1994, p.3, 17); (c) Hamdi (1991, p.98); Coelho e Cabrita (2009, p.117, 299); (d) Arquivo pessoal.

3.5.2 Prever possibilidade de arranjos espaciais e construtivos distintos. Elementos estruturantes da edificação e da moradia. Tipo, dimensão, posicionamento e combinações de elementos em sistemas construtivos:

- a) Adições verticais e ou horizontais. Ocupação (com ou sem fechamento) de espaços com programa determinado em projeto ou em aberto. Elementos: Cobertura plana; Pátios internos; Circulação; Pés-direitos; Instalações e Áreas molhadas;
- b) Possibilidades de combinação e partição entre ambientes: sistema estrutural com paredes internas de vedação permite, por exemplo, que habitações de mesma área (2 dormitórios) possam ser convertidas em habitação maior (3 dormitórios) e menor (1 dormitório);
- c) Ambientes de uso compartilhado.

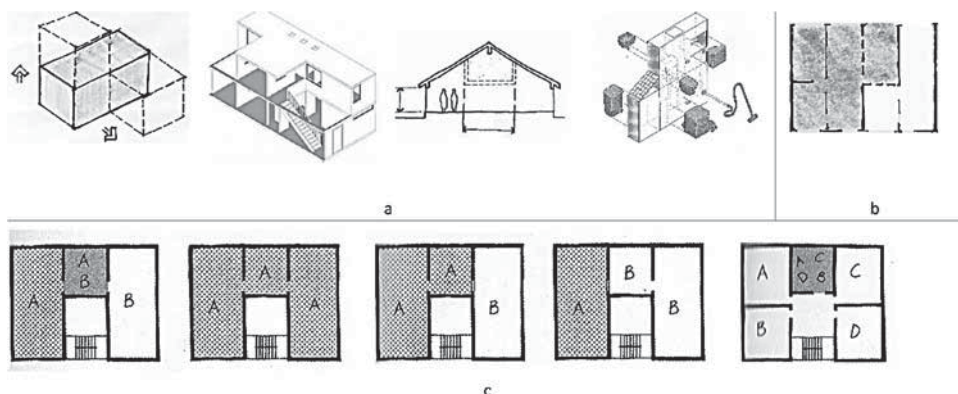


Figura 8. Ilustração dos parâmetros do ITEM 3.5.2. Fonte dos croquis: (a)Arquivo pessoal; Hamdi (1991, p.99); Schneider & Till (2007, p.197); (b)Arquivo pessoal; (c)Schneider & Till (2007, p.189).

4 CONSIDERAÇÕES

No âmbito do projetar, a busca por uma concepção holística de como intervir nas cidades com vistas à maior resiliência segue tendo um sentido e valor profundos, dados os imensos desafios para o projeto de territórios habitacionais urbanos. Para o enfrentamento de tais desafios, o trabalho considera a contribuição da área de estudos da humanização. A partir de amplo embasamento teórico-conceitual e da contribuição de projetos construídos, propõe-se Instrumental de apoio ao processo de projeto que reúne e articula conceitos, derivações e parâmetros de projeto – padrões espaciais – que passam a constituir um novo corpo de conhecimento. O Instrumental de apoio à produção projetual possui caráter aberto e dinâmico, requer a compatibilização entre as diferentes possibilidades sugeridas individualmente pelos parâmetros e, sobretudo o entendimento do lugar e suas pessoas, em casos concretos. Espera-se que sua aplicação efetiva venha a apoiar decisões estruturantes do projeto arquitetônico e urbanístico do habitar urbano, sobretudo no sentido do restabelecimento das funções naturais em relação mais saudável com o ambiente construído e da promoção de uma capacidade adaptativa para esse ambiente habitacional – harmonizando-se ao lugar, priorizando a diversidade, estabelecendo processos participativos, atendendo os níveis do convívio à proteção e facilitando a flexibilidade – colaborando, nesse sentido, para o almejado cenário das cidades resilientes.

Este trabalho apresenta desdobramentos a partir de resultados de pesquisa que contou com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP (bolsa PD processo 2010/13401-5).

REFERÊNCIAS

Alexander, C., Hirshen, S.; Ishikawa, S.; Coffin, C.; Angel, S. 1969. *Houses generated by patterns*. Berkeley: Center for Environmental Structure.

- Alexander, C.; Ishikawa, S.; Silverstein, M.; Jacobson, M.; Fiksdahl-King, I.; Angel, S. 2013. *Uma linguagem de padrões: a pattern language*. Trad. Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman.
- Barros, R.R.M.P. 2011. *Habitação Coletiva: a inclusão de conceitos humanizadores no processo de projeto*. São Paulo: Annablume/ FAPESP.
- Barros, R.R.M.P. 2012. *Humanização e geração de valor na concepção do projeto de habitação coletiva mais sustentável*. Relatório Científico de Pesquisa de Pós-Doutorado (FAPESP 2010/13401-5). <http://www.bv.fapesp.br/pt/bolsas/114498/humanizacao-e-geracao-de-valor-na-concepcao-do-projeto-de-habitacao-coletiva-mais-sustentavel/>
- Barros, R.; Kowaltowski, D. 2013. Do projeto urbano ao detalhe construtivo: "A Pattern Language" finalmente Traduzida. *Resenhas Online* 12(137).
- Barros, R.R.M.P.; Pina, S.A.M.G. 2011. Humanização e qualidade ambiental em territórios habitacionais. In: *Anais do Encontro Nacional e Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, 6., Vitória.
- Barros, R.R.M.P.; Pina, S.A.M.G. 2012. Sinfonia inacabada da habitação coletiva: lições a partir do PREVI para uma arquitetura de possibilidades. *Ambiente Construído* 12(3): 7-26.
- BARROS, R.R.M.P.; Pina, S.A.M.G. 2013. A construção de territórios habitacionais humanizadores: o exemplo do Jardim São Francisco em São Paulo. In: *Atas do Congresso Internacional de Habitação No Espaço Lusófono*, 2., Lisboa.
- Coeelho, A.B.; Cabrita, A.R. 2009. *Habitação evolutiva e adaptável*. ITA 9. Lisboa: LNEC.
- Cristaldo, J.C. 2011. Patronos como herramienta de análisis y proyecto urbanístico ambiental. Reflexiones sobre la región Metropolitana de São Paulo y otras realidades Latinoamericanas. *Arquitextos* 132(01).
- Du Plessis, C. 2012. Applying the theoretical framework of ecological resilience to the promotion of sustainability in the urban social-ecological system. In: *Proc. of the Smart and Sustainable Built Environments*, 4., São Paulo: 495-502.
- Fadda, G.; Jirón, P. 2001. Calidad de vida y género em sectores populares. Un estudio de caso en Santiago de Chile: síntesis final y conclusiones. *Boletín del Instituto de la Vivienda* 16(42): 105-138.
- Griffiths, N. 2007. *Great Bow Yard: anatomy of an eco build*. Bath: Ecos Trust.
- Grostein, M.D. 2001. MetrÓpole e expansão urbana: a persistência de processos "insustentáveis". São Paulo *Perspec. (online)* 15(1): 13-19.
- Habraken, N.J. 1999. *Supports: an alternative to mass housing*. Mumbai: Urban Int. Press.
- Hamdi, N. 1991. *Housing without houses: participation, flexibility, enablement*. Exeter: Intermediate Technology Publications.
- International Living Building Institute. 2010. *Living building challenge 2.0*. April. Disponível em: <<http://www.ilbi.org>>. Acesso em: 10 Abr. 2011.
- Jacobs, J. 1961. *The death and life of great American cities*. New York: Random House.
- Lerup, L. 1977. *Building the unfinished: architecture and human action*. Sage Library of Social Research.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Moehlecke, J. 2010. *Uma contribuição para o desenvolvimento de assentamentos humanos mais sustentáveis: identificação de padrões urbanos relacionados aos princípios de sustentabilidade*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Montaner, J.M.; Muxi Martinez, Z. (Org.) 2006. *Habitar el presente: vivienda em España: sociedad, ciudad, tecnología y recursos*. Madrid: Ministerio de la Vivienda.
- Pelli, V.S. 2006. *Habitar, participar, pertenecer: acceder a la vivienda: incluirse em la sociedad*. Buenos Aires: Nobuko.

- Salingaros, N.A. 2010. *Twelve lectures on architecture: algorithmic sustainable design*. Solingen: Umbau-Verlag.
- Sampaio, M.R.A.; Pereira, P.C.X. 2003. Habitação em São Paulo. *Estudos Avançados* 17(48): 167-183.
- Santos, C.N.F.; Vogel, A. (coords.) 1985. *Quando a rua vira casa: a apropriação de espaços de uso coletivo em um centro de bairro*. 3 ed. Rio de Janeiro: Finep/Ibam.
- Sattler, M.A. 2007. *Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis*. Porto Alegre: Coleção Habitare/FINEP/ANTAC, v.8.
- Schneider, T.; Till, J. 2007. *Flexible housing*. Oxford: Architectural Press.
- Sherwood, R. 1994. *Modern housing prototypes*. 6 ed. Cambridge: Harvard Univ. Press.
- Tallen, E. 2008. *Design for diversity: exploring socially mixed neighborhoods*. Burlington, MA: Architectural Press.

Padrões espaciais dos ecossistemas urbanos: uma conexão para promover a resiliência em ecologia e desenho urbano.

Liza Maria Souza de Andrade

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Brasil

lizamsa@gmail.com

ABSTRACT: The new ecology of the city considers the urban ecosystem a result of the integration of social, biological, physical and built environment components. Spatial heterogeneity has proved to be an important tool for assessing the ecological functionality of ecosystems. Therefore, the study of patterns of organization becomes an important tool to connect different areas of knowledge. However, it has been found that a dichotomy in patterns of the sustainable city model, sometimes based in landscape architecture, ecology, landscape and ecology "within" city towards "greener" cities, and other times based in emergent properties and the totality of systems, with a more human and social architecture, honed with the new ecology "of" the city for "more compact cities". The patterns of water flows create possibilities establishing connections between the existing dualities. The goal of this special session is to demonstrate that the research on spatial patterns may contribute to paths that can lead the totality of scientific knowledge towards urban resilience.

Keywords: ecology of the city urban ecosystem, patterns of organization, spatial patterns, patterns of water flows

RESUMO: A nova ecologia da cidade considera o ecossistema urbano resultado da integração dos componentes sociais, biológicos, físicos e do ambiente construído. A heterogeneidade espacial revelou-se um aspecto importante para avaliar a funcionalidade ecológica dos ecossistemas. Assim, o estudo sobre padrões de organização torna-se uma ferramenta importante para conectar áreas do conhecimento. No entanto, verificou-se uma dicotomia nos padrões dos modelos de cidade sustentável, ora baseados na arquitetura da paisagem, na ecologia da paisagem e na ecologia "na" cidade para cidades "mais verdes" visando a sustentabilidade ambiental, ora fundamentados nas propriedades emergentes e na totalidade dos sistemas, da arquitetura mais humana e social, afinados com a nova ecologia "da" cidade para "cidades mais compactas" visando a sustentabilidade ambiental. Os padrões dos fluxos de água criam possibilidades de estabelecer conexões entre as dualidades existentes. O objetivo desta sessão especial é demonstrar que os resultados de pesquisas sobre padrões espaciais podem contribuir com caminhos que levem à unidade do conhecimento científico na direção da resiliência urbana.

Palavras-chave: ecologia da cidade, ecossistema urbano, padrões de organização, padrões espaciais, padrões dos fluxos de água.

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios para os planejadores das cidades do futuro está em conciliar, sistemicamente, as densidades de ocupação com as demandas para a sobrevivência do ser humano (habitação, água, energia, produção de alimentos, e tratamento de resíduos) e ainda estejam em equilíbrio com os ecossistemas, a paisagem e os processos naturais. Além de atender às expectativas sociais quanto ao desempenho da forma urbana e às questões políticas socioeconômicas e culturais.

O documento "O Panorama das Cidades e da Biodiversidade" (CBD, 2014) chama a atenção para extraordinária riqueza da biodiversidade urbana e seu papel em gerar serviços ambientais de que as populações urbanas dependem para obter alimento, água e saúde. Ele nos alerta para os

cuidados que se deve ter com os ecossistemas por meio de iniciativas de “desenho e restauração” para redução de seus impactos ambientais. Isso significa que é necessário integrar o campo das ciências da natureza ao campo das ciências sociais e humanas no âmbito do urbanismo, nos quais se encaixa a conexão entre ecologia e desenho urbano, foco dessa sessão. Assim, fica a questão: é possível estabelecer uma “linguagem entre áreas de conhecimento”, sob a ótica do pensamento complexo transdisciplinar sobre padrões espaciais vinculados à sustentabilidade e o planejamento do território?

Este artigo, que abre esta Sessão Especial, proposta para o Euro-ELECS de 2015, “Conectando pessoas e ideias”, é fruto da pesquisa sobre “Conexão dos padrões espaciais dos ecossistemas urbanos” que trata de procedimentos metodológicos com enfoque transdisciplinar para o processo de desenho urbano sensível à água no nível da comunidade e da paisagem”, de maneira a atender os conflitos de visões e dualidades existentes quanto aos modelos para a cidade mais sustentável: a “cidade verde” e a “cidade compacta”. Nesta pesquisa foram feitas conexões importantes entre a ciência do desenho urbano e a ciência ecológica, passando por suas evoluções epistemológicas para o entendimento da cidade como sistemas complexos, o ecossistema urbano.

Com avanços no campo da Ecologia, com foco no ambiente urbano nas últimas décadas, como estudos em ecologia urbana e ecologia da paisagem, abriu um campo de possibilidades de estudos que servem de inspiração para os planejadores e designers de cidades, bem como para a integração de campos de saberes. Os estudos interdisciplinares nas décadas de 1960 e 1970 sobre sistemas complexos, auto-organização, propriedades emergentes e padrões de organização colocam o campo disciplinar do desenho urbano como uma “ciência urbana”, sob a influência do estruturalismo e do pensamento sistêmico, conferindo-lhe um caráter transdisciplinar, importante para o estudo de “padrões espaciais” dos ecossistemas urbanos.

O foco do pensamento sistêmico é o entendimento do padrão de organização, que é uma configuração de relações características de um sistema em particular. Lembrando Capra (1996), “o entendimento da vida começa pelo entendimento do padrão”, o padrão de organização. A vida é dotada de uma unidade fundamental, os diversos sistemas vivos apresentam padrões de organização semelhantes que a evolução operou por bilhões de anos, mesmo que os padrões sejam cada vez mais elaborados.

A cidade como sistema é caracterizada por propriedades que emergem das interações das partes definindo padrões de organização. Esses padrões são entendidos como a configuração de relações características entre os componentes do sistema que determina as características essenciais desse sistema (Medeiros, 2013). Um padrão pode ser entendido como uma solução recorrente e cada um representa uma regra governando uma parte funcional de um sistema complexo (Alexander et al, 1977).

Antes da Revolução Industrial, da era dos combustíveis fósseis, as cidades eram menores em extensão e em densidades populacionais, conseqüentemente, possuíam um registro harmônico entre o ambiente natural e sua forma urbana que resultava em uma “estrutura profunda” clara e aparente do sistema urbano.

De acordo com Alexander et al. (1977), essa estrutura demonstrava uma identidade própria entre os processos naturais e culturais, de uso humano ao longo do tempo, na forma de padrões de organização justapostos, entrelaçados e sobrepostos. As formas repetitivas nas cidades configuravam “padrões” que emergiam para uma totalidade, assim como as formas repetitivas que a natureza utiliza para resolver problemas de adequação aos espaços, aos fluxos de energia, as relações e outras necessidades dos ecossistemas.

Considerando o potencial transdisciplinar, alguns cientistas do Cary Institute dos EUA acreditam que a compreensão dos ambientes urbanos como sistemas ecológicos, os “ecossistemas urbanos”, além de ser fundamental para sobrevivência do planeta, é apontada como um meio

importante para o conhecimento científico e para a aproximação da ciência ao público, entendendo que as áreas urbanas são um ambiente escolhido pela maioria das pessoas para se viver. O ecossistema urbano abrange todos os processos que sustentam os recursos naturais e humanos, tais como: processos culturais, fluxos de capital, pessoas e bens, além dos fluxos de água, ar, nutrientes e poluentes. Portanto, é a interação dos componentes sociais, biológicos, físicos e do ambiente construído (Pickett et al, 2013).

Os estudos mais recentes da ecologia da cidade, dos pesquisadores Pickett et al (2013), apontam a heterogeneidade espacial dos sistemas ecológicos como uma ferramenta importante para avaliar a funcionalidade ecológica deste sistema. Esta heterogeneidade deriva de uma combinação de elementos paisagísticos naturais e planejados, solo, água e plantas com artefatos construídos, tais como a distribuição e densidade de edificações, pavimentação, e vegetação, podendo ocorrer em várias escalas, originando uma heterogeneidade espacial muito mais detalhada no nível do ambiente construído.

Assim, a aceitação da heterogeneidade espacial para avaliar os sistemas ecológicos, foi um grande avanço para integração do desenho urbano e a ecologia, no que tange o planejamento urbano-ambiental. O desenho urbano e seus padrões espaciais tem um papel importante na determinação da heterogeneidade espacial dos sistemas urbanos, atuando na decisão de quais elementos estarão presentes no sistema, nas quantidades, e na configuração destes elementos. Tanto na macro escala quanto na micro escala, nas pequenas ou grandes extensões espaciais que podem, reciprocamente, interagir com processos ecológicos, incorporando o valor de design, cultural ou estético. Neste sentido, a forma urbana é determinante para a biodiversidade e pegada ecológica das cidades.

Para construir cidades resilientes será importante promover uma visão “transdisciplinar” com integração entre designers, cientistas sociais e cientistas ambientais, que incorporem sistemicamente nas tomadas de decisão as questões sobre mudanças climáticas, declínio do petróleo, segurança alimentar, aumento das desigualdades sociais, escassez de água potável, redução da biodiversidade, aumento de ilhas de calor, poluição, emissão de gases, inundações, tempestades e efeitos do tráfego. Alguns pesquisadores acreditam que com o declínio do petróleo, quando as fontes de energia começarem a diminuir, as megacidades sofrerão um processo de migração reversa de volta para o campo ou para cidades menores devido à escassez dos recursos naturais, como ocorreu em algumas civilizações do passado.

Na visão de Pickett et al (2013), há multicaminhos e multimaneiras para ligar Ecologia, Sociedade e Desenho Urbano. Dentro de cada um desses campos, entre teoria e prática, os estudos giram em torno da melhoria do conhecimento das cidades e, de fato, em direção à melhoria das cidades. Nessa pesquisa foi feito um levantamento teórico, conceitual das principais tendências no campo da ecologia no âmbito da cidade e do desenho urbano.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é apresentar resultados sobre a conexão entre Ecologia e Desenho Urbano por meio de estudos sobre padrões espaciais dos ecossistemas urbanos analisados ao longo da história da Ecologia Urbana e da Paisagem, bem como da ciência do Desenho Urbano, que engloba a arquitetura sociológica e da paisagem.

3 METODOLOGIA: CONEXÃO ENTRE ECOLOGIA E DESENHO URBANO

O conceito de transdisciplinaridade deve ser pensado como a possibilidade de construir pontes entre as disciplinas. Neste contexto, com raízes nas ciências biológicas, físicas e sociais, a Ecologia tem a difícil tarefa de tentar unir as ciências naturais e sociais. Ela trata de estudos de padrões e processos influenciando a distribuição e abundância de organismos, as interações

entre organismos, e as interações entre organismos e a transformação e fluxo de energia, matéria e informação.

Na revisão da literatura, a Ecologia Urbana tem dois significados. Um trata de desenhar instalações ambientais para moradores urbanos e prevalece no campo do Desenho Urbano, principalmente na Europa. Esta abordagem fornece justificativa para abordagens e metas ecológicas no campo do Planejamento Urbano. O outro vem da Ciência Ecológica e refere-se a estudos de distribuição e abundância de organismos dentro e fora das cidades, bem como nas entradas e saídas para os processos biogeoquímicos nas áreas urbanas.

Segundo Picket et al (2013), o desenvolvimento da ciência da Ecologia Urbana nos EUA foi pontuado por períodos de atividades e avanços. Foram três tendências que marcaram o desenvolvimento e estado da arte na ciência ecológica urbana: a ecologia humana da Escola de Chicago, com a compreensão espacial da diferenciação; a cidade como sistema e a ecologia da cidade, como abordagem mais abrangente do ecossistema urbano.

A Ecologia Humana da Escola de Chicago foi a primeira manifestação dos estudos em Ecologia no âmbito das cidades, quando começaram a surgir os estudos regionais, numa tentativa de estabelecer uma área de influência das cidades e metrópoles relacionada à estrutura das regiões econômicas e culturais. Assim, paradoxalmente, originou-se a Sociologia Urbana. O sentido ecológico se centrava no conceito de área natural, desenvolvido por Robert Ezra Park, entendendo que as forças competitivas naturais tendem a produzir um equilíbrio também “natural” de adaptação social ao ambiente urbano (Eufrásio, 2013). Apesar de ter transposto princípios da Ecologia com “abordagem espacialista”, não tratou do desenho da paisagem integrado. A abordagem espacial girava em torno de zonas concêntricas, nas quais a classe mais pobre se localizava na região mais central, próxima à área central industrial, e, a mais rica, nas regiões mais afastadas, com separação de usos de trabalho e residência.

Essa visão sobre as zonas da cidade e sua relação com o desenvolvimento urbano não foi o suficiente para explicar as dinâmicas de crescimento urbano, como por exemplo, a acessibilidade à estrutura da expansão urbana para fora dos limites urbanos, por meio de construção de novas vias e rodovias. O foco exclusivo na diferenciação espacial e na competição como um norte de diferenciação, ignorava o papel das decisões individuais baseado em desejos econômicos ou culturais (Picket et al, 2013).

Pelo viés ecológico, a primeira tendência da Ecologia Urbana que ocorreu na Escola de Chicago foi considerada muito abstrata e rapidamente conhecida como não reflexo da realidade, por não tratar das questões do meio físico associado ao meio biológico. Porém, ela influenciou a segunda tendência da Ecologia Urbana, a “cidade como sistema”, por sua abordagem multidimensional, que abrangia os meios físico, político, econômico e social.

Muitos ecólogos ignoravam cidades e sistemas urbanos, preferiam estudar campos menos complexos que não incluíam os humanos. Os humanos sempre foram considerados como agentes de desequilíbrio e fora do sistema de interesse. A partir da década de 1970, nasceu o programa O Homem e a Biosfera (MAB) da UNESCO para Ecologia Urbana, com o objetivo de estudar assentamentos humanos sob a perspectiva de múltiplas disciplinas. Os ecólogos reconheceram que as cidades e as áreas agrícolas e florestais são lugares ecologicamente únicos e dignos de estudo. A ecologia ecossistêmica compreende as conexões metabólicas recíprocas entre componentes físicos e biológicos do sistema.

Ela faz analogia dos seres humanos aos organismos biológicos, mas, apesar de considerar a interação a influência dos humanos com o sistema, essa influência era do mesmo tipo que em qualquer organismo biológico, não incluía uma diferenciação em aspectos culturais por meio dos quais comportamentos e escolhas podem ser vistos e influenciados. Essa tendência foi perdendo força pela falta de incorporação da heterogeneidade espacial dentro do sistema, criando uma dissonância entre Ecologia Urbana e a “fina” escala da realidade de muitos sistemas

urbanos, a riqueza do detalhe, aqui nesta pesquisa, denominados de “padrões espaciais urbanos”. (Picket et al, 2013).

Por outro lado, essa fase da Ecologia Urbana, juntamente com o estruturalismo e o pensamento sistêmico acabou por influenciar o nascimento do desenho urbano nas décadas de 1960 e 1970 pela visão da “cidade vista como um sistema complexo”. Tais estudos relacionam a questão social à configuração espacial nos padrões espaciais e identificam o movimento da auto-organização do sistema na ordem orgânica e nas propriedades emergentes.

Os estudos em desenho urbano, atualmente, devem ser alinhados aos estudos da terceira tendência da Ecologia Urbana. Essa tendência é dividida em dois ramos. O primeiro, denominado por Ecologia “na” cidade, estuda os padrões e processos ecológicos que ocorrem em ambientes urbanos e compara esses padrões com outros ambientes, verificando o modo pelo qual a urbanização interfere na ecologia das espécies animais e vegetais. Esse ramo tem interface com estudos da arquitetura da paisagem.

Na Ecologia “na” cidade, ecologistas urbanos consideram o impacto da urbanização em sistemas naturais remanescentes, incorporados na matriz urbana como sistemas de vegetação em lotes vagos, jardins, ou áreas de plantio intencionadas. Porém, nesse caso, essa abordagem trata de áreas verdes isoladas, as decisões humanas e atividades não são estudadas em conjunto; apesar de ser possível esta integração, não se considera a potencialidade da disposição do traçado urbano.

O segundo ramo é denominado por Ecologia “da” cidade e estuda as interações entre os sistemas sociais e ecológicos, de modo a propor planos e projetos que mantenham as funções vitais sociais e ecológicas para um ecossistema urbano saudável. Esse ramo é um avanço da segunda tendência da ecologia urbana: a cidade como sistema e foca no sistema inteiro, não apenas nas áreas vegetadas. A diferença é que as heterogeneidades sociais, biológicas e físicas, que ocorrem ao longo da cidade são reconhecidas como características importantes e fazem conexão com processos e mudanças (Picket et al, 2013).

Na evolução da ciência ecológica, diferenças entre espécies na sua distribuição e no seu funcionamento, ou diferenças no agrupamento de espécies perpassando variações na macroescala de clima, latitude ou elevação, sempre estiveram presentes como, por exemplo, no nível dos biomas. Entretanto, os ecólogos evitavam as variações na microescala, ou na escala mais “refinada”, em estudos específicos ou sistemas teóricos, optando pela homogeneidade como tentativa de desenvolver experimentos que permitissem um estudo mais aprofundado que a heterogeneidade presumidamente não comportaria (Picket et al, 2013).

A variação de espécies e de seus agrupamentos observada pelos ecólogos não pôde ser explicada apenas pelas expectativas estabelecidas para diferenças na macroescala mais grosseira do ambiente. Assim, desde a década de 1970, a variação na microescala mais refinada do desenho urbano começou a ser considerada para analisar a influência de heterogeneidade de micro e média escalas, nos padrões e processos. Assim, surgiu a Ecologia da Paisagem, como uma subdisciplina da ciência da ecologia para aprofundar estudos sobre o relacionamento recíproco entre heterogeneidade espacial e função de ecossistema (Picket et al, 2013). Portanto, a paisagem não está restrita a nenhuma escala, refere-se a qualquer área de terra que seja internamente heterogênea em ao menos um fator de interesse. Porém, em se tratando de corredores verdes, o estudo deve ser feito com uma visão mais abrangente da escala regional.

A ecologia do ecossistema, atualmente, examina a maneira pela qual a contabilidade de fluxos e reservas está relacionada à identidade de espécies biológicas e à estrutura heterogênea do substrato e da comunidade biológica dentro dos ecossistemas. A heterogeneidade espacial é expressa em gradientes ou mosaicos, essenciais para explicar as interações e mudanças na cidade. Seres humanos e suas instituições são parte do ecossistema, não compõem apenas

externamente a ele. O papel dos seres humanos, em múltiplas escalas de organização social (famílias, bairros, instituições) está ligado às escalas biofísicas dos sistemas urbanos.

O conceito de ecossistema urbano é a interação dos componentes sociais, biológicos, físicos e do ambiente construído e se torna útil para a conexão entre Ecologia e Desenho urbano, considerando uma área específica na qual a comunidade de populações e organismos e o ambiente físico se interagem, como se fossem o “nicho” dos organismos humanos combinando o ambiente e suas características (Pickett et al, 2013).

Tomando as cidades como ecossistemas, dentro do espectro hierárquico, é importante considerar os níveis adjacentes, assim como o nível em questão, a hierarquia tríplex, apontada por Odum & Barret (2007): o subsistema (o próximo nível abaixo), o sistema e suprassistema (o próximo nível acima). Sob esta ótica, no âmbito urbano, deve-se analisar o desempenho da “comunidade”, como populações que ocupam certa área, o “ecossistema”, que é a comunidade e o ambiente não vivo funcionando juntos, e a “paisagem”, como uma área heterogênea composta de um agregado de ecossistemas em interação, que se repetem de maneira similar, por toda a sua extensão (Odum & Barret, 2007).

Na ecologia, a heterogeneidade espacial é reconhecida quando há variação entre algumas “características de interesse” em uma dimensão espacial. Entretanto, estudar sistemas urbanos por meio de uma lente ecológica é uma busca relativamente nova (CADENASSO e PICKETT, 2013), e apenas agora os ecólogos estão descobrindo como quantificar e mapear heterogeneidade urbana para que se possa testar como ela está conectada à função ecossistêmica. Essa conexão entre estrutura e função sugere uma colaboração frutífera entre ecólogos e designers urbanos, de forma a ampliar o entendimento de áreas urbanas como sistemas socioecológicos para o desenho de cidades resilientes.

O estudo da forma permite o estudo das relações, qualidades e padrões, padrões de organização da rede autogeradora, da força geradora. Porém, ainda é necessário considerar o caráter mental dos fenômenos sociais, a “dimensão hermenêutica” ou interpretativa. A linguagem humana, por ser de natureza simbólica, envolve, antes de tudo, a comunicação de um significado, corporificado em matéria, como textos escritos, artefatos, que é transmitido culturalmente de geração em geração (CAPRA, 1996).

O campo da Arquitetura e Urbanismo, reconhecido por dar forma à matéria em artefatos gerando significados, abrangendo o nível dos ambientes construído e natural, o das relações sociais e o da subjetividade humana, pode contribuir para o estudo da forma, dos padrões de organização, que, por sua vez, fazem parte dos estudos da Ecologia.

No livro “Resiliência em ecologia e desenho urbano”, Pickett et al (2013), propõem alguns temas que consideram dimensões-chave para conectar ecologia e desenho urbano: heterogeneidade espacial; fluxos de água na área urbana; resiliência, adaptação e mudança e; atores sociais e agentes de organização urbana. A resiliência é um mecanismo para alcançar a sustentabilidade e para avaliar o movimento e a efetividade de alterações que podem ajudar as cidades a se adaptarem às condições de mudança. A sustentabilidade é socialmente construída como um conjunto de metas que incorporam valores, compromissos e o poder das relações. As cidades podem ser movidas em direção à sustentabilidade, e a adoção de mecanismos de resiliência pode ser promovida e monitorada.

A partir deste entendimento, considerando a heterogeneidade espacial como uma dimensão fundamental para conexão, foi feito um estudo dos padrões espaciais ao longo da história do urbanismo dito ecológico, seja no nível da comunidade ou da paisagem para contribuir com mecanismos de resiliência em ecologia e desenho urbano.

4 RESULTADOS

Foram sistematizados alguns métodos e procedimentos relevantes de desenho urbano no contexto do “urbanismo ecológico”, baseado em Spiern (2011) que o apresenta como solução para a degradação provocada pelo desenho das cidades. Essa abordagem alia a teoria e a prática de desenho das cidades ao planejamento urbano, à ecologia e a outras disciplinas. Tem como objetivo ajudar o homem a adaptar-se ao seu ambiente por meio de assentamentos sustentáveis, reconhecendo as ligações com os elementos da natureza. São conceitos, princípios, códigos, estruturas e padrões de organização para o processo de desenvolvimento do ecossistema urbano.

No entanto, ao longo da pesquisa, foi possível inferir uma dicotomia existente nos padrões espaciais resultantes em modelos propostos para a cidade mais sustentável: ora baseados na sustentabilidade ambiental, na arquitetura da paisagem, com interface da ecologia da paisagem e da ecologia “na” cidade para “cidades verdes”, ora fundamentados na sustentabilidade espacial, na arquitetura sociológica, nas propriedades emergentes e na totalidade dos sistemas, afinados com a nova ecologia “da cidade”, humana e social, para promover o modelo de “cidade compacta”.



Figura 1. Imagens baseadas no livro “Cidades para pessoas” sobre os tópicos Cidade Densa e Cidade Viva e Qualidade precede quantidade (GEHL, 2013)

Para alguns autores, o modelo de cidade ideal é o modelo de cidade compacta. Os padrões espaciais e de uso do solo são estruturados baseados no modelo de “cidade compacta e multifuncional”, com altas densidades. A proximidade dos elementos faz com que haja redução no consumo de materiais, energia, tempo e solo, ao mesmo tempo em que proporciona mecanismos de regulação e controle, dando estabilidade ao sistema: equilíbrio dinâmico (Rueda, 2000). Quanto mais densa e compacta, mais viva é a cidade. Porém, na visão de Gehl (2013), os espaços devem ser tratados com qualidade, como demonstrado nas ilustrações do livro “Cidades para pessoas”, da Figura 1.

A sustentabilidade espacial ou territorial refere-se a configurações urbanas balanceadas, com melhoria do ambiente urbano para maximização das trocas de matéria, energia e informação. Reconhece-se que a forma urbana compacta e a leitura da malha viária como potenciais para identificar padrões orgânicos e propriedades emergentes que criam o movimento no sentido de “baixo para cima” (bottom-up).

Destacam-se autores na área do desenho urbano que trabalham nessa direção e tem interface com a segunda tendência da ecologia urbana: Jane Jacobs em “Morte e vida das grandes cidades” (1961, 2010); Christopher Alexander em “A cidade não é uma árvore” (1965) e, posteriormente em “Uma linguagem de padrões”; Kevin Lynch “A imagem da cidade” e “A boa forma da cidade” (1961; 1981); Bill Hillier e Juliene Hanson com a Teoria da Lógica Social (1984), aprofundados por Holanda (2007) como “arquitetura sociológica” e, posteriormente Hillier em “Sustentabilidade espacial nas cidades, padrões orgânicos e formas sustentáveis” (2009), Jan

Gehl em “Cidades para pessoas” (2013), Richard Roger (1997) em “Cidades para um pequeno planeta” e Salvador Rueda em “Urbanismo Ecológico”.

Alexander et al. (1977) propõe o uso de padrões de projeto para resolver um problema particular em um dado contexto que leve em conta as “forças conflitantes”, que precisam ser consideradas e harmonizadas em um possível solução, portanto, uma visão conciliadora. Guerreiro (2010) defende o “urbanismo orgânico”, baseado nos padrões da natureza, nas propriedades emergentes identificados em Christopher Alexander, resultado da adaptação ao ambiente natural e às “forças” do espaço.

A outra vertente, a da sustentabilidade ambiental ou ecológica, do urbanismo ou arquitetura da paisagem, do urbanismo verde, defende a natureza na cidade e uma abordagem ecológica para o projeto e planejamento urbanos, que se aproxima dos estudos em ecologia da paisagem. Na cidade verde, os padrões espaciais são estruturados visando ao grau de permeabilidade da matriz e, na maioria das vezes, são representados por baixas densidades nos assentamentos, visando à sustentabilidade ambiental e ecológica, tendo como referência o modelo de cidades verdes ou vilas urbanas. Os fragmentos verdes desempenham importantes funções ambientais no tecido urbano relacionadas ao caminho da água, tais como: conforto ambiental, filtragem das águas urbanas, conexão entre fragmentos de vegetação (corredores), proteção da biodiversidade, fluidez da drenagem, conservação dos espaços rurais, recreação, lazer e educação ambiental.

Esses padrões espaciais podem ser encontrados ao longo da história do urbanismo nas utopias das cidades planejadas após a Revolução Industrial. Alguns autores se destacam, como: Frederick Law Olmsted, na segunda metade do século XIX, com estudos sobre a paisagem e parques urbanos; Ebenezer Howard com as “Cidades-Jardins de Amanhã” para o século XX, publicado originalmente em 1902, que influenciou o movimento de novas cidades na Inglaterra e nos EUA; Patrick Geddes, no início do século XX, com o levantamento dos recursos de uma determinada região natural, considerado o pai do planejamento regional.

A partir da metade do século XX, uma segunda geração de planejadores arquitetos da paisagem, baseados na ecologia da paisagem, começa a se formar, iniciada por Ian McHarg, com o inventário ecológico em “Desenhando com a natureza” (1969); Anne Spirn, que pensa a cidade projetada segundo os processos naturais em “O jardim de Granito” (1984); Michael Hough, em a “Cidade e Natureza”; e, por fim, Johan Nausser (2013), que pensa as relações entre as percepções humanas e a ecologia da paisagem (Fig. 2).

A arquitetura da paisagem e a ecologia da paisagem favorecem a utilização das tecnologias de infraestrutura verde, que funcionam como conexões para o caminho das águas, melhorando o desempenho hidrológico da bacia hidrográfica. Entretanto, esta vertente não trata com profundidade da sustentabilidade espacial urbana no que tange ao desempenho da mobilidade e favorecimento de encontro de pessoas no ambiente construído: em outras palavras, da “vida” na cidade.

Caminhando na direção da “cidade verde”, mas numa versão mais holística, compreendendo as ecologias humana e ambiental, situa-se a permacultura, que teve início da década de 1970 na Austrália, nos estudos de Bill Mollison e David Holmgren. É uma filosofia e uma forma elaborada de uso da terra, que inclui estudos dos microclimas, plantas anuais e perenes, animais, solos, manejo da água e das necessidades humanas em uma teia organizada de comunidades produtivas.

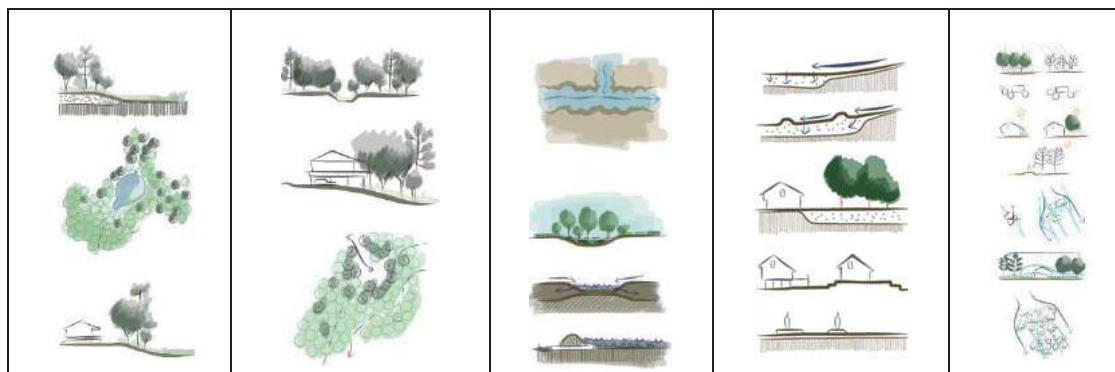


Figura 3 - Imagens baseadas no livro “Woodlands New Community: guidelines for site planning” (McHarg,1973).

Nessa mesma vertente, encontram-se os estudos de Christopher Mare sobre densidades nas cidades e a disponibilidade de combustíveis fósseis para manter a sustentabilidade do planeta. Eles trazem propostas de cidades de 50 a 80.000 pessoas (32hab/ha), com uso intensificado no centro, diminuindo gradualmente em direção à borda. Haveria padrões espaciais divididos em Vilas Urbanas de 5.000 pessoas em 40 ha, cada uma com função distinta, com modelos capazes de se adaptarem à retração energética. Essa proposta se assemelha à proposta de Howard para Cidades-Jardins.

Curiosamente, o bairro de Vauban, em Freiburg, Alemanha, foi pensado para 5.000 habitantes em 38 hectares, o que daria uma densidade de 130 hab/ha. Em “Uma linguagem de padrões”, Alexander et al. (1977) propõe comunidades ou pequenas cidades com uma população média de 7.000 pessoas, como modelos ideias para gestão do uso do solo no contexto da cidade grande (capital de 500.000 habitantes) ou da região (8 milhões de habitantes).

Farr (2013), propõe uma conciliação das duas visões: o conceito de biofilia e padrões de infraestrutura de alto desempenho, corredores verdes, áreas mais compactas para água, parques, sistema de gestão das águas pluviais e tipologias de produção de alimentos; e, ao mesmo tempo, o “aumento da sustentabilidade com o aumento da densidade”, empreendimentos urbanos voltados para o transporte público, composição de usos do solo com tipo de habitação, rede de vias orientadas para o pedestre. Os bairros devem atender as necessidades básicas - habitação, locais de trabalho, centros comerciais, funções cívicas com tamanhos entre 16 a 80 hectares com limites de 400m até o centro para caminhada.

É importante destacar a nítida polaridade existente entre as propostas para o desenho das cidades, entre os seguidores de Jane Jacobs e os de Ebenezer Howard ou Ian McHarg, como Christophare Mare, ou até mesmo do urbanismo sustentável. Jacobs (1961) era contra qualquer tipo de divisão da cidade em pequenos bairros com características autossuficientes, em “pequenas cidadezinhas” que levariam à destruição das cidades. Ela afirma que a grande cidade tem inúmeras vantagens, e nela os moradores urbanos têm mobilidade.

Atualmente, os padrões dos fluxos de água encontrados no desenho urbano sensível à água, na infraestrutura ecológica, no saneamento ecológico e na permacultura criam possibilidades para a aplicação do princípio dialógico da transdisciplinaridade e nos permite manter a dualidade no sentido da unidade. É necessário analisar a sensibilidade ambiental de cada local para a aplicação dos padrões espaciais. O ecossistema urbano tende a melhorar o desempenho ora de seu subsistema, a comunidade, ora de seu suprasistema, a paisagem, formando um verdadeiro mosaico ecológico urbano.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desses resultados chegou-se a conclusão que muitos estudos já existem e com muita propriedade, o que está faltando é fazer as conexões transversais entre os conhecimentos especializados para promover a transdisciplinaridade. Recomenda-se, para as novas pesquisas a serem realizadas, que sejam feitos os cruzamentos com outras temáticas que contemplem às

questões de desempenho, quanto à manutenção da biodiversidade, à informalidade no espaço urbano, pegada ecológica, qualidade da água, mobilidade e transporte, questões educacionais, sociais, antropológicas, culturais, estéticas, materiais de construção, conforto ambiental, eficiência energética, resíduos sólidos, relação de materiais de construção, conforto ambiental, eficiência energética, entre outros. Assim, espera-se que a Sessão Especial do Euro-ELECS 2015 promova o encontro de pesquisadores e resultados de pesquisas sobre padrões espaciais, cada um com seu enfoque, mas inseridos no pensamento sistêmico complexo e transdisciplinar. Considerando a diversidade e dualidades existentes, a intenção contribuir com caminhos para auxiliar novos estudos na direção da resiliência urbana.

6 REFERÊNCIAS

Alxander, C.; Ishikawa S.; Murray, S.; Jacobson, M.; Fiksdahl-King, I.; Angel, S. 1977 A Pattern Language. New York: Oxford University Press.

Capra, F. 1996 A Teia da Vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Tradução Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix.

CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA (CBD). 2012 Panorama de das Cidades e da Biodiversidade. COP 11. In *11ª Conferência das Partes sobre Biodiversidade*. Tradução Ronaldo Costa, MMA. Rede BiodivERSA

Farr, D. 2013 Urbanismo sustentável. São Paulo: Bookman Editora.

Gehl, J. 2013 Cidades para pessoas. Tradução Anita Di Marco. São Paulo: Perspectiva

Guerreiro, R. 2010 Urbanismo Orgânico e a Ordem Implícita: Uma Leitura Através das Geometrias da Natureza. Tese de Doutorado Lisboa: ISCTE-IUL Escola de Tecnologias e Arquitectura.

Hillier, B.; Hanson, J. 1984 The Social Logic of Space. Cambridge: CUP.

Holanda, F. 2007 Arquitetura sociológica. In *Revista brasileira de estudos urbanos e regionais*, vol. 9, n.1: 115-129, Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional.

Jacobs, J. 2000 Morte e vida de grandes cidades. In *Coleção a*, 1ª edição São Paulo: Martins Fontes.

Medeiros, V. A. S. 2013 *Urbis Brasiliae*, O Labirinto das Cidades Brasileiras. Brasília: Editora da Universidade de Brasília.

McHarg, I. 1992 Design with nature. Garden Cit, NY. In *American Museum of Natural History Press 25th anniversary edition -1965* New York: John Wiley & Sons

Mare, C. 2008 An Historical survey of urban densities as a consequence of energy regime: descent into the urban village. In: *Ecocity 7*, São Francisco, Califórnia – USA, 2008. Proceedings. São Francisco: Nob Hill Masonic Center.

Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Mcgrath, B. 2103 Ecology of City as a Bridge to Urban Design. In: PICKETT S.T.A., CADENASSO M.L., MCGRATH, B. *Resilience in Ecology and Urban Design*. New York :Springer Science.

Rueda, S. 2000 Modelos de ciudad: indicadores básicos y las escalas de la sostenibilidad. In *Quaderns D'arquitectura e urbanismo* Barcelona: Collegio D' Arquitectos de Catalunya.

Spirn, A. 2011. Ecological urbanism: A framework for the design of resilient cities. Massachusetts.

Odum, E. P.; Barret, G.W. 2007 Fundamentos de Ecologia. Tradução da 5ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning.

O desafio da universalização do saneamento: padrões espaciais das águas urbanas para cidadãos dos assentamentos irregulares

Laura Machado de Mello Bueno

Programa de Pós-Graduação em Urbanismo - Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC –Campinas

laurab@puc-campinas.edu.br

ABSTRACT: The quest for greater environmental sustainability in cities, involves studies related to justice, sociability, sanitation, microclimate of the ecosystem and its hydrographic network. The coexistence with the waters in the urban space- natural system, supply, sewage, and rainwater – is a challenge. This paper is based on evaluation of several researches about up grading and readjustment of slums. In Brazil, researches on urban settlements related vulnerability, social prejudice and restrictions of income to residents near the riverbanks and streams. Many of them have been polluted by sewage and were channeled due to drainage control. The strategic role of these actions in recovering the urban environment is discussed. Prospective studies need to respond to the challenge of adapting the cities with social justice and environmental justice.

Keywords: Water in the urban environment, Universalization of sanitation services, Sustainability of social practices, Sustainability of urban management practices

RESUMO: A busca de uma maior sustentabilidade ambiental nas cidades, envolve estudos relacionados a justiça, sociabilidade, saneamento e ao microclima do ecossistema e sua rede hídrica. A convivência com as águas no espaço urbano- rede hídrica natural, abastecimento, esgoto, águas pluviais - é um desafio. O artigo baseia-se na avaliação de diversas pesquisas sobre projetos de urbanização e adequação de favelas. No Brasil pesquisas sobre assentamentos urbanos relacionam vulnerabilidade, preconceito social e restrições de renda a moradores próximos a ribeirões e córregos, muitos deles poluídos por esgotos sanitários e canalizados para facilitar o escoamento. Discute-se o papel estratégico destas ações na recuperação ambiental urbana. Pesquisas prospectivas precisam responder ao desafio de adaptar as cidades com justiça social e ambiental.

Palavras-chave: Agua no ambiente urbano; universalização de recursos sanitários; sustentabilidade em praticas sociais; sustentabilidade em praticas de gestão urbana

1 INTRODUÇÃO

A busca de maior sustentabilidade socioambiental nas cidades, convivendo-se com as águas urbanas, envolve estudos socioespaciais, sanitários e microclimáticos. Apesar de as primeiras populações da América do Sul terem práticas ancestrais e quinhentistas adequadas para ocupação de áreas amorreadas, encostas e áreas baixas, desde as palafitas na Amazônia e Pantanal mato-grossense, às cidades coloniais de origem portuguesa e espanhola, o colonialismo destruiu essa cultura, através de práticas predatórias de exploração da natureza e do homem. (Dean, 1999) A implementação do planejamento urbano no século XX pautou-se por uma visão excludente, relacionada ao acesso à cidade sã e bela aos que tinham condições socioeconômicas e culturais de dela usufruir.

A divisão social do trabalho em uma sociedade com pouco valor para o trabalho manual, alta informalidade, grande número de trabalhadores domésticos redundou em cidades com grandes porções do território parcialmente urbanizadas, com ausência de serviços públicos e sociais. Pesquisas sobre assentamentos urbanos com maioria da população de baixa renda no Brasil relacionam vulnerabilidade, preconceito social e restrições de renda a moradores próximos a ribeirões e córregos, muitos poluídos e canalizados. Essa população se beneficia, ou melhor,

sobrevive das atividades impactantes e sofre com as consequências. (Maricato, 2001, Bueno et al, 2009, Torres, 2009, Bueno & Astier, 2013, Lacerda, 2010)

As condições da vida urbana estão interrelacionadas à estrutura das relações de produção imbricadas nas atividades humanas. Harvey (2012) apresenta interessante descrição de esferas de atividade em co-evolução na humanidade: as tecnologias e formas de organização, as relações sociais; os arranjos institucionais e administrativos; os processos de produção e de trabalho; as relações com a natureza; a reprodução da vida cotidiana e da espécie e as concepções mentais de mundo.

Segundo Harvey (2012) em 1820 o Produto Interno Bruto (PIB) mundial era da ordem de 694 bilhões dólares (valores de 1990). O crescimento da economia medido através do PIB no período de 1820 a 2009, foi de 2,25% ao ano, negativa em 1930, superior a 5% entre 1945 e 1973, quando o PIB chegou a 16 trilhões de dólares. Segundo os mesmos dados, em 2009 o PIB mundial estava em 56,2 trilhões, sendo 13,9 trilhões nos EUA.

Harvey nos faz refletir sobre a sustentabilidade e veracidade da visão do “senso comum” da necessidade de crescimento da produção, que gera riqueza, empregos e impostos. O consenso dos economistas e da mídia, reproduzindo a fala dos capitalistas e governos, é que a economia saudável deve crescer 3% ao ano. Mas Harvey questiona: o que significa produzir em um ano 187 bilhões de dólares de produtos e atividades, 1/3 do PIB de 1820 ? Qual o impacto geográfico e ambiental? Para a almejada e inalcançável taxa geral de crescimento do PIB de 3%, alguns países chegam a 12 % (China em 2007) outros ficam abaixo de 1% (EUA e diversos países europeus) Entretanto, neste grupo também somam-se os que retrocederam. Ou seja, se transfere-riqueza de algum lugar, algum povo, alguma nação, alguma empresa e concentra-se a riqueza em outro.

Para isso, conforme nos explicam a história e a geografia, procedeu-se, desde o século XIV, uma expansão territorial movida por acumulação primitiva, mercantilismo e colonialismo. A Revolução Industrial procedeu uma enorme ampliação mercado e o setor industrial dos combustíveis do petróleo, plásticos, fertilizantes vem dominando a oferta de energia. Essas cadeias industriais conectam-se com a indústria metalmeccânica e eletroeletrônica – veículos de toda ordem – de tanques, aviões, tratores para mineração, caminhões a automóveis. As guerras são contínuas, tendo sido a guerra fria o mais próximo da “paz” com a proteção mundial norte-americana. Os EUA apesar do sofrimento de sua população com a reestruturação produtiva, fez rodar os petrodólares e minérios dos países árabes e asiáticos, beneficiando aqueles setores. (Harvey, 2003, OFFE, 1989, O’Connor, 1977) As privatizações e a financeirização da economia criaram maior concentração, apoiadas pela informática. As iniquidades projetam-se na sociedade sob a forma da revolução química que tem fábricas automáticas de drogas, ao mesmo tempo em que garante a produção agrícola para a alimentação processada da população humana e animal.

Harvey (2003, 2012) apresenta então a tese de que atualmente ambiente construído, a urbanização, a reurbanização, com obras de infraestrutura urbana, mobilidade, rodovias e terminais no espaço periurbano são a “bola da vez” no processo de acumulação. Ele, ao mesmo tempo apresenta os espaços da moradia urbana e periurbana como focos de poder popular, social, que pode volta-se à construção de novas formas de viver, além, a par dos negócios da cidade. Nossa reflexão indica que essa análise materialista histórica e geográfica se articula com a visão proposta por Odum (2014), das cidades como tecnossistemas - ecossistemas abertos, modificados e ampliados com estruturas/sistemas artificiais do engenho humano, atualmente com alta entropia. onde vive a grande maioria dos seres humanos, em especial em nosso país. É preciso considerar os efeitos sinérgicos ambientais e demográficos da ocupação humana disseminada no território. No caso brasileiro somam-se os problemas socioambientais

decorrentes do passado colonial e da posição da periferia do sistema capitalista, aos desafios contemporâneos já vividos pelos países desenvolvidos. (Acsehrad et ali, 2004)

2 PLANEJAMENTO: PARA QUEM?

O Brasil vem trilhando com 50 anos de atraso, um caminho para constituir uma cultura de planejamento público e respeito às leis pelas empresas e grupos sociais. O Estatuto das Cidades, aprovado em 2001, torna obrigatório o Plano Diretor nos municípios com mais de 20000 habitantes. Mas nessa época mais de 70% dos brasileiros já estava nas cidades, grande parte com baixos níveis educacionais, desprovidos de cidadania e despolitizados.

Recentemente foram aprovadas importantes legislações federais relacionadas ao espaço urbano que fortalecem o município como elemento de implementação das políticas. (Bueno, 2011) Todas apresentam potencialidade para o desenvolvimento de ações de adaptação do ambiente urbano com maior justiça ambiental. Resta saber se sua implementação dará conta dos passivos e déficits existentes, ao mesmo tempo em que se aumenta o patamar de qualidade dos padrões de nossas políticas. O meio ambiente urbano - a cidade - é pulsante, dinâmica, contraditório e processual.

A Lei federal 12305, de 2010, aprovou a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos através da logística reversa. A lei cria metas para eliminação de lixões e ampliação da reciclagem e instrumentos de planejamento como planos estaduais, municipais, intermunicipais e metropolitanos, além dos planos de gerenciamento para particulares. Os municípios deveriam encerrar os lixões até agosto de 2012, o que não aconteceu em quase 50% dos municípios. Mas a lei não previu sanções.

Em 2012 foi aprovada a lei 12608, sobre a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, que preconiza a sistematização de mecanismos de alerta, atendimento a desastres através de estruturas locais. Ela modificou o Estatuto das Cidades, criando a exigência de que os municípios que pretendam ampliar os perímetros urbanos elaborem estudos geotécnicos prévios, mapeiem áreas de risco e que, nas zonas residenciais previstas, incluam a moradia popular. No mesmo ano a Lei no 12.587 instituiu a Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU. O artigo 24 definiu o Plano de Mobilidade Urbana como o instrumento de efetivação da Política Nacional de Mobilidade Urbana. As cidades com população superior a 20 mil habitantes devem elaborar seus planos no prazo de três anos (até 2015).

O Decreto federal 7217 de 2010, regulamenta a lei federal 11445 de 2007, sobre a Política Nacional de Saneamento. O saneamento é entendido como abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente. Planos municipais de saneamento deveriam ser elaborados até 2014, mas novo decreto os postergou para dezembro de 2015.

A 29 de dezembro de 2009 foi aprovada a lei 12187 da Política Nacional para as Mudanças Climáticas, que cria instrumentos de implementação do Plano e programas decorrentes em diversos ministérios, como os planos setoriais como Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima e o Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima. Mas os investimentos federais em transporte, para a Copa de Futebol de 2014 em 12 metrópoles e as Olimpíadas no Rio de Janeiro, não consideraram monitoramento e redução da poluição do ar. Além disso, realização destas obras colidiu com os direitos à moradia de milhares de pessoas que estavam no caminho destas obras, como demonstram as constantes denúncias.

A principal contradição desta fase do planejamento das políticas públicas é a desconsideração objetiva sobre a universalização abrangendo populações que vivem fora dos preceitos da propriedade privada – posseiros e ocupantes de terrenos públicos e privados – que não tem seus direitos reconhecidos pelo Poder Judiciário e onde a realização de investimentos, na visão

do Direito Administrativo, é proibida. Na implementação de ações para saúde pública, saneamento e recuperação do ambiente urbano, há pontos nodais nos quais fragilidades socioambientais e ausência de direitos se encontram - assentamentos precários, com infraestrutura e serviços incompletos. Moradias autoconstruídas ou construídas sem projetos tem instalações e condições de conforto disfuncionais ou precárias.

O planejamento territorial urbano e periurbano, não se baseou em condicionantes topográficos, geomorfológicos e geoeossistêmicos na definição do parcelamento, uso e ocupação do solo. E mesmo os planos e legislações mais recentes apresentam um descompasso entre o conhecimento científico sobre as dinâmicas territoriais e as regras aprovadas pelo poder legislativo e operadas pelo executivo. O mesmo se pode afirmar sobre o desempenho das edificações. Nesse caso os regulamentos geométricos somente em 2013 passaram a ser relacionados ao desempenho efetivo, através da Norma Brasileira 15575.

O que se verifica é a dimensão do parque edificado sem a realização de projeto, executado ou modificado em desacordo com projetos e sobretudo, com a legislação (Fig. 1). É importante considerar que essa característica envolve a cidade formal e os assentamentos precários (Fig. 2).



Figura 1. Bairro de população de baixa renda com favelas, loteamentos irregulares e, ao fundo, padrão da verticalização dos conjuntos habitacionais recentes. Campinas/SP. (Bueno, 2013)



Figura 3. Bairro de classe média e alta sem área permeável ou vegetada nos lotes, em verticalização comprometendo a insolação das edificações existentes. Campinas/SP (Laura Bueno, 2013)

Os modelos espaciais refletidos na legislação urbanística e edilícia, mais do que responder às diferentes necessidades e desejos dos grupos socioculturais, correspondem

preponderantemente a diferenças socioeconômicas e aos desejos de segregação das forças hegemônicas, através de relação entre preço e padrão espacial do espaço-mercadoria – tamanho dos lotes, larguras das vias e calçadas, exigências de implantação e execução das edificações – infraestrutura , arborização, recuos, área construída, acabamento.

Esses modelos, por serem idealizados, não correspondem ao ambiente construído- histórica e socialmente construído. Boa parte do estoque habitacional brasileiro, assim como de parte das edificações comerciais e de serviços locais, de pequeno porte, tem sido construídas sem apoio do conhecimento dos arquitetos urbanistas e engenheiros. A classe trabalhadora economicamente integrada, através da poupança e do crédito para materiais de construção, tem realizados esse ambiente construído. Ermínia Maricato, em documentário realizado em 1978 (Fim de Semana) já havia registrado essa característica do ambiente construído brasileiro. Nogueira (2013) mais de trinta anos depois, depara-se com o mesmo fenômeno:

“Sem assistência técnica, são pouco os autoconstrutores que conseguem criar soluções construtivas criativas e aproveitar bem o espaço disponível. Na grande maioria das situações, há uma carência geral de conhecimento de construção tanto no que se refere à escolha e ao uso correto de materiais quanto ao domínio das técnicas construtivas”.

O mercado de materiais de construção no Brasil modernizou-se, internacionalizou-se, com a entrada de sofisticados produtos de grandes multinacionais (para os quais são pagos royalties), mas seu uso e a decisão sobre a implantação da edificação no terreno e a organização do espaço fica sob a responsabilidade do morador e dos pequenos construtores, por ele contratados. Assim, ocorrem muitas patologias, tais como alta impermeabilização do solo, falta de espaço livre entre edificações, infiltração e umidade, baixa ou excessiva insolação, com decorrente necessidade de iluminação e climatização artificial.

Mesmo os resultados dos processos formais, sobretudo produzidos pelas empresas que trabalham em desenvolvimento urbano seguindo as normas legais, apresentam resultados que estão longe de satisfazer as necessidades humanas–individuais e sociais. Os modelos formais tem produzido verticalização deteriorando as condições das edificações próximas, geralmente residenciais, que ficam sem privacidade e sem a insolação adequada por estarem na área de sombra. Há alta impermeabilização do solo, preponderância de áreas com alta amplitude térmica, tendência ao uso de iluminação e climatização artificial, escassez de espaços livres e públicos, infraestruturas inadequadas, que aumentam o risco de impactos negativos relacionados às consequências de eventos climáticos extremos nas cidades, bem como sua maior dependência de insumos externos e distantes (energia, água, materiais de construção e abastecimento de forma geral).

Não é mais necessário haver expansão das cidades - transformação de áreas rurais (com atividades agropastoris ou com vegetação regenerada) em áreas urbanas – para moradia de baixa ou alta densidade, para altas ou baixas rendas, empreendimentos industriais e comerciais. Essas áreas periurbanas, entretanto, já recebem os impactos (dos fluxos sociais, de matéria e energia) das cidades existentes. O crescimento demográfico está baixando e há muitas áreas ociosas a serem reocupadas, com descontaminação, reabilitação e requalificação no tecido urbano. E precisamos destas áreas para alimentação (verdes) e microclima urbano.

Assim, qualquer novo empreendimento deve passar por avaliação socioambiental criteriosa e transparente, pois geralmente é questionável. O planejamento urbano de interesse público deve tratar as áreas rurais, as áreas periurbanas – com cuidados e visão de futuro radical. Há, portanto, a necessidade de uma reforma política que garanta que os interesses sociais, coletivos sejam preponderantes em comparação aos interesses econômicos, que travestidos de criação de emprego e de impostos, se passam os interesses privados por interesse público das políticas urbanas. Como serão eleitos gestores e contratados profissionais que façam isso? Como se dará o controle social destes processos?

3 A ÁGUA NO MEIO URBANO

A saúde pública recomenda 100% de atendimento, separando-se os esgotos das águas pluviais. Pesquisas registram que grandes obras setoriais tem forte poder destrutivo sobre processos ecossistêmicos do metabolismo urbano. (Name & Bueno, 2013; Tucci, 2006; Andrade & Blumenschein, 2012).

No que diz respeito à drenagem urbana, a canalização de córregos, rebaixamento de lençóis freáticos, enterramento de nascentes proliferaram na urbanização, reduzindo em muito a presença das águas do sistema hídrico e pluviais no meio urbano. Somente no final do século XX a engenharia se volta ao manejo das águas urbanas. (Tucci, 2006)

No Brasil, o déficit de serviços de coleta, afastamento e tratamento de esgotos domésticos, somou-se à mudança da composição dos efluentes de esgotos domésticos, que atualmente trazem elementos não retirados durante os tratamentos convencionais. Os processos de tratamento de água desenvolvidos no século XX levaram à falsa ideia de que, independente da poluição da água bruta, retirada dos mananciais, o tratamento convencional tornaria essa água potável, viável para abastecimento público. Mas o uso de produtos químicos de toda ordem, que entraram no dia a dia da população e dos processos produtivos, como organofosfatos e organoclorados, compostos benzênicos, fenólicos, ésteres do ácido ftálico, aromáticos polinucleares, não são removidos pelo tratamento convencional. (Rebouças, 2006) Assim, grande volume da água bruta usada para abastecimento está contaminada de elementos que podem trazer impactos na saúde humana, já comprovados, ainda pouco conhecidos em profundidade. Por isso as fontes de água para uso humano precisam estar protegidas da atividade urbana e da atividade agrícola, em áreas florestadas. São áreas de uso comum, *commons*, esse é outro desafio sociopolítico. A Constituição e legislação regulamentar posterior congelam o estatuto da propriedade privada. Assim, não há criatividade no controle coletivo e no acesso social.

No século XXI a ciência empírica da elaboração de tecnossistemas mais sustentáveis se volta à aplicação dos estudos sobre os processos naturais e deverá seguir os preceitos do Urbanismo ecológico (Mostafavi, 2012) O chamado hidrograma ecológico é proposto para estudo, design e dimensionamento. Procura-se estimar as vazões e as formas de ocupação do leito maior que devem garantir segurança para inundações periódicas e, ao mesmo tempo, para a fauna aquática reproduzir-se. (Andrade & Blumenschein, 2012). Compreender e aplicar esse processo em planejamento e projeto implica em planejamento temporal e territorial, conforme as bacias hidrográficas, e suas subdivisões – sub-bacias, micro-bacias, áreas de drenagem.

Kushual & Belt (2012) destacam quatro dimensões espaciais e temporais na análise e proposição de ações em bacias urbanas: montante-jusante dependente da amplitude topográfica, transversal ao talvegue que possibilita o lançamento da poluição difusa nas águas, vertical, a depender da infiltração pluvial e dos vazamentos de outras redes, como esgotos, combustíveis, alcançando o curso d'água e a dimensão temporal, do ritmo da urbanização e intensidade das transformações dos canais e terrenos naturais.

Novas formas de manejo das águas são integradas a plano e projetos integrados, para gestão integrada. A insolação, ventilação, redução da poluição sonora e incômodos pedem pé direito mais alto, implantação que garanta ventilação cruzada, arborização alta para efeitos sonoros – bom projeto com garantia de execução e manutenção continuada.

O abastecimento, esgotos, resíduos e drenagem devem ser controlados no lote ou quadra. As águas pluviais do lote não podem ser lançadas diretamente nas vias. O lote ou quadra devem ter estruturas artificiais de controle para reproduzir as vazões e tempos de escoamento mais próximos à situação anterior. As águas pluviais escoadas na primeira hora a vazão média da área antes da urbanização. Maiores lançamentos geram taxas de serviço. A regra é infiltrar, retardar o fluxo, conter (em espaços adequados) as águas.

A avaliação de intervenções em assentamentos precários mostra que para universalizar o saneamento é preciso implementar formas de acesso aos serviços com reconhecimento dos padrões espaciais - uma adequação processual. A gestão das vias públicas e coletivas (do esgotamento condominial, valas de infiltração, coletores de poluição difusa nas bocas de lobo) com estruturas devem ser de responsabilidade das empresas de saneamento.

Integra-se as formas de uso e ocupação – loteamento, condomínio, usos mistos, usos lucrativos, posse regular, irregular, cessão, compra pronta, construída aos poucos – conforme condição locacional - encostas, baixios, áreas periurbanas, periferias e áreas centrais.

A chamada infraestrutura verde apresenta grandes avanços conceituais e já se pode verificar alguns resultados em termos de qualidade do ambiente urbano. Mas, as contradições não podem ser obscurecidas, sob pena de apresentá-la como uma panaceia para os problemas sociais. A sua aplicação como exigência para o “município” tratado homogeneamente, sem diferenciar setores econômicos que lucram com o desenvolvimento urbano, e os recursos econômicos e culturais dos diferentes grupos sociais pode trazer uma ampliação das desigualdades. As ações envolvem restrições e penalizações à população diferenciadamente, como a retirada de pessoas e áreas de risco, e das áreas de preservação permanente (APPS). A socialização dos custos do reflorestamento de margens, piscinões, mais dispositivos e mais limpeza da drenagem, favorece os grupos sócios e empresas que se beneficiaram historicamente dos modelos espaciais predatórios. A exigência de taxas de infiltração maiores nas normas, novos componentes (cisternas, telhados verdes, etc), sem financiamento e subsídio transforma a arquitetura e urbanismo ecológico em mais um produto para poucos. O aumento de impostos e taxas para os padrões convencionais vai onerar o cidadão comum, socializando-se os custos.

Por outro lado, ao mesmo tempo em que tem sido propostas e até aprovadas novas regras voltadas ao setor privado, as prefeituras não praticam a arquitetura e urbanismo ecológico nos edifícios e espaços públicos (nem mesmo os dispositivos de infraestrutura verde) devido à prática de contratação de projetos e obras setoriais e por menor custo, assim como pelo crescente corte de custos de operação e manutenção.

Pesquisas prospectivas indicam que ações precisam ser planejadas e projetadas conforme micro bacias onde se localizam os bairros prioritários - adaptação do metabolismo urbano para mais justiça social - o que implica adoção generalizada de tecnologias sociais para práticas ecológicas, como retenção e reuso das águas, permacultura, agricultura urbana, esgotamento condominial e arborização. Sua evolução/adaptação deve buscar observar e recriar artificialmente os processos naturais.

Não pode ser considerado “natural” no meio urbano haver mal cheiro nas bocas de lobo e nos córregos durante o período de estiagem. Isso é sinal de esgotos lançados na rede pluvial. Os rios e córregos urbanos podem tornar-se bonitos e aprazíveis aos moradores da cidade? Será preciso atuar naqueles pontos nodais nos quais fragilidades socioambientais, a degradação e a ausência de direitos se encontram - assentamentos precários, com infraestrutura mal projetada e serviços incompletos. A implantação destas melhorias envolve adequação do estoque habitacional, adequação e complementação da urbanização dos bairros, melhoria da renda e da educação (formal, cidadã, sanitária, ambiental). As necessárias demolições de moradias em risco precisam estar articuladas à construção de moradias com qualidade e de acordo com as características dos removidos. A visão processual, integrada, sistêmica implica em agir em pequenos compartimentos ambientais nos quais se consiga reduzir a dissipação e diluição de poluentes no ar, água e solo, devido à importância do escoamento superficial no meio urbano. Dessa forma é possível reduzir a poluição difusa e seu impacto na qualidade das águas urbanas. A qualidade das águas em um curso d'água urbano depende de haver redes de esgotamento, coletores-tronco e ETEs, de redução da poluição difusa e haver manutenção e limpeza urbana - universal, abrangente.

No Brasil, conforme a legislação de APPs nas cidades é proibido chegar perto ou mesmo ter visibilidade ao curso d'água. Sandra Soares de Mello cunhou a expressão “intangibilidade das apps” (Mello, 2005). Essa norma alimenta a sensação de perigo e conflita com segurança pública. Essa enorme diferença entre a lei e a realidade, torna difícil e fragmentada, pois sempre questionada por algum setor uma ação de longo prazo – o que essa realidade requer. (Denaldi, 2013; Martins, 2006) As pessoas que moram precariamente próximas aos cursos d'água tem dificuldade de imaginar outra convivência com os sistemas naturais na cidade, pois muito degradados. Os ambientalistas têm dificuldades de olhar a cidade como parte da natureza. Os sanitaristas afirmam que a universalização é viável, sem perceber a inviabilidade legal de ampliar as redes sem entrar em propriedade privada ou terrenos em litígio, sem considerar atender construções irregulares. Setores econômicos querem a cidade como uma máquina para a circulação de veículos e mercadorias.

Esse é o desafio. O que se pode fazer? Como melhorar a qualidade da água da rede hídrica que passa pela cidade? Como transformar essa realidade histórica e em andamento e ao mesmo tempo melhorar a vida –não só do “cidadão” que tem capacidade de pagar pelos serviços urbanos fornecidos pelas parcerias –público –privadas, mas daquele que mora precariamente?

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de recuperação ambiental urbana e adaptação do ambiente urbano aos novos desafios colocados pelas mudanças climáticas e novo perfil das necessidades sociais implica em planejamento temporal e territorial. A unidade espacial bacia hidrográfica (com suas subdivisões – sub-bacias, micro-bacias, áreas de drenagem) – é operacional e didaticamente adequada para essas mudanças. Será um processo participativo de elaboração de projetos integrados, planejamento de investimentos para ações e obras.

O planejamento desses programas por sub bacia gera resultados palpáveis que ampliam o apoio da sociedade à sua continuidade. Mas sem ampliar os programas de caça-esgoto e de redes de esgoto condominial não há perspectiva para melhorar a qualidade das águas. Integra-se as formas de uso e ocupação – loteamento, condomínio, usos mistos, usos lucrativos, posse regular, irregular, cessão, compra pronta, construída aos poucos –conforme sua condição locacional e do sítio - encostas, baixios, áreas periurbanas, periferias e áreas centrais, com seu reajustamento fundiário.

Mas a precariedade é ilegal, segundo o mundo abstrato da lei e da ordem. Fere leis e códigos de parcelamento e edificação. Segundo muitos advogados destas empresas e de prefeituras, o esgoto condominial- passar rede (dinheiro público) que tem que ser mantida pelo concessionário ou poder concedente em terreno privado– é ilegal. Assim a universalização inviabiliza-se, pois os poucos assentamentos atendidos geram processos administrativos e jurídicos burocráticos e demorados, procurando formalizar uma regularização negada pela formalização legal.

Os gestores, com o objetivo de aumentar lucros em empresas públicas mistas ou diminuir gastos públicos não retornáveis sob forma de impostos ou taxas, são coniventes com essa tese, e se recusam a fazer essas ações. Engrossando na prática o coro contra o direito universal à cidade saudável e sustentável, somam-se engenheiros e arquitetos que consideram esses investimentos um desperdício, já que muitos destes assentamentos mais dia menos dia vão ser regularizados (demolidos e reconstruídos conforme a paisagem comum) ou removidos, para bem longe.

A atual “crise da água” nas metrópoles de São Paulo - região mais rica, industrializada e urbanizada do país - apresenta um desafio. Falta de água, racionamento, tarifas diferenciadas, aumento do mercado de água engarrafada, perda de áreas públicas, jardins e pomares - sem

que ainda o acesso seja universal terão a consequência de sempre: redução do acesso e aumento do custo para os mais pobres e “mal” localizados.

Enquanto isso, mantemos nossos índices de doenças transmissíveis pela água, e temos de ver e sentir o odor das águas urbanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acsegrad, H.; Herculano, S.; Pádua, J.A.J. 2004. *Justiça Ambiental e Cidadania*, Rio de Janeiro:Relume Dumará.
- Alexander, C.; Ishikawa, S.; Silverstein, M. 2013. *Uma linguagem de padrões*. (1ª. edição 1973). Porto Alegre: Bookman.
- Andrade, L. M. S.; Blumenschein. 2012. *Metodologia de Elaboração de Hidrograma Ecológico: um parâmetro para gestão sustentável de APPs urbanas nas margens dos cursos d'água*. In APPUrbana. Livro de actas Natal : UFRN
- Bueno, L. M. M. ; Oliveira, G. O.; Almeida, E. R; Almeida, V. M. 2009. *Intervenção em favelas na perspectiva de uma regularização fundiária sustentável: limites e avanços*. In V Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Livro de actas. Recife.
- Bueno, L. M. M. 2011. *Cidades e Mudanças Climáticas no Brasil: Planejamento de Medidas ou Estado de Risco?* In Sustentabilidade em Debate v. 2, n. 1. 81-98. Brasília
- Bueno, L. M. M.; Astier, G. 2013. *Precairous housing in risk areas: perspectives within vulnerable communities in Brazil*. In 20th ISUF - International Seminar on Urban Form. Brisbane.
- Dean, W. 1995. *A Ferro e Fogo: A história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira*. São Paulo: Companhia da Letras.
- Denaldi, R. 2013. *O desafio de Planejar a Cidade: política urbana e habitacional de Santo André, SP, 1997-2008*. Santo André: Annablume.
- Harvey, D. 2003. *O novo imperialismo*. São Paulo: Edições Loyola.
- Harvey, D. 2012. *O enigma do capital e as crises do imperialismo*. São Paulo: Boitempo.
- Kaushal, S. S.; Belt, K. T. 2012 *The urban watershed continuum: evolving spatial and temporal dimensions*. In Urban Ecosystem. 15. 409 -435
- Lacerda, N.; Leal, S. 2010. *Mercado imobiliário de aluguel em áreas pobres: normas de funcionamento e sentidos da formalidade*. In Novos padrões de Acumulação Urbana na produção do Habitat: olhares cruzados Brasil-França. Recife: UFPE.
- Maricato E. T.M. 2001. *Brasil Cidades: alternativas para a crise urbana*. Petrópolis: Editora Vozes.
- Martins, M. L. R. 2006. *Moradia e Mananciais: tensão e diálogo na metrópole*. São Paulo: FAUUSP/FAPESP.
- Mello, S. S. 2005. *As funções ambientais e as funções de urbanidade das margens de cursos d'água*. In Revista Oculum Ensaios. Nº 4.
- Mostafavi, M. 2012. *Why ecological Urbanism? Why now?* In MOSTAFVI. M. & DORHOERY. Gareth. Ecological Urbanism. Harvard University and Laars Muller Publishers.
- Name, L.; Bueno, L. M.M. 2013. *Do risco ao sacrifício: “ambientalização” com injustiça ambiental? Análise a partir de duas cidades brasileiras*. In XIV EGAL Encontro de Geógrafos da América Latina. Livro de actas. Lima
- Nogueira, P. 2013 *Discutindo a lógica da autoprodução de moradias*. In Oculum ensaios V.10, n.1. 57-72 Campinas.
- O'Connor, J. 1977. *USA: a crise do estado capitalista*. São Paulo:Paz e Terra.
- Odum, E.; Barret, G. W. 2014. *Fundamentos da Ecologia*. São Paulo:CENCAGE.

Offe, C. 1989. *Capitalismo desorganizado: transformações contemporâneas do trabalho e da política*. São Paulo:Brasiliense.

Torres, H. 2009. Indicadores de desigualdade ambiental In ACSELRAD, H.; MELLO, C. C. A.; BEZERRA, G.N *O que é justiça ambiental*. Rio de Janeiro:Garamond.

Tucci, C. E. M. 2006. *Água no Meio Urbano*, In REBOUÇAS A. BRAGA B. E TUNDISI, J. G. (orgs) *Águas doces no Brasil* 3ª ed. São Paulo: Escrituras

Pegada Ecológica e produção de alimentos dos municípios e sua relação com padrões espaciais

Miguel Aloysio Sattler

Federal University of Rio Grande do Sul, Department of Civil Engineering, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil
masattler@gmail.com

ABSTRACT: Forecasting what might occur in our planet up to the end of this century is indeed very worrying: the exhaustion of fossil fuels; the world population and food production peaks; hunger; pollution; among others. The existing cities certainly will have to be regenerated or rethought, this leading to the design of a new type of human settlements. The ecological footprint of the majority of cities reveals that both the present logistics of food transportation, as the way of producing it, usually in an intensive way in very large areas, by large located very far from the consumers, determine considerable environmental impacts. Such problems are aggravated when considering large cities. This paper refers to some design spatial patterns that could be employed to reduce the impact of such scenarios. Central to this, is the understanding that food provision cannot be dissociated from context determined by the scale and the spatial distribution of human settlements, when we aim at a human habitat with a higher degree of resilience and sustainability.

Keywords: urban agriculture, small municipalities, spatial patterns, ecological footprint, sustainability.

RESUMO: São muito preocupantes os cenários hoje construídos para uma série de eventos de ocorrência provável até o final do presente século: esgotamento de recursos fósseis; pique da população mundial; pique da produção de alimentos; fome; poluição; etc. As atuais cidades, muito provavelmente, terão que ser, ou restauradas, ou repensadas, isto implicando no projeto de novos assentamentos humanos. A pegada ecológica da maioria das cidades aponta, como fator de grande impacto, tanto a logística atual de transporte de alimentos, quanto a forma de sua produção, concentrada em extensas áreas, em geral situadas a grandes distâncias dos consumidores. Tais problemas são agravados quando no suprimento às grandes cidades. Este trabalho aponta para padrões espaciais que poderão ser empregados para abrandar a gravidade de tais cenários, tanto de forma de produção de alimentos, quanto da escala e distribuição de assentamentos humanos, de modo a conferir uma maior resiliência e sustentabilidade à espécie humana.

Palavras-chave: produção urbana de alimentos, pequenas municipalidades, padrões espaciais, pegada ecológica, sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Passados mais de quatro décadas do alerta feito pelo Clube de Roma, em 1968, constituído por cientistas, industriais e políticos, e que resultou na publicação “Os limites do crescimento” (Meadows *et al*, 1972), e mesmo que as preocupações com a sustentabilidade da espécie humana façam parte do nosso cotidiano, mudanças efetivas são dificilmente perceptíveis. A população planetária continua a crescer, com indicativos de que ultrapassaremos a marca dos 10 bilhões bem antes do final do século; a poluição do ar, solo e águas cresce a um ritmo talvez superior ao da população; o consumo de recursos energéticos não renováveis também cresce de forma análoga. Tal quadro inevitavelmente nos conduz a uma indagação: a persistir este quadro, francamente degenerativo (Lyle, 1994), como iremos suprir alimentos, em quantidade

e qualidade, no futuro não muito distante, de algumas décadas; ou seja, de apenas uma geração?

Uma das ferramentas mais utilizadas para a avaliação deste quadro é a Pegada Ecológica (Wackernagel & Ries, 1996), que identifica as áreas ecologicamente produtivas de terra e água, expressas em hectares globais (gha), necessárias para sustentar uma determinada população (incluindo a planetária), considerando os recursos materiais e energéticos por ela gastos. Uma atualização da pegada ecológica planetária é realizada a cada dois anos, desde 1998, pela ONG WWF (2014), apontando, inclusive, as áreas sendo gradualmente degradadas.

Na escala de aglomerados urbanos, um dos trabalhos mais completos de cálculo da pegada ecológica foi realizado pela Best Foot Forward (BFF, 2002), empresa de consultoria em sustentabilidade, para a área da Grande Londres, à época com 175 mil hectares e 7,4 milhões de habitantes, tendo como referência o ano 2000. A pegada ecológica de cada habitante de Londres foi calculada como sendo de 6,63 gha. O estudo apontou que este valor não era muito distinto do valor médio de pegada ecológica de cada residente de todo o Reino Unido, de 6,3 gha. O estudo também assinalou que o consumo de materiais e a geração de resíduos era responsável por 43% da pegada ecológica, enquanto que os alimentos eram responsáveis por 41% da pegada, alcançando 2,8 gha. O estudo ainda destacou que, do total de 6,9 milhões de toneladas de alimentos consumidos pelos londrinos, 81% (5,585 milhões ton, correspondendo a 0,94 ton/hab) era originário de fora do Reino Unido.

Este estudo mostra a significância do impacto do tópico “alimentos” sobre a pegada ecológica individual e resultou em uma série de estudos desenvolvidos pela Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis, da área de Construção (NORIE), do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, a partir de 2000. Dada a limitação de pessoal para a realização dos estudos, normalmente envolvendo apenas a estudantes de pós-graduação e de graduação, bem como a escassez de recursos para realizá-los, o NORIE optou por centrar esses estudos em pequenas municipalidades: inicialmente em Nova Hartz (Brito, 2003), hoje com cerca de 18 mil habitantes, e posteriormente, em Feliz, com aproximadamente 13 mil habitantes. Os estudos visaram, simultaneamente, caracterizar a pegada ecológica de cada municipalidade, e buscar identificar diretrizes que pudessem ser empregadas em cada local, visando a sua diminuição, com conseqüente avanço em direção à sustentabilidade. Muitas destas diretrizes foram inspiradas em Christopher Alexander e seus padrões, encontráveis em sua obra - *A Pattern Language* (Alexander, 1977). Este trabalho apresenta alguns dos resultados obtidos e os padrões de Alexander que podem conduzir a uma redução na pegada ecológica e se focaram na municipalidade de Feliz, onde diversos estudos foram desenvolvidos nos últimos 10 anos.

2 PADRÕES ESPACIAIS, PEGADA ECOLÓGICA E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

De acordo com Sassi (2006), os alimentos, além de ocupar extensas áreas para sua produção, também requerem uma quantidade significativa de energia para o seu transporte. Conforme a autora, nos Estados Unidos os alimentos viajam, em média, de 2.500 a 4.000 km em seu deslocamento desde as zonas de produção até a mesa dos americanos. Além disso, as atuais práticas agrícolas, baseadas em pesticidas e fertilizantes, afetam a saúde humana, contaminam a água e reduzem a biodiversidade.

Portanto, para se fortalecer a economia agrícola de cada local, e reduzir as emissões de gases de efeito estufa decorrentes do transporte, dever-se-ia dar preferência à produção local de alimentos, e encorajar a produção orgânica. A mudança para uma agricultura orgânica, além de não reduzir os níveis de produtividade, é mais eficiente no uso da energia. Melhor ainda seria o cultivo de alimentos orgânicos na própria propriedade das pessoas, trazendo benefícios psicológicos e contribuindo para a educação ambiental, por meio da aproximação do homem com o meio ambiente (Sassi, 2006).

Tal visão também é compartilhada por Lyle (1994), segundo o qual, em um futuro regenerativo, ao invés de monoculturas, haverão culturas diversificadas; as plantações serão combinadas com árvores, animais e pequenas reservas, interligadas por corredores ecológicos; os limites conterão zonas de transição; a mão do homem não interferirá no desenvolvimento natural. O homem se tornará, fisicamente e intelectualmente, parte da paisagem e a paisagem deixará de ser uma colcha de retalhos e passará a ser um contínuo. Também para Lyle (1994), na busca da sustentabilidade é imperativa a promoção da produção urbana de alimentos.

Poder-se-ia perguntar, particularmente em função de o tema usualmente não ser abordado em cursos de arquitetura e engenharia: mas quão produtivas são, ou deveriam ser, as áreas urbanas? Ou, colocando de outro modo, e mais objetivamente, que área de terra seria necessário alocar para o atendimento de nossas necessidades em alimentos?

2.1 Os padrões de Christopher Alexander

Tais questões, assim como outras, associadas ou não à produção de alimentos, têm direcionado vários estudos desenvolvidos no NORIE, envolvendo a temas (uso do solo, morfologia urbana, gestão de resíduos, etc.) com inúmeras conexões entre si. Assim acontece, também, em três disciplinas ministradas no NORIE: Desempenho do Ambiente Construído, Projetos Regenerativos e Engenharia Urbana Sustentável. Além de terem como objeto de estudo a municipalidade de Feliz, elas têm em comum, o fato de a cidade ser tratada como um sistema complexo, e de adotar, entre suas referências, a obra “A Pattern Language” (Alexander et al., 1977), o que tem se mostrado muito útil e inspirador.

Os autores, por meio da abordagem de patterns (que, no Brasil, têm sido referidos como padrões), reforçam a importância de se considerar “o todo” de um projeto, não o dissociando em partes, bem como de se contemplar a interação entre pessoas e ambientes. A obra propõe que a associação de um conjunto de padrões, compondo uma linguagem, poderia determinar a estrutura do espaço urbano, segundo as intenções de cada projetista e sob uma visão totalizadora e integradora (Moehlecke, 2010).

Alexander, na introdução da obra acima referida, afirma: “Uma Linguagem de Padrões representa uma maneira de se construir e projetar”. A linguagem identifica padrões em diferentes escalas: desde a escala de uma região; até a de detalhes construtivos, como os associados a pisos, escadas, janelas, etc. Cada um dos 253 padrões constituintes da linguagem foi identificado pelos autores, no decorrer de um longo período de observações, no mundo real, por suas características espaciais, tendo por referência lugares bem sucedidos. Por se tratar de uma solução flexível, de caráter intemporal, a obra tem se constituído uma referência, mesmo para questões atuais, inclusive para o incipiente tema da sustentabilidade (Moehlecke, 2010).

2.2 Os padrões de Christopher Alexander aplicados a assentamentos humanos

Em função da interconexão entre os padrões, é muito difícil tratá-los isoladamente, ou apenas “pinçar alguns”, como nos obrigamos a fazer neste trabalho, pelo fato de este ter uma extensão limitada. Isto nos obrigou a nos restringirmos àqueles associados à produção de alimentos, na escala da municipalidade. Moehlecke (2010), em sua dissertação de mestrado no NORIE, por exemplo, buscou identificar na obra de Alexander et al. (1977) os padrões urbanos relacionados a princípios de sustentabilidade, na busca por estratégias de intervenção que pudessem conduzir assentamentos humanos a uma condição de maior sustentabilidade. Nessa busca, ela identificou nada menos que 108 padrões, dentre os 253 padrões constantes na obra!

No presente trabalho referiremos apenas cinco padrões. Não se pretende propor que estes sejam os mais relevantes. Eles foram selecionados, aqui, pelo fato de poderem ser relacionados a alguns dos trabalhos sendo desenvolvidos em nosso “laboratório”: a municipalidade de Feliz.

2.2.1 Padrões aplicados ao uso do solo

O padrão 3 - City country fingers, da obra de Alexander et al. (1977) propõe que a urbanização dispersa destrói a vida e torna as cidades insuportáveis. Os autores mencionam que as pessoas se sentem confortáveis quando têm contato com o campo e com áreas agrícolas, acesso a plantas selvagens e a pássaros e outros animais. Ao mesmo tempo, é apontado que a cidade torna a vida agradável somente quando ela contém uma grande densidade de interações entre pessoas e trabalho e oferece diferentes opções quanto a formas de se viver. Com base nisso, entendem que as cidades deveriam possibilitar o fácil acesso a áreas naturais e, para que esta interação ocorra, a cidade deveria ser contínua, não interrompida. Recomendam, por isto, que se mantenham entrelaçadas as faixas de solo urbano e rural, deste modo entrelaçando campo e cidade, mesmo em centros urbanos.

Já, em seu padrão 4 (Agricultural valleys), os autores referem que a melhor terra para a agricultura costuma ser, também, a melhor para as edificações. No entanto, explicam que a quantidade de tais terras é limitada e que, uma vez destruídas, são requeridos séculos para a sua regeneração. Por isso, recomendam que os vales agrícolas sejam preservados para o cultivo e que sejam protegidos de qualquer urbanização que possa destruir ou comprometer a fertilidade do solo. Adicionam, ainda, que mesmo que tais vales não estejam sendo cultivados, eles deverão ser protegidos, destinando-os a fins agropecuários, a parques ou a áreas preservadas.

O padrão 6 (Country towns) identifica a cidade grande a um grande ímã. Disso resulta ser imensamente difícil que as pequenas comunidades urbanas permaneçam vivas e saudáveis, diante do crescimento urbano central. Comentam os autores que não é apenas o oferecimento de empregos o que força as pessoas a migrar para as grandes cidades; mas, também, a busca por informação, por uma forma de conexão com a cultura. Portanto, os autores recomendam que sejam preservadas as pequenas comunidades, ali mesmo onde elas se encontram, e que se encoraje o crescimento de novas pequenas cidades, com populações entre 500 e 10.000 habitantes; que estas sejam inteiramente circundadas por áreas rurais e distanciadas de, no mínimo, 15 quilômetros de cidades vizinhas de mesmo porte. Também deverá estar presente a preocupação em se proporcionar, a cada uma destas comunidades, o que for necessário para a instalação de indústrias no local, de modo que elas não venham a constituir tão somente dormitórios para pessoas que trabalhem em outros locais, mas que sejam verdadeiras pequenas cidades, capazes de dar sustento ao conjunto da vida.

No padrão 29 (Density rings), os autores mencionam que as pessoas querem estar próximo de lojas e dos locais de oferta de serviços; tanto por conveniência, como por serem estimulantes. Ao mesmo tempo, as pessoas querem estar distantes do burburinho dos locais de oferta de serviços, para desfrutar de quietude e proximidade a áreas verdes. O exato equilíbrio desses dois desejos varia de pessoa para pessoa, mas, em síntese, é o equilíbrio desses dois desejos o fator determinante para o gradiente de densidade de moradias que deve ser buscado em um bairro. Com base nisso, os autores sugerem que a partir da definição da localização do núcleo de uma comunidade, sejam definidos anéis de densidade decrescente de moradias, circundando este núcleo.

2.2.2 Padrão associado à produção domiciliar de alimentos

Alexander et al (1977), em seu padrão 177 (Vegetable Garden), propõem que, se interessada em participar da busca por uma maior saudabilidade urbana, cada família deveria cultivar os vegetais necessárias para o seu sustento. Os autores mencionam como sendo “coisa do passado” pensar que esta atividade seja apenas um hobby para entusiastas; segundo eles, o cultivo de vegetais deveria ser encarado como constituindo parte fundamental da vida humana. Explicam, ainda, que os legumes e verduras constituem os alimentos mais essenciais, sendo os únicos inteiramente capazes de sustentar ao ser humano e que, para a produção dos vegetais

necessários para alimentar uma família de quatro pessoas, ao longo de um ciclo anual, somente se requer um décimo de um acre (o equivalente a 404,7 m²). Assim, recomendam a reserva de um pedaço de terra correspondente, seja em cada jardim particular, seja em terrenos comunitários, para esta função.

3 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE FELIZ

O município de Feliz integra a mesorregião metropolitana de Porto Alegre e da microrregião de Montenegro, possuindo uma área de 95,371 km² e uma população de 12.359 habitantes (IBGE, 2010). De acordo com os limites político-administrativos estabelecidos, a área urbana representa 20,4% da área do município e a área rural 79,6% (Feliz, 2012). Já, em termos de distribuição, 76,18% da população ocupa a área urbana, enquanto a população rural corresponde a 23,82% da população total (IBGE, 2010), definindo uma densidade demográfica média de 129,59 hab./km²; sendo de 484 hab./km², na zona urbana, e de 38 hab./km², na zona rural.

Vales, morros e planícies definem o relevo do município. Os montes e morros se acentuam na área situada mais ao norte do município. As planícies, na margem do rio Caí e dos arroios, apresentam grande fertilidade do solo. Nessas planícies predomina o cultivo de hortifrutigranjeiros, tendo destaque a produção de morangos (Feliz, 2012).

O município está localizado entre dois importantes polos econômicos: a região metropolitana (distante 80 km de Porto Alegre) e a Serra Gaúcha (a cerca de 50 km de Caxias do Sul), sendo sua localização e a identificação de áreas urbanas e rurais. Segundo levantamento recente, as indústrias do setor metalomecânico, calçadista e moveleiro contribuíram com 39,57% da produção local; o setor de comércio e serviços, com 38,68% e as atividades do setor primário representaram 21,71%. Este setor de atividades compreende 720 propriedades rurais no município, que somam 4.850 ha. Nestas, a ênfase é dada ao cultivo de hortifrutigranjeiros, e à produção de aves e suínos. A maior parte da produção agrícola do município é exportada para Porto Alegre e comercializada na CEASA (Centrais de Abastecimento do Rio Grande do Sul S.A.), em grandes redes de supermercados, em mercados menores ou diretamente revendida para bancas do centro de Porto Alegre. Quanto à produção de aves, de suínos e de leite, a maior parte é comprada por grandes empresas do setor (Feliz, 2012).

Algumas singularidades associadas ao município de Feliz lhe dão distinção, alçando-o a uma condição referencial para os municípios brasileiros. Em 1998, o município ganhou projeção nacional, ao figurar como o primeiro colocado no ranking dos municípios brasileiros, em termos de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), de acordo com relatório divulgado pela Organização das Nações Unidas - ONU (Feliz, 2012). Desde então o município tem se destacado, também, por outros resultados. Em 2010, dados do Censo do IBGE (2011) apontaram Feliz como sendo o município com o menor índice de analfabetismo do Brasil. Os dados assinalavam que apenas 0,95% da população adulta não sabia ler, nem escrever. Mais recentemente, o município foi classificado como o de maior índice de desenvolvimento, no Estado do Rio Grande do Sul, e em quinta posição no país, segundo o Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios (ISDM), criado pelo Centro de Microeconomia Aplicada da Escola de Economia, da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2012), em 2012. Atualmente, Feliz continua a apresentar altos índices de educação, saúde e desenvolvimento, apresentando índice IDH de 0,839 e ocupando o 72º lugar no ranking brasileiro (PNUD, 2012).

Diversos estudos foram e estão sendo desenvolvidos pelo NORIE, tendo por foco a municipalidade (Fig. 1). Eles incluem, entre outros trabalhos, cinco dissertações de mestrado e uma tese de doutorado, concluídos entre 2009 e 2014 (Souza, 2009; Souza, 2012; Gehrke, 2012; Samuel, 2012; Moschetta, 2013; Kuhn, 2014). O conjunto de estudos desenvolvidos busca identificar diretrizes que, tanto como para Feliz, sirvam de referência para outras pequenas municipalidades em sua busca por um maior grau de sustentabilidade.

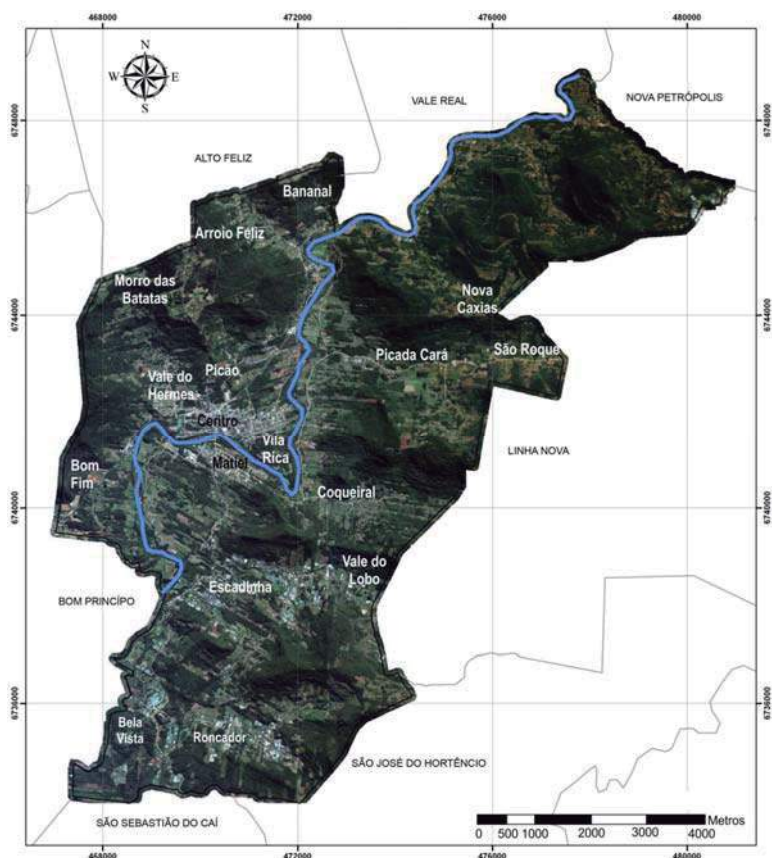


Figura 1: Município de Feliz, seus bairros e distritos, assim como municípios vizinhos, estando em destaque o Rio Caí. (Souza, 2012).

4 PEGADA ECOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE FELIZ

No primeiro estudo realizado pelo NORIE, que buscou caracterizar a pegada ecológica associada a alimentos no município de Feliz, Souza (2009) chegou a um valor total de 0,37 gha/hab, resultante da soma de duas parcelas: a) uma, associada à produção de frutas, vegetais e grãos, e de valor igual a 0,14 gha/hab; b) a segunda, associada a produtos animais, com valor igual a 0,23 gha/hab. Esta pegada ecológica, multiplicada pela população total do município, requereria uma área total para prover alimentos à população de Feliz, à época, de 4.321 gha/hab. Ou seja, uma área em torno de 45% da área total do município, caso seja tomada como referência de cálculo a área total do município (9.537 ha), e supondo que toda essa área seja ecologicamente produtiva.

A partir de então, diversos estudos foram sendo aprofundados, no sentido de se melhor conhecer a efetiva pegada ecológica do município. Questionava-se o por que de ser tão diferente da pegada ecológica de alimentos da Grande Londres (talvez a mais precisamente calculada até esta data), calculada pelo BFF como sendo 2,8 gha/ha. Ou seja, qual a justificativa para a pegada ecológica de um londrino ser 7,5 vezes maior que a pegada de um felizense?

Em primeiro lugar, há que se considerar que nenhum dos dois valores (2,8 gha/hab e 0,37 gha/hab) corresponde exatamente à definição de pegada ecológica de alimentos. O cálculo desta requer que se divida o consumo de um produto agrícola específico (expresso em toneladas, por exemplo), pela produtividade específica de uma determinada área de terra (dependente do nível de fertilidade de seu solo) para a produção deste produto (expressa em toneladas por hectare).

No cálculo realizado para Londres foi incorporado ao valor calculado para a pegada ecológica de alimentos o equivalente, em área de terra, toda a energia consumida para disponibilizar aos londrinos os alimentos requeridos (incluindo transporte; energia incorporada à embalagem dos

alimentos; uso de máquinas, equipamentos fertilizantes e agrotóxicos, requeridos na fase de produção; energia de refrigeração, etc.).

Já, no caso de Feliz, o cálculo realizado por Souza (2009), computou a área hipoteticamente requerida para dar sustento a todo o rebanho animal hospedado no município, assim como a fração da área total do município destinada à produção agrícola, à época. Tal procedimento foi adotado pela indisponibilidade de dados, tais como os disponíveis para Londres, sobre o efetivo consumo de alimentos por parte da população do município. Diante desta aproximação grosseira de cálculo da pegada ecológica atribuída à alimentação da população de Feliz foram desenvolvidos estudos no sentido aprimorar o cálculo, com o objetivo de avaliar o que a população local efetivamente estaria consumindo.

Em estudo posterior ao de Souza (2009), para cálculo da pegada ecológica de Feliz, tomando como referência a Cesta Básica mensal, proposta pelo DIEESE (2014), Pereira (2010) chegou a um valor de 892 metros quadrados, por pessoa; e a uma estimativa de consumo anual de alimentos, para toda a população de Feliz, de cerca de 3.710 ton.

No estudo mais recente realizado no NORIE e associado à Análise de Fluxo de Materiais para a cidade de Feliz, em sua tese de doutorado Kuhn (2014) aponta, apenas como importação anual de alimentos um total de mais de 9.500 ton. Observou-se, ademais, que, deste total, poucos constavam da relação de produtos da Cesta Básica, apresentados no estudo de Pereira (2010).

Por outro lado, buscando identificar qual era a efetiva produção domiciliar de alimentos no município de Feliz, uma pesquisa realizada, em 2008¹, pelo Grupo de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis do NORIE(2008), mostrou ser significativa a produção domiciliar de hortaliças e frutas; não apenas na zona rural, mas também na zona urbana. Foi identificado um total de mais de 55 espécies vegetais, incluindo frutas e hortaliças, ao longo do ciclo anual (Fig. 2). Já, os produtos de origem animal, ocorriam predominantemente na zona rural do município.

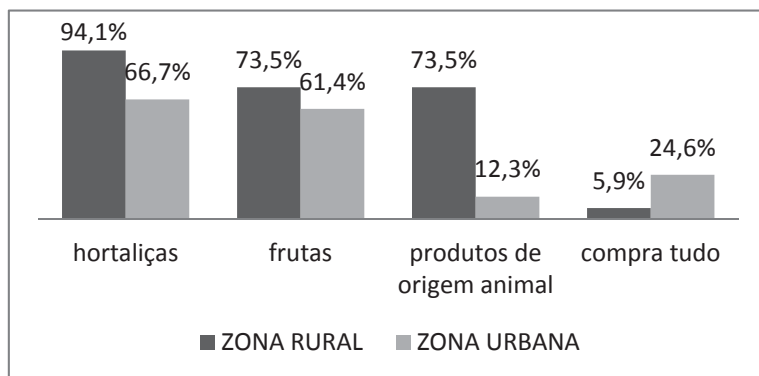


Figura 2: Produção de alimentos para consumo próprio, em domicílios urbanos e rurais. (NORIE, 2008).

Os estudos referidos mostram o quão complexo é o cálculo do que é efetivamente consumido e produzido por uma população, mesmo que pequena como a de Feliz. Isto nos leva a retornar ao padrão 177 (Vegetable Garden), de Alexander et al. (1977), propondo que as necessidades alimentares de uma pessoa poderiam atendidas pelo cultivo de vegetais em uma área de, aproximadamente 100 m². Por muito tempo questionamos se esta diminuta área de terra seria, efetivamente, suficiente para atender às necessidades básicas de uma pessoa. Isto, até nos depararmos com uma situação real (Urban Homestead, 2014), em Pasadena, na Califórnia. Ali, em um terreno de 400 m², uma família de quatro pessoas adultas, produz mais de 3 ton de alimentos orgânicos, a cada ano, somando mais de 350 espécies de vegetais, frutas e temperos,

¹ Pesquisa realizada pelo NORIE, em dezembro de 2008, compreendendo entrevistas estruturadas em 89 domicílios do município de Feliz (2% do total de domicílios), sendo 57 na zona urbana e 32 na zona rural.

além de contarem com um plantel de animais domésticos (galinhas, cabras, coelhos e patos). Só as galinhas produzem cerca de 2.000 ovos por ano. Além disto, abelhas produzem 25 kg de mel.

Do total dos alimentos produzidos, 60% são consumidos pela família e 10% servem de alimento aos animais também criados nos 400 m² do terreno. O excedente, não consumido pela família e animais, é vendido, resultando em um ingresso anual equivalente a cerca de vinte mil dólares.

5 PADRÕES ESPACIAIS E O USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE FELIZ

O privilegiado e destacado desempenho do município, melhor classificado no RS, segundo o Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios (ISDM), da FGV, fez com que buscássemos identificar padrões de uso do solo no município, e sua associação aos padrões apontados por Alexander et al. (1977).

Assim, buscando entender a forma de apropriação territorial pelos habitantes do município, Souza (2012) elaborou um mapa detalhado de uso e ocupação do município de Feliz, com base na interpretação de imagem aérea, de alta resolução, da paisagem local.

O mapa assim construído (um detalhamento daquele constante na Fig. 1) deu origem à Fig. 3, onde se identifica que a maior parte da paisagem de Feliz corresponde a áreas de mata nativa com exóticas (37,41%), seguida, de áreas com lavoura sazonal (20,18%), e mata nativa (11,97%). As quadras de ocupação para uso residencial e misto representam 3,29% da área total do município. A referência a *outros** identifica áreas inferiores a 0,65% da área total do município, sendo elas: lagos, açudes, bosque, campo transição arbustivo, lavoura perene, solo exposto, pavilhão, cascalho/areia, áreas de extração, cemitério e parque. Este estudo, entre outros dados, aponta que, diferentemente dos 4.321 gha/hab, sugerido no estudo inicial de Souza (2009), a área dedicada à produção de vegetais, no município, é de 1.922 ha.

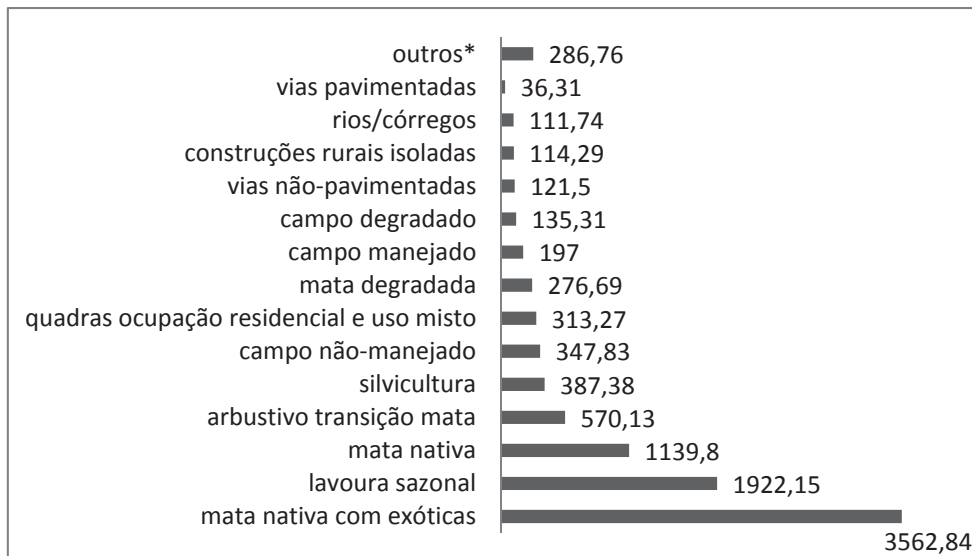


Figura 3: Identificação das áreas, em hectares, das classes do mapa de uso e ocupação do solo do município de Feliz (Souza, 2012).

6 CONCLUSÕES

Embora este trabalho não tenha tido por objetivo o aprofundamento da aplicação dos padrões associados ao uso do solo ao município de Feliz, pode-se verificar o quanto e como eles “conversam” com o padrão 177 - Vegetable Garden, da linguagem de padrões.

O que, no entanto, este trabalho permite perceber é o quão difícil é se avaliar a efetiva Pegada Ecológica associada à produção e consumo de alimentos. Assim, também, ele permite reconhecer o potencial de, mesmo que pequenas, áreas cultivadas, como é comprovado pela

Urban Homestead, da família Dervais, em suprir quase que integralmente às necessidades humanas em alimentos, conforme já em 1977 Alexander e seus colegas propunham.

Só que, para fazer frente aos cenários sombrios antecipados para a segunda metade deste século, não basta limitar a exploração deste potencial a práticas individuais e singulares em uma comunidade. É necessário construir toda uma rede interconectada de padrões espaciais, que certamente extrapolam aos quatro padrões associados a uso do solo apresentados neste trabalho e que contemplam a outras dimensões de sustentabilidade, as quais, embora não sejam assim referidas, estão presentes na linguagem de padrões.

7 AGRADECIMENTOS

O autor expressa os seus agradecimentos, principalmente, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio, na forma de Bolsa de Produtividade em Pesquisa, que permitiu o desenvolvimento deste trabalho, assim como pelas bolsas concedidas pelo CNPq e CAPES a vários de seus orientandos, que resultaram em um conjunto de estudos de qualidade singular sobre a municipalidade de Feliz. Também agradecemos aos gestores e à população de Feliz pela gentileza de sua contribuição, em diversos momentos da realização desses estudos, sem a qual este e os demais trabalhos não teriam sido possíveis.

REFERÊNCIAS

Alexander, C; Ishikawa, S.; Silverstein, M.; Jacobson, M.; King, I.F.; Angel, S. 1977. *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*, 1.171p New York: Oxford University Press.

BFF (Best Foot Forward). 2002. *City Limits: A resource flow and ecological footprint analysis of Greater London*. Oxford.

Brito, C.W. 2003. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre:UFRGS.*

DIEESE (Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos). 2014. *Cesta Básica de Alimentos*. <http://www.dieese.org.br/analisecestabasica/cestaBasicaTab201407.html#tabela0> Acesso em 27 Ago 2014.

Município de Feliz. 2012 <http://www.feliz.rs.gov.br> Acesso em: 26 abr. 2012

FGV (Fundação Getúlio Vargas). 2012. *Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios – ISDM*. In *Sumário Executivo*. São Paulo

Gehrke, A.E.B. 2012. *Gestão de Resíduos da Construção Civil em Municípios de Pequeno Porte: Indicadores de Sustentabilidade*. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Porto Alegre:UFRGS.*

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2010. *Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009. Despesas, rendimentos e condições de vida*. Rio de Janeiro:IBGE.

IBGE. 2011. *Sinopse do Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE.

Lyle, J. T. 1994. *Regenerative Design for Sustainable Development*. New York: John Wiley & Sons.

Meadows, D. L.; Meadows, D. H.; Randers, J.; Behrens, W.W. 1972. *Limites do crescimento - um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade*. São Paulo: Perspectiva.

Moehlecke, J. 2010. *Uma contribuição para o desenvolvimento de assentamentos humanos mais sustentáveis: identificação de padrões urbanos relacionados aos princípios de sustentabilidade*. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Porto Alegre:UFRGS.*

Moschetta, G.G. 2013. Abordagem para o lançamento de uma “Paisagem Urbana Produtiva Contínua” em um município brasileiro de pequeno porte. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Alegre:UFRGS.

Kuhn, E.; Bayer, A. P.; Moura, D.; Nerbas, P.; Seixas, A. L.; Morello, A.; Hermann, C.; Danin, A.; Ochoa, J.; Mimbacas; A. Norie. 2008. Grupo de Pesquisas em Edificações e Comunidades Sustentáveis. Trabalho apresentado na disciplina de Engenharia Urbana Sustentável. Porto Alegre: PPGEC/UFRGS.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). 2012. Índice de Desenvolvimento Humano. <http://www.pnud.org.br/> Acesso em: 25 jun 2012.

Pereira, T.R.M. 2010. Áreas verdes comunitárias sustentáveis: Proposição para a cidade de Feliz, RS. Trabalho de conclusão (Especialização em Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre:UFRGS.

Register, R. 1987. Ecocity Berkeley: Building Cities for a Healthy Future. 140p Berkeley, Califórnia: North Atlantic Books.

Samuel, P. R. S. 2011. Alternativas Sustentáveis de Tratamento de Esgotos Sanitários Urbanos, através de Sistemas Descentralizados, para Municípios de Pequeno Porte. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre:UFRGS

Sassi, P. 2006. Strategies for Sustainable Architecture. New York: Taylor & Francis, 306 p.

Souza, C. H. C. de. 2009. Desenvolvimento de metodologia para avaliação da sustentabilidade ambiental de cidades de pequeno porte inserida no processo de elaboração de planos diretores. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre:UFRGS.

Souza, D. T. P. de. 2012. Corredores verdes: uma abordagem para o seu planejamento em municípios brasileiros de pequeno porte. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre:UFRGS.

Urban Homestead. 2014 <http://urbanhomestead.org> Acesso em 04 Set 2014.

Wackernagel, M.; Rees, W. 1996. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. 160p Philadelphia: New Society Publishers.

WWF. 2012 *Living Planet Report* 164p Switzerland: WWF. http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/1_lpr_2012_online_full_size_single_pages_final_120516.pdf Acesso em 03 Set 2014.

Padrões Espaciais Da Paisagem Para A Agricultura Urbana

José Marcelo Martins Medeiros

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Distrito Federal, Brasil.

medeirosjose@gmail.com

ABSTRACT: The paper researches the possibilities of Urban Agriculture in creating spatial patterns for sustainable city and its role as a new perspective to connect various disciplines sensitive to urban renewal. The urban agriculture can be practiced and easily stimulated in the central areas of large cities, and can be a new perspective for urban design because aside from food production, it is able to provide an aesthetic and environmental improvement of the neighborhoods where it is inserted. It is vital that the community involved could be able to grow, ensuring that the gardens are accessible to a wide diversity of people. The article includes an analysis of examples in Brazil and abroad of community gardens. These systems have low direct profitability, but have important social impacts. In addition to producing food and income, also offer other services such as: composting, increasing green areas, improving the microclimate, recreation and water storage.

Keywords: Urban Agriculture; Urban Design; Community Gardens; microclimate; water storage

RESUMO: O trabalho examina as possibilidades da Agricultura Urbana na criação de padrões espaciais para a cidade sustentável e seu papel como uma nova perspectiva para a conexão com diversas disciplinas sensíveis à renovação urbana. A Agricultura Urbana pode ser praticada e estimulada facilmente nas áreas centrais das grandes cidades, sendo uma nova perspectiva para o desenho urbano, pois além da produção alimentícia, é capaz de proporcionar uma melhoria estética e ambiental dos bairros onde é inserida. É de fundamental importância que a comunidade envolvida tenha capacidade de crescer sozinha, garantindo que os jardins sejam acessíveis para uma grande diversidade de pessoas. O artigo inclui uma análise de exemplos no Brasil e exterior de jardins comunitários. Esses sistemas têm baixa lucratividade direta, mas têm impactos sociais importantes. Além de produzir alimentos e renda, também oferecem outros serviços como: compostagem, aumento das áreas verdes, melhoramento do microclima, lazer e armazenamento de água.

Palavras-chave: Agricultura Urbana; Design Urbano; Jardins Comunitarios; microclimas; armazenamento de água.

1 INTRODUÇÃO

Até a primeira metade do século XX, nos países em desenvolvimento, as zonas rurais concentravam os maiores níveis de pobreza. Com o intenso fluxo migratório das áreas rurais para as áreas urbanas ocorrido nesses países, houve uma inversão no sentido da pobreza. A condição de vida nas grandes cidades degenerou, havendo uma grande necessidade de se produzir alimentos a preços acessíveis a uma população cada vez mais desvinculada do cultivo de alimentos (Aquino, 2002).

No Brasil percebe-se que desigualdades econômicas e territoriais persistem, com grandes empresas de tecnologia de ponta dominando grandes fatias da produção de alimentos localizadas principalmente no centro-sul do país, sendo que as regiões periféricas (Norte e Nordeste) as principais exportadoras de mão de obra desqualificada (Guilherme, 2003). Neste quadro de intensos embates as políticas públicas funcionariam como mitigadoras de problemas sociais, revertendo situações conflituosas e efeitos negativos da urbanização acelerada e do modelo econômico globalizado existente.

Tradicionalmente os programas de Agricultura Urbana (AU) estavam sempre aliados às políticas públicas, servindo de mecanismos para auxiliar a contenção dos efeitos negativos da globalização e promovendo uma melhoria socioeconômica das populações em estado de risco. No entanto também é importante ressaltar a existência de iniciativas individuais e coletivas que não esperam o poder público para iniciar programas de AU. Aliadas a Organizações Não Governamentais (ONGs), elas iniciam suas atividades por que acreditam que haverá uma melhoria para sua comunidade, como será visto em exemplos de caso neste trabalho.

Entre as iniciativas mais recentes relacionadas à AU, estão as que a utilizam com uma ferramenta de renovação urbana em bairros centrais, sendo utilizada como um local de interação de diferentes indivíduos e até como fonte de emprego. Esta modalidade abrange sensivelmente o campo da arquitetura e urbanismo, pois projetos paisagísticos são fundamentais para o sucesso e manutenção destes jardins. A “macroescala estética” deve se aliar como a “macroescala ecológica”, fazendo jardins não só produtivos como agradáveis ao olhar. Como alerta Medeiros (2012): “A agricultura urbana, tratada paisagisticamente, pode ser praticada e estimulada facilmente nas áreas centrais de cidades pequenas e grandes. Neste sentido, ela poderia ser vista como uma nova perspectiva para o paisagismo, pois além da produção alimentícia, é capaz de fornecer aos habitantes urbanos uma melhoria estética e ambiental de seus bairros” (Medeiros, 2012).

Segundo Aquino & Assis (2007) “Embora o conceito de agricultura urbana esteja em construção, já vem sendo utilizado por organismos internacionais, como o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), além de diversas organizações não governamentais e governos do mundo inteiro”. O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud), em um relatório para a Conferência Habitat II em 1996, considerou que o desenvolvimento da agricultura urbana faz parte das políticas de desenvolvimento humano sustentável. Como afirma Boukharaeva et al. (2005) esse “relatório é baseado nas experiências de 18 países da África, da América Latina e da Ásia, procurando ligar a AU à resistência a crises, o bem-estar, a autonomia das pessoas, o desenvolvimento de capacidades e a equidade”.

A Agricultura Urbana é feita de diferentes maneiras e abordagens nos diferentes países do mundo, porém Aquino & Assis (2007, p.139) ressaltam que “embora haja muita controvérsia em torno do tema, o elemento mais comum nas definições sobre a agricultura urbana tem sido a localização em relação à proximidade das cidades (intra ou periurbana). Entretanto, não é a localização urbana que distingue a agricultura urbana da agricultura rural, senão o fato de que está integrada e interage com o ecossistema urbano”. Segundo Gnau (2001) a agricultura urbana pode ser entendida como sendo: “[...] a produção de alimentos dentro de perímetro urbano e periurbano, aplicando métodos intensivos, tendo em conta a inter-relação homem-cultivo-animal-meio ambiente e as facilidades da infraestrutura urbanística que propiciam a estabilidade da força de trabalho e a produção diversificada de cultivos e animais durante todo o ano, baseadas em práticas sustentáveis que permitem a reciclagem dos resíduos” (GNAU, 2002 *apud* Aquino, 2002).

Entre os objetivos deste trabalho está o levantamento de um panorama da Agricultura Urbana no Distrito Federal, Brasil. Os locais escolhidos consistem de hortas que não estavam dentro de um programa de governo oficial, ou seja, não contam com ajuda financeira governamental e são realizados pela própria população que habita nos bairros em que estes estão inseridas. Também fez-se um levantamento de alguns exemplos no exterior, notadamente no Canadá, onde os jardins comunitários atingiram um nível de organização, design e renovação urbana consideradas satisfatórias e que podem servir de inspiração para as hortas brasileiras.

2 HISTÓRICO DA AGRICULTURA URBANA

Diversos autores destacam o fato de que a agricultura urbana sempre existiu desde que existiram as cidades, desde os primórdios das cidades neolíticas. Eram muito comuns nas cidades europeias no século XIX, porém começaram a ser negligenciadas à medida que os ideais salubristas condenavam a utilização de hortas dentro das cidades.

Durante o século XX a utilização mais expressiva da AU como um auxílio à segurança alimentar começou na época da Segunda Guerra Mundial, quando houve um corte nas importações e crises no abastecimento de vários países europeus e da América do Norte. Nos Estados Unidos e no Canadá, estes jardins ficaram conhecidos como os *Victory Gardens* (Jardins da Vitória), porém passado o período de guerra o governo cessou o seu interesse por estas hortas e o investimento público diminuiu até o ponto de quase desaparecerem. Um novo florescimento da AU aconteceu na década de setenta, inspirado nos movimentos de contracultura como o movimento *hippie*, e buscavam um modo de vida alternativo, culminando com os primeiros movimentos ambientalistas. Neste período começou-se a espalhar pelos Estados Unidos os *Guerilla Gardens* (jardins guerrilheiros) em que um grupo de ativistas escolhia uma área subutilizada na área urbana e começava a cultivá-la geralmente de maneira desordenada e sem a permissão da prefeitura. Após a década de 70 esses jardins voltaram a diminuir ressurgindo no fim do século XX, com um novo formato, relacionados principalmente aos movimentos de renovação urbana.

No Brasil, a cidade de São Paulo foi pioneira ao criar políticas públicas a partir da metade da década de oitenta com programas de jardins comunitários em escolas públicas relacionadas à educação alimentar e ambiental, por meio de procedimentos como coleta e reciclagem (Monteiro e Monteiro, 2006). Atualmente a agricultura urbana ressurgiu de uma nova forma, intensamente ligada à políticas públicas e encabeçadas por ONGs que procuram fornecer uma melhoria à população citadina. A grande novidade é a inserção de pesquisas científicas relacionadas ao método de plantio e principalmente a inserção de um criativo. O projeto paisagístico prévio é agora a tônica para este jardim, não basta ser produtivo, mas também esteticamente atrativo.

Outra feição da agricultura urbana atual é a sua ligação com a tecnologia agrícola. Aquino & Assis (2007 p.137) discorre o casamento de um instrumental tecnológico da agroecologia (uma ciência) e da agricultura orgânica (uma prática agrícola) com a AU. Neste sentido, os programas de AU atualmente atuam no sentido de conscientizar os praticantes a substituir a utilização de pesticidas, com a utilização de defensivos alternativos (Aquino & Assis 2007).

3 MÉTODO

O método utilizado neste trabalho foi o qualitativo com utilização de observação *in-loco* com interferência do pesquisador. Como ainda não existem informações oficiais sobre a agricultura urbana inserida dentro de bairros residenciais no Distrito Federal, foi necessário procurar diretamente as pessoas envolvidas para o levantamento dos dados.

Primeiramente foram escolhidos exemplos no exterior em que os jardins coletivos serviram de renovação urbana para os bairros onde foram inseridos. Foram selecionados dois exemplos importantes no Canadá, que já receberam prêmios internacionais pela inovação das técnicas utilizadas.

Posteriormente, foi realizada a delimitação da área a ser pesquisada dentro do Distrito Federal, Brasil. Foram escolhidos jardins comunitários no Plano Piloto de Brasília e em uma cidade satélite, Águas Claras (fig. 1 e fig.2):



Figura 1. Mapa do Distrito Federal no contexto do Brasil.



Figura 2: Imagem de Brasília e da cidade satélite de Águas Claras (GooleEarth, 2015)

Finamente, foi feito o contato com os membros das hortas através de redes sociais da internet. Constatou-se que os envolvidos são trabalhadores e estudantes que moram no entorno imediato dos locais de cultivo e que destinam um tempo limitado do seu dia-a-dia para a manutenção dos espaços. A manutenção é feita prioritariamente em dias restritos da semana, no horário do almoço ou no fim do expediente, por volta das 18:00 horas. Mas também durante os finais de semana, principalmente nos domingos de manhã. Foi neste turno em que foram realizadas as entrevistas.

4 RENOVAÇÃO DE BAIRROS CENTRAIS POR MEIO DE JARDINS COLETIVOS – EXEMPLOS NO EXTERIOR

Para a população em geral, a Agricultura Urbana ainda é vista como anti-estética, sobretudo se localizada nas áreas mais centrais da cidade. Um trabalho pioneiro que promoveu esta mudança de visão foi coordenado pelo professor Vikran Barh, do curso de arquitetura e urbanismo da Universidade McGill em Montreal, Canadá, que ganhou o Prêmio Nacional de Desenho Urbano, em 2008 (*National Urban Design Award*). O nome do projeto era “Transformado a Paisagem em Comestível” (Making the Edible Landscape Project). Com uma parceria com uma ONG que fazia refeições para pessoas carentes (Santropol Roulant), foi escolhida uma praça cimentada e pouco utilizada no campus universitário da McGill e esta foi transformada em um jardim produtivo realizado em 123 containers reciclados onde eram cultivados grandes variedades de legumes e frutas. A colheita na época do verão produzia mais de noventa cestas por dia, que eram doadas para instituições de caridade.

A produção de vegetais plantados em baldes, sem o contato direto com o solo pode, portanto, representar uma alternativa para áreas contaminadas ou mal aproveitadas nos centros da cidade, como bolsões de estacionamentos, áreas marginais de rodovias, locais de antigos postos de gasolina ou que não se sabe a qualidade do substrato para o cultivo (fig. 3).



Figura 3. Agricultura urbana no campus da Universidade McGill, Motreal, Canada.

Seguindo esta tendência um grupo de alunos de mestrado da Universidade de Quebec em Montreal (UQÀM) criou um grupo de pesquisa (*CRAPAUD*) para a criação de jardins coletivos com ajuda de uma ONG (*Alternatives*). O grupo tinha como missão a pesquisa de uma agricultura e um paisagismo respeitoso do meio ambiente, utilizando o jardim urbano e a compostagem como laboratório experimental.

Eles resolveram iniciar suas atividades utilizando áreas subutilizadas no próprio campus. Foi decidido ocupar uma área verde em frente ao edifício da Faculdade de Ciências, esse primeiro jardim ficou conhecido como o Jardim Guerrilheiro em alusão ao movimento iniciado na década de setenta. Entre as espécies escolhidas estavam as de flores comestíveis (Fig. 4).



Figura 4. Jardim Guerrilheiro.

A prefeitura do campus, em um primeiro momento condenou a iniciativa dos estudantes, pois acreditava que deturparia a imagem da universidade, uma vez que não possuía um projeto paisagístico formal ou um embasamento científico. Os alunos então se reuniram para formar um comitê estudantil, em que foram iniciadas as discussões de como o movimento poderia crescer com pesquisas relacionadas ao paisagismo sustentável e cultivo de plantas comestíveis. Como foi financiado com ajuda de bolsas de estudo governamentais o grupo contratou diversos profissionais, dentre os quais a de um arquiteto paisagista para realizar os projetos paisagísticos.



Figura 5: Terraço em edifício da Faculdade de Ciências da UQÀM, antes e depois das intervenções do grupo.

A experiência do CRPAUD prova que é possível aliar o projeto paisagístico com as técnicas de agricultura urbana, providenciando espaços agradáveis e áreas de convívio, com espécies selecionadas para formar grupos vegetais, maciços e renques, pensados de forma que a melhorar as qualidades ambientais e estéticas dos jardins no campus universitário (fig. 5).

5 EXPERIÊNCIAS NO DISTRITO FEDERAL - JARDINS COLETIVOS EM ESPAÇOS SUBUTILIZADOS

Na década de 90, no Distrito Federal (DF), houve apoio governamental para uma experiência que abarcava, sobretudo a agricultura urbana nas áreas periurbanas, com apoio para as pequenas agroindústrias. Era o PROVE (“Programa de Verticalização da Pequena Produção Agrícola”), criado em 1995 com o objetivo de promover a pequena produção agrícola, seu processamento e comercialização no DF. Envolve a produção de hortas, frutas e criação de animais (Carvalho, 2002 *apud* Aquino & Assis, 2007).

Porém a criação de jardins coletivos dentro do centro da cidade não estava contemplado por nenhuma ação governamental. No entanto, pequenas iniciativas vêm sendo criadas atualmente, inspiradas nos exemplos norte americanos, sem estarem incluídas em políticas públicas. Como exemplo tem-se o grupo Re-ação, criado em 2014 e que pretende implantar jardins comunitários em superquadras residenciais no Plano Piloto de Brasília. O projeto inclui uma central de compostagem, horta, espiral de ervas e sistema agroflorestal. O objetivo principal do projeto é fortalecer o envolvimento da comunidade, construindo um espaço modelo aberto à visitação e que servirá de modelo para iniciativas em outros locais (fig. 6).



Figura 6: agricultura urbana em jardins coletivos feito pelo grupo Re-ação em 2014.

Como não existe ajuda governamental, o auxílio financeiro está sendo feito por crowdfunding (financiamento coletivo veiculado no site Catarse.me). Já foram feitas hortas em duas superquadras (302 e 216 norte) e agora se está implantando jardins em outras localidades: Setor Sudoeste e Águas Claras. Na 206 Norte, por exemplo, foi construída uma sementeira e foi realizado um jardim de ervas e hortaliças.

Também no ano de 2014 foram feitas por iniciativa de alguns moradores superquadra 312 Norte uma iniciativa de agricultura urbana baseada nos princípios da agrofloresta. Com auxílio de porteiros e garis os canteiros foram limpos e foram plantadas árvores frutíferas e leguminosas. O projeto tem apoio de vários moradores que se alternam para fazer as regas e a manutenção geralmente é feita nos horários do almoço.

Entre os objetivos está a de envolver a comunidade e criar um espaço para o plantio e produção de alimentos saudáveis para a população local. O lugar é um verdadeiro laboratório experimental, de iniciativas de acerto e de erros. Os próprios colaboradores afirmam que estão aprendendo lentamente e na prática como fazer hortas em meios urbanos (fig. 7).



Figura 7: agricultura urbana em jardins coletivos na superquadra 312 Norte.

Em Águas Claras, cidade satélite configurada por edificações de dezenas de pavimentos, está sendo realizada uma iniciativa chamada Horta Vertical (2014), localizada em um ponto de encontro comunitário, próximo a uma estação de metrô. Foi criado um sistema de fixar garrafas pet em uma tela metálica, e nestas garrafas são cultivadas hortaliças (fig.8). O grupo pede auxílio da comunidade com a idéia de cada ajudante “adotar uma garrafa pet”, sendo assim responsável pela sua manutenção.



Figura 8: agricultura urbana em um jardim coletivo em Águas Claras.

6 CONCLUSÕES

Em várias partes do mundo, programas de agricultura urbana vêm unindo comunidades, revitalizando bairros e melhorado a civilidade entre os cidadãos. O motivo pela qual as pessoas se engajam em programas de agricultura urbana é diverso, dentre os quais encontram-se: segurança alimentar, práticas anti-estresse, aumentar o contato com a natureza, aprender novas técnicas de agricultura entre outros. De certo modo, os jardins comunitários apresentados neste trabalho podem remediar os efeitos de uma comunidade desfragmentada à medida que os espaços livres criados viram ambientes de convívio destas populações.

Os programas realizados na cidade de Montreal demonstram a promoção de oportunidades e engajamento no processo democrático já que estes jardins são estabelecidos graças à coletividade e esforço voluntário daqueles cidadãos que tem preocupações com os problemas sociais que são prevaletentes nas áreas urbanas.

Já as atividades realizadas no Distrito Federal são importantes na adaptação da tecnologia para a realidade brasileira. A formulação desses programas é fundamental para inserir na comunidade a idéia de engajamento a programas de sustentabilidade, produção orgânica e reciclagem de materiais. Percebe-se que estas novas iniciativas estão surgindo rapidamente, porém não possuem nenhuma ajuda governamental, o que dificulta a captação de recursos. A

mobilização da população local, no entanto, é muito grande e as pessoas efetivamente se engajam e estão preocupadas em cuidar do espaço.

Uma crítica à maneira que os jardins estão sendo implantados no Distrito Federal é a falta de um projeto paisagístico profissional, que os possam melhorar esteticamente. É aí que surge a importância dos arquitetos, já que o sucesso destes locais também depende de sua revitalização estética. Aliam-se assim duas grandes vertentes, a produção de alimentos na agricultura urbana e a criação de jardins que podem efetivamente revitalizar espaços degradados na paisagem urbana.

REFERÊNCIAS

Aglofloresta 312 Norte: agrofloresta312.blogspot.com.br/

Aquino, A.M. 2002 Agricultura urbana de Cuba: análise de alguns aspectos técnicos. In Série Documento Nº 160, 25 p Brasília: Embrapa Agrobiologia,.

Aquino, A.M & Assis, R. 2007. Agricultura Orgânica Em Áreas Urbanas E Periurbanas Com Base Na Agroecologia. Artigo Científico. In *Ambiente & Sociedade*. V. X, n. 1 : 137-150 Campinas.

Carvalho, J. L. H. 2002. PROVE - Programa de verticalização de la pequeña producción agrícola. In *Revista Agricultura Urbana*, n. 5 : 35-36. Quito:

Guilherme, M. L. 2003. Sustentabilidade e poder local: a trajetória ambiental. In A sustentabilidade sob a ótica do global e do local, em projetos de execução descentralizada. Tese (Doutorado em Filosofia e Ciências Humanas). Campinas: Universidades Estadual de Campinas.

Grupo Nacional de Agricultura Urbana - GNAU. 2001. Lineamentos para los subprogramas de Agricultura Urbana para el año 2001 y sistema evaluativo. Cuba : Ministério de Agricultura.

Grupo de Pesquisa CRAPAUD: www.crapaud.uqam.ca/?page_id=1095

Horta Vertical Águas Claras: www.facebook.com/groups/255615351293537

Medeiros, J. M. M. 2012. Novas Perspectivas para o Ensino de Paisagismo. Campo Grande: In 11º ENEPEA, *Livro de Actas*. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

Monteiro, J. & Monteiro, M. 2006. Hortas comunitárias de Teresina: agricultura urbana e perspectiva de desenvolvimento local. In *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. Vol. 5 :47-60. Cidade do Mexico.

Multirão Re-ação 206 Norte: www.facebook.com/events/394296897375255/?ref=22

Projeto Making the edible campus: www.mcgill.ca/mchg/projects/ediblecampus

Niterói, RJ, Brasil: Reflexões sobre o Aumento das Construções na Última Década

Joel de Araújo

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Biologia Geral - Radiobiologia, Niterói/Rio de Janeiro, Brasil.
jaraujo0403@gmail.com

Luciana Rezende Thomaz dos Santos

Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Departamento de Ciências Contábeis e Ciências Atuariais, Niterói/ Rio de Janeiro, Brasil.
thomazluciana@yahoo.com.br

Orlando Celso Longo

Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Niterói/ Rio de Janeiro, Brasil.
orlando.longo@gmail.com

RESUMO: A pesquisa refere-se a um estudo para identificar a possibilidade de ocorrência do fenômeno denominado de ilhas de calor na Cidade de Niterói, localizada no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Objetivou-se conceituar e analisar as características urbanas e populacionais, bem como, identificar a ocorrência de ilhas na cidade. A metodologia utilizada teve como fontes: a primária e a secundária. Foram feitas cinco incursões à Prefeitura do Município, onde se entrevistou os técnicos da área. Os resultados obtidos demonstram um significativo crescimento nas construções residenciais na cidade, assim como também, um aumento da população. Conclui-se, portanto, que estes incrementos são relevantes e contribuirão sobremaneira para o efeito das ilhas de calor. Constatou-se que a cidade está em pleno crescimento e que se não for feito nenhum tipo de planejamento voltado às questões ambientais, muito em breve a população sofrerá as consequências daí advindas.

PALAVRAS-CHAVE: Ilha de Calor, Niterói, Construções.

ABSTRACT: The research refers to a study to identify the possibility of occurrence of the phenomenon called heat islands in the city of Niterói, in the state of Rio de Janeiro, Brazil. The objective was to conceptualize and analyze urban and population characteristics, as well as identify the occurrence of islands in the city. The methodology used was to sources: primary and secondary. Five raids were made to the Municipal Government, where he met the technical area. The results show significant growth in residential construction in the city, as well as an increase in population. It follows, therefore, that these increases are relevant and contribute greatly to the effect of heat islands. It was found that the city is growing and if not done any planning oriented to environmental issues, very soon the population will suffer the consequences resulting therefrom.

KEYWORDS: Heat Island, Niterói, Construction.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo não é somente conceituar as denominadas “ilhas de calor”, mas, também, identificar a sua ocorrência na Cidade de Niterói, em função da evolução do aumento do número de unidades residenciais licenciadas no município, entre os anos de 2001 e 2014. Também observou-se o aumento populacional ali ocorrido, contextualizando nessa relação, o conseqüente aumento gradativo da temperatura local, advindo das emissões de gases, em decorrência do espraiamento do seu sítio urbano ao longo desses últimos 13 anos.

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2001a, *apud Marengo, 2006*), a temperatura da Terra pode aumentar entre 1,4 e 5.8°C entre 1900 e 2100. Tal aumento representa um aquecimento mais rápido do que o apresentado no século XX, no qual a temperatura média da atmosfera terrestre aumentou em $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Os últimos 1000 anos apontam que alterações na temperatura global não ocorrem somente devido a causas naturais, considerando as grandes incertezas dos registros paleoclimáticos. Assim, a identificação da interferência humana na mudança climática é um dos aspectos analisados pelo Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC, publicado em 2001 (IPCC, 2001a-c, *apud Marengo, 2006*).

1.1 Definição de ilha de calor

Segundo (Perez et al., 2001), as ilhas de calor são anomalias térmicas caracterizadas pela elevação da temperatura em determinadas áreas quando comparadas a outras. (Gartland, 2010), afirma que as ilhas de calor são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais calor do sol do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas. A ilha de calor urbano resulta do processo de crescimento urbano, a partir da alteração da superfície e da atmosfera local por conta da modificação do solo (asfalto e concreto), retirada da cobertura vegetal e das próprias atividades antrópicas, favorecendo a absorção do fluxo radiante solar (Camargo et al, 2007).

Para Moreira & Sene (2004) é um fenômeno típico de grandes aglomerações urbanas, que também colabora para aumentar os índices de poluição nas zonas centrais da mancha urbana. Segundo os autores é uma das mais evidentes consequências da ação humana como fator climático. Resulta da elevação das temperaturas médias nas áreas urbanizadas das grandes cidades, em comparação com as zonas rurais. E ainda dizem que as variações térmicas entre elas podem chegar até 7°C e ocorrem basicamente por causa das diferenças de irradiação de calor entre as áreas impermeabilizadas e as áreas verdes e por causa da concentração de poluentes (que bloqueiam a irradiação de calor da superfície), maior nas zonas centrais.

O fenômeno da ilha de calor ocorre nas grandes cidades devido a uma série de fatores como o acúmulo de edifícios que dificultam a circulação das correntes de ar; o asfaltamento das ruas que impede a evaporação das águas, absorve o calor e desvia as águas por bueiros e galerias; a falta de vegetação que impede que o calor seja refletido; a poluição atmosférica que retém o calor causando o efeito estufa (aquecimento da atmosfera); a queima de combustíveis fósseis pelos veículos, criando uma camada de poluição que fica concentrada nessas áreas aumentando o calor, etc. Todos esses fatores em conjunto fazem com que a temperatura dessas áreas seja mais quente que nas redondezas e áreas rurais onde a temperatura é mais baixa, fazendo com que o efeito se pareça com uma ilha.

Santos (2009) diz que “A origem das ilhas de calor decorre da simples presença de edificações e das alterações da paisagem feitas pelo homem nas cidades. A superfície urbana apresenta particularidades em relação à capacidade térmica e densidade dos materiais utilizados: asfalto, concreto, telhas, solo exposto, presença de vegetação nos parques, ruas, avenidas, bulevares; também alterações do albedo (refletância de onda curta solar) e à impermeabilização da superfície etc.”

Portanto, a origem das ilhas de calor decorre da presença do aumento de edificações e de outros corpos sólidos, ocasionando alterações na temperatura das cidades, conforme demonstra a figura 1, a seguir.

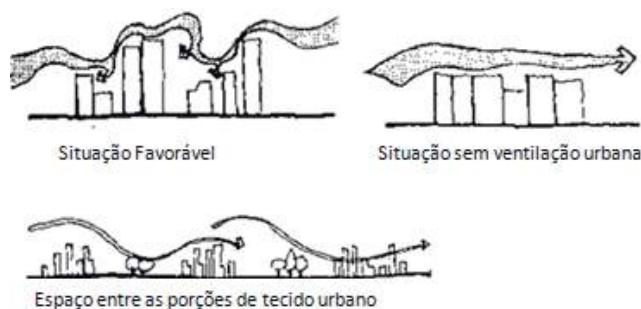


Figura 1. Ventilação do Tecido Urbano (Romero, 1988)

1.2 Consequências advindas das alterações do ambiente

O aumento das construções nas cidades e o crescimento da população levam ao surgimento das ilhas de calor, conforme visto no item 1.1. Tal fenômeno traz uma série de consequências nocivas ao ambiente. Dentre elas, evidencia-se a emissão de calor pelo consequente aumento de uso dos aparelhos de ar condicionado, da emissão de gases dos automóveis – com o aumento da poluição, assim como o calor emitido por eles.

Vimos que a temperatura pode oscilar até 7 graus comparando com as zonas rurais e que esta variação impede a circulação do ar traz muitos inconvenientes à população pelo calor excessivo que provoca. À medida que as edificações tendem a aumentar e conseqüentemente o quantitativo de pessoas cresce o consumo de energia pela utilização de aparelhos para climatizar os ambientes e trazer maior conforto aos seus usuários. Outros fatores também influenciam este aquecimento como, por exemplo, o aumento no número de veículos e de suas emissões de gases causando a concentração de poluentes na atmosfera.

Os materiais usados na construção civil, como o asfalto e o concreto, servem de refletores para o calor produzido na cidade e para o calor solar. Durante o dia, os edifícios funcionam como uma espécie de labirinto de reflexão nas camadas mais altas de ar aquecido. À noite a poluição do ar impede a dispersão de calor (Lombardo, 1985).

2 DESENVOLVIMENTO

As ilhas de calor causam problemas tanto com relação às mudanças climáticas quanto para a saúde humana. Porém, neste estudo evidenciou-se esforços também na discussão sobre os efeitos dessa mudança, com relação às variações de população e do crescimento das construções ao longo dos últimos 13 anos. Diversas discussões sobre as mudanças climáticas e sobre o aquecimento global vêm sendo feitas ao longo desses anos, inclusive, desde a criação do Clube de Roma (1968) já se falava sobre a temática e, bem mais recente, na Conferência denominada como a Rio+20 (2012). Os países se reuniram buscando alternativas e soluções, porém, até o presente, não se conseguiu chegar a um consenso. Com isso, a Terra vem aquecendo, o efeito estufa aumentando cada vez mais e as geleiras se dissolvendo. Alguns cientistas atribuem tal fato, aos fenômenos naturais da evolução do nosso planeta, outros, à destruição antrópica contrária à natureza desde os primórdios. Sendo de causas naturais ou não, há que se prover soluções para que as futuras gerações possam usufruir do planeta.

Independentemente do aquecimento global, as grandes cidades já sofrem com as consequências advindas destes fatores. Se as cidades vêm sofrendo as consequências destas construções desordenadas e em número exagerado, com a cidade de Niterói não é diferente. Na última década essa cidade vem se modificando substancialmente, aumentando o número de prédios e, sem nenhuma intervenção que possa minimizar seus efeitos de poluição e aumento da temperatura atmosférica. Além do crescimento normal dessas construções, ainda houve a criação de um Programa criado em 2009 pelo Governo Federal, denominado “Programa Minha Casa Minha Vida”. Niterói, assim como tantas outras Cidades Brasileiras que passaram a ter um

aumento significativo nas construções de imóveis residenciais, principalmente os multi-residenciais. Este aumento tem trazido grandes consequências nocivas ao meio ambiente exatamente pela falta de um planejamento eficaz sustentável e que considere as questões voltadas ao meio ambiente.

2.1 Um breve histórico da cidade de Niterói e sua relação com as mudanças ambientais

De acordo com os Estudos Socioeconômicos dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2011), Niterói inicialmente foi habitada pelos índios tamoios. Com a descoberta, muitos aventureiros instalaram-se nessas terras, principalmente os franceses. Em 1564 um índio de nome Araribóia veio do Espírito Santo junto com demais índios para ajudar a combater os franceses. Araribóia (agora chamado de Martim Afonso de Souza) comandou estes índios e finalmente, conseguiram vencer a batalha. Com a vitória, Mem de Sá que na época era Governador Geral, concedeu à Araribóia as terras na “Banda d’além”. Estas terras iam da praia Vermelha (localizada entre as praias da Boa Viagem e do Gragoatá) até a região do Maruí. Sua aldeia, chamada de São Lourenço dos Índios, foi instalada no morro de São Lourenço. Com o tempo, a aldeia cresceria, mantendo os índios pequenas roças de milho e de mandioca, ao lado de incipiente indústria de cerâmica.

Após a morte de Araribóia, a região continuou a crescer, porém, a sua ocupação é predominantemente pelas regiões mais facilmente alcançadas por mar (Icaraí, São Domingos, Itaipu). O aldeamento só foi declarado extinto em 1866. A primeira freguesia, São João Batista de Icaraí, data de 1669. Depois, vieram as de São Lourenço dos Índios, em 1752, e São Sebastião de Itaipu, em 1755. Em 1819, foi instalada a vila real da Praia Grande, tornando a região emancipada pelo alvará de 10 de maio, com a instalação dada em 11 de agosto do mesmo ano, trazendo nova era de desenvolvimento para a região. Em 1834, foi alcançada a autonomia da província do Rio de Janeiro, tendo sido escolhida Niterói como sua capital, elevada à categoria de cidade, em 1835. Araújo (2010) mostra como ocorreu a expansão imobiliária no Bairro de Icaraí ao longo dos anos, citando como algumas causas do crescimento da Cidade de Niterói:

- industrialização Brasileira – fim do Século XIX – implantação de estaleiros e indústrias na cidade;
- início do Século XX – ocupação em função dos equipamentos de transportes: estação das barcas, estação dos trens e o porto de Niterói;
- após 1940, inicia-se o processo de verticalização da Região do Centro da Cidade e utilização de ônibus como transporte;
- a partir de 1950, a expansão começa na faixa litorânea das praias da baía;
- 1960 – início das obras da Avenida do Contorno e Túnel que liga Icaraí a São Francisco;
- década de 70 – início da verticalização das moradias;
- 1974 - Construção da Ponte Rio-Niterói (Ponte Presidente Costa e Silva) – trouxe grande impacto na estruturação urbana; aumento expressivo na produção imobiliária;
- 1985 – Crise no setor financeiro e extinção do Banco Nacional de Habitação – investimentos são direcionados para bairros menos valorizados;
- 1990 – O Governo Municipal divulgava a imagem de ser uma das cidades com melhor qualidade de vida do país;

Além das causas citadas por (Araújo, 2010), pode-se citar ainda o Programa do Governo Federal Minha Casa, Minha Vida que teve seu início em 2009 até os dias atuais.

Atualmente, Niterói vive um novo período de desenvolvimento, tendo sido eleita como moradia de muitos cariocas, passando por muitos melhoramentos urbanísticos e sociais, sendo recentemente considerada, a 4ª cidade brasileira com relação à qualidade de vida IBGE (2011).

2.2 Dados demográficos e de unidades construídas

Como a Cidade de Niterói vem crescendo a “olhos vistos”, a todo o momento construções vem sendo erguidas. Imensos prédios vêm transformando a cidade numa metrópole. Onde até recentemente víamos construções de até 6 pavimentos, atualmente constatam-se grandes empreendimentos.

A tabela 1 demonstra não somente a quantidade de construções residenciais aprovadas pela Secretaria de Urbanismo da Prefeitura de Niterói, bem como as estimativas da população enviadas para o Tribunal de Contas da União e disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, entre os anos de 2001 e 2014.

Tabela 1 Quantidade de Residência e Crescimento populacional

Anos	Número de Unidades Residenciais*	Crescimento Populacional**
2001	702	461.204
2002	592	464.353
2003	561	466.628
2004	472	471.403
2005	683	474.046
2006	***	476.669
2007	473	474.002
2008	***	477.912
2009	1713	479.384
2010	2164	487.562
2011	2248	489.720
2012	1308	491.807
2013	3098	494.200
2014	2642	495.470

Notas: * Construções multi-residenciais e residenciais do ano

** Dados estimados pelo Tribunal de Constas da União.

Os dados relativos a 2007 e 2010 foram obtidos nos respectivos Censos.

*** Não há informações disponíveis.

As figuras 2 e 3 a seguir, demonstram o crescimento das unidades residenciais, bem como o quantitativo populacional.

Como pode-se observar, o Município de Niterói está em pleno crescimento e desenvolvimento. Além dos fatores naturais (nascimentos) neste município, têm-se também outros atrativos que fazem com que estes números aumentem a cada dia: a proximidade da cidade ao centro do Rio de Janeiro, a qualidade de vida, a facilidade de locomoção, dentre outros. Isto contribui para que cada vez mais a Cidade cresça verticalmente.

Segundo o Censo de 2010 (IBGE, 2010), Niterói já contabiliza uma população de 487.562 pessoas, distribuídas numa área territorial de 133,916 Km², o que corresponde a 3640,80 habitantes por Km². Conforme as inúmeras construções atuais em andamento (fig. 4), vê-se que a cidade terá aumentado, significativamente, nos próximos anos o número de edificações, o que é alarmante ao se pensar que com esse incremento, haverá um aumento de calor e poluição no local.

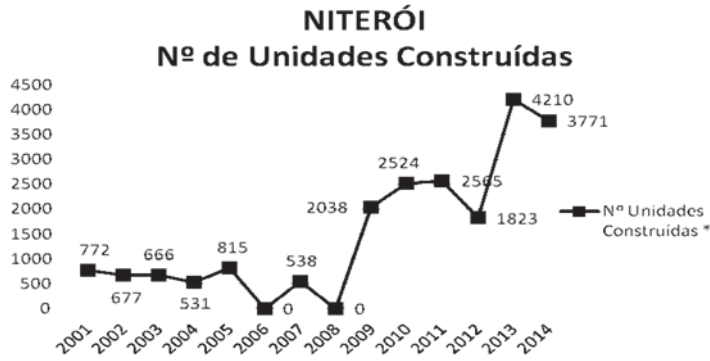


Figura 2. Número de unidades construídas entre 2001 e 2014.(Secretaria de Urbanismo da Prefeitura de Niterói, 2014).

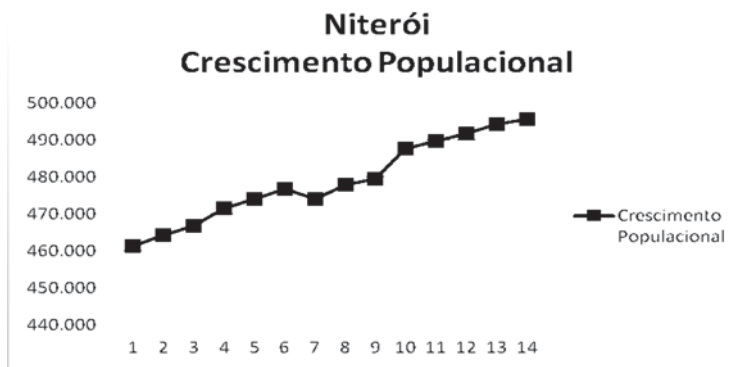


Figura 3. Crescimento Populacional na Cidade de Niterói (IBGE,2014).



Figura 4. Niterói com Crescimento Desordenado. Jornal do Brasil. (Silva, 2012). Figura 5 Vista aérea da cidade de Niterói (Mesquita, s/d).

À medida que o número de construções aumentam, também crescem a quantidade de pessoas por Km², como pode-se observar na Tabela abaixo.

Vemos abaixo a densidade demográfica da Cidade de Niterói. Isto significa que é uma cidade que já está com sérios problemas de excesso de população e ainda continua em crescente aumento urbano. É o que podemos observar, a partir de 2011, com inúmeros novos empreendimentos dispostos pela cidade (fig. 5). Isso faz com que, conseqüentemente, o clima da cidade também se altere significativamente nos próximos anos, em virtude da formação, conseqüentemente das ilhas de calor, bem como do aumento dos gases emitidos pelos veículos.

Tabela 2. Distribuição da População na Cidade de Niterói (IBGE, 2012).

Anos	População	Densidade Populacional* Pessoas/Km ²
2001	461.204	3.444
2002	464.353	3.467
2003	466.628	3.484
2004	471.403	3.520
2005	474.046	3.540
2006	476.669	3.559
2007	474.002	3.540
2008	477.912	3.569
2009	479.384	3.580
2010	487.562	3.641
2011	489.720	3.657
2012	491.807	3.673
2013	494.200	3.690
2014	495.470	3.700

Nota: *Área Territorial: 133,916 Km²

3 METODOLOGIA

A metodologia aqui utilizada pautou-se nas seguintes fontes: primária e secundária. Para a obtenção de algumas informações, foi utilizado como instrumento de pesquisa, um roteiro de entrevista que foi aplicado junto aos técnicos da Secretaria Municipal de Urbanismo e Mobilidade. Durante o processo de entrevista foram necessárias cinco incursões à prefeitura municipal, no sentido de se buscar os dados pertinentes àquilo desejado. Também se consultou bibliografias que versassem sobre o assunto.

As respostas coletadas foram organizadas e tabuladas através de unidade de análise (Bardin, 1979) para que fossem construídos os gráficos e tabelas, possibilitando assim, a discussão e os resultados. Através da interpretação dos dados, buscou-se entender seus sentidos mais amplos (Gil, 1999) e relacioná-los com os objetivos propostos pela pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se através desta pesquisa que, ao longo destes 13 anos, tem havido significativas mudanças na arquitetura da cidade de Niterói. Em se tratando do número de unidades residenciais construídas a partir de 2009, estes números aumentaram mais de 100% em relação aos anos anteriores, atingindo até a faixa de 250% de incremento em 2013, se comparados com a média dos anos anteriores a 2009. Sabendo-se que estes dados são somente os que foram construídos nestes anos, há que se pensar que além destes, já existiam outros construídos na mesma cidade. São pelo menos mais 16.656 domicílios além dos já existentes, domicílios estes que, provavelmente, terão pelo menos 1 aparelho de ar condicionado, passando da casa dos 16.000 aparelhos, o que contribuirá para o aumento da emissão de mais calor e consumo de energia. Isto sem considerar os demais fatores.

Com a população não foi diferente. Em 2001 a densidade demográfica era de 3.444 pessoas por Km² atingindo o quantitativo de 3.700 pessoas por Km². À medida que as construções vem aumentando neste patamar de mais de 100% ao longo destes últimos anos, também teremos este incremento na população.

5 CONCLUSÃO

Pode-se constatar que o aumento das construções na cidade de Niterói está crescendo significativamente dado o interesse mercadológico que esta região proporciona. Muitos são os motivos pelos quais a população tende a crescer neste local e que já foram apontados anteriormente. Além disso, a cidade por si só já é um atrativo a mais, pelo seu charme, disponibilidade de todo o tipo de comércio pronto a atender a esta população, além das opções de lazer e sensação de segurança que este município apresenta. Isto faz com que o mercado imobiliário esteja em plena expansão. Porém, se não houver uma preocupação quanto aos fatores causadores do fenômeno ilha de calor, em breve, o que hoje é considerado agradável, no futuro, transformar-se-á num caos urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, F. F. de. 2010. A História Urbana Niteroiense – entendendo o bairro de Icaraí. In XVI Encontro Nacional dos Geógrafos – ENG. 2010. *Anais*.

Bardin, L. 1979. *Análise de conteúdo*. 70ª Edição Lisboa.

Camargo, F.F.et al. 2007. Análise multitemporal da evolução urbana e sua influência na modificação do campo térmico na Região Metropolitana de São Paulo para os anos de 1985, 1993 e 2003. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. *Anais do XIII SBSR*. Florianópolis.

Gartland, L. 2010 *Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*; tradução Gonçalves, S.H. São Paulo: Oficina de Textos.

Gil, A. C.1999. *Pesquisa Social: métodos e técnicas*. 5ª Edição. São Paulo: Atlas.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2011a. Infográficos: Evolução populacional e pirâmide etária. <http://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?codmun=330330> Acessado em 27/01/2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2011b. Características da População e dos Domicílios. In *Censo Demográfico de 2010*. 270 p. Rio de Janeiro:IBGE.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2011c. Anuário Estatístico do Brasil 2011. V.71. Rio de Janeiro: IBGE.

Lombardo, M.A.1985. *Ilhas de calor nas metrópoles – o exemplo de São Paulo*. 244p. São Paulo: Editora Hucitec.

Marengo, J. A.2006. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. In *Série Biodiversidade*. V. 26. Brasília..

Moreira, J. C.; Sene, E. 2004. *Geografia Geral e do Brasil – Espaço Geográfico e Globalização*. 560p. São Paulo: Editora Scipione..

Perez, J. C.; Sánches, M. de lós A.V.; Barradas, V. L., 2001. Clima, urbanización Y uso Del suelo en ciudades tropicales de Mexico. In *Red Nacional de Investigación Urbana*, Ciudades 51, jul-set. 2001: 19-24. Puebla.

Romero, M. A. B., 1988. *Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano*. 123p. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda..

Santos, N. M. dos, 2009. Análise da influência da cobertura do solo sobre os valores das variáveis físicas da atmosfera em diferentes localidades no Estado do Rio de Janeiro. 37 p. Monografia apresentada no Curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Rio de Janeiro: UFRRJ.

Por uma cidade mais sustentável: discussão acerca de um sistema cicloviário a partir das áreas de fundo de vale em Presidente Prudente, SP

Arlete Maria Francisco

Universidade Estadual Paulista – Unesp, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente, São Paulo, Brasil

arletefrancisco@fct.unesp.br

ABSTRACT: The discussions about the theme sustainable cities, in Brazil, point to urban mobility as one of the greatest challenges to be faced, which means thinking about new and efficient forms of public transport, as well as in alternatives to private transport. Then, studies show the need to invest in a series of coordinated actions, such as the stimulus to non-motorized transport use. However, this action involves the reinvention of urban layouts, making them more inviting, especially in warm weather cities like Presidente Prudente. This paper presents a discussion about the creation of a bicycle paths system, incorporated into a public open space arrangement, composed of linear parks on bottom of valley planes, many in the city, discussing their contribution to improving urban mobility and, therefore, for the development of a more sustainable city.

Keywords: Urban mobility, Bicycle paths system, Urban planning, Presidente Prudente-SP

RESUMO: As discussões entorno da temática cidades sustentáveis, no Brasil, apontam a mobilidade urbana como um dos maiores desafios a serem enfrentados, o que implica pensar em novas e eficientes formas de transporte público, como também em alternativas ao transporte individual. Neste sentido, os estudos revelam a necessidade de investimentos em uma série de ações coordenadas, sendo uma delas o estímulo ao uso de transporte não motorizado. Contudo, esta ação passa pela reinvenção dos traçados urbanos, tornando-os mais convidativos, sobretudo em cidades de clima quente como Presidente Prudente. Este trabalho traz uma discussão acerca da criação de um sistema cicloviário incorporado a um sistema de espaços livres públicos constituídos por parques lineares de fundo de vale, numerosos na cidade, discutindo a sua contribuição para a melhoria da mobilidade urbana e, conseqüentemente, para o desenvolvimento de uma cidade mais sustentável.

Palavras-chave: Mobilidade urbana, Sistema cicloviário, Planejamento urbano, Presidente Prudente-SP

1 OS DESAFIOS DA MOBILIDADE URBANA NO CONTEXTO BRASILEIRO

As cidades brasileiras, de modo geral, cresceram de forma acelerada, sem que houvesse um planejamento adequado de sua expansão. A enorme desigualdade social, as formas de ocupação do solo urbano e a ausência e/ou desarticulação das políticas públicas setoriais contribuíram para uma realidade de segregação socioespacial, de carência de infraestrutura nas áreas da moradia da população de menor renda – que é a maioria –, de degradação ambiental, de colapso do sistema de deslocamento de pessoas e mercadorias e, conseqüentemente, de baixa qualidade de vida. Cidades cujas orientações políticas e econômicas até então não mais se sustentam, no século XXI.

Ao considerar a taxa de urbanização brasileira de 84,36% (Instituto 2010), não são poucos os desafios que se apresentam ao planejamento urbano na busca por cidades mais sustentáveis, dentre eles a mobilidade e a garantia da equidade na acessibilidade.

A segregação socioespacial que se evidencia nas cidades brasileiras acarreta em um padrão de respostas à questão da circulação pautado, por um lado, na carência de investimentos em transporte público coletivo e, por outro, no excessivo investimento em infraestrutura viária (avenidas, viadutos, túneis, etc.), estimulando o uso do transporte individual motorizado, na medida em que fica estabelecido o lugar e os interesses de cada “um” no espaço urbano.

Em estudo sobre algumas das metrópoles brasileiras, Villaça (2001) mostra que a lógica que a estrutura internamente obedece aos critérios de localização das camadas de mais alta renda, que estão ligados às condições de acessibilidade, necessariamente, do automóvel. Ao escolherem as áreas com as melhores condições de acessibilidade, pioram as condições das demais. Serviços e comércios se deslocam para estas regiões, assim como os investimentos em serviços públicos, sobretudo, aqueles ligados à circulação. Lógica que se encontra presente, também, em uma cidade média tal como Presidente Prudente.

Há um movimento articulado entre as ações do poder público e as do mercado imobiliário que reforçam estas disparidades sociais no espaço urbano: por um lado, na disposição da produção de habitação de interesse social (HIS), equipamentos urbanos e infraestrutura, e, por outro, a oferta de produtos para a população de maior renda, condomínios fechados e *shopping centers*, nas melhores localizações. Maricato (2012, p. 182) chama a atenção para a conveniência desta situação: a “periferia desurbanizada é uma fonte inesgotável de dependência política que afirma a relação de clientela”.

Assim, o modo como produzimos nossas cidades impôs a necessidade do automóvel, mais que uma opção. Cidades do porte de Presidente Prudente, onde não se evidencia congestionamentos – apenas trânsito lento em horários de pico – e onde o transporte coletivo é precário, o automóvel individual é o meio mais eficiente de deslocamento. Um dado empírico nos revela que uma moradora de um dos bairros localizados na zona norte, leva cerca de uma hora e vinte minutos até a o seu posto de trabalho, uma residência na zona sul, distante cerca de 8 quilômetros. De automóvel, esta viagem não leva mais que 15 minutos.

Por outro lado, optar pelo deslocamento peatonal ou por meio de bicicletas pode ser uma aventura perigosa, diante das péssimas condições de qualidade do ambiente construído que gera insegurança e desconforto: calçadas inacessíveis, com inúmeras barreiras arquitetônicas; ausência de arborização nos espaços livres públicos; altas taxas de poluição do ar; ausência de vias exclusivas para ciclistas e baixo nível de educação e de fiscalização no trânsito.

Assim, partindo do pressuposto de que o transporte é um importante instrumento de direcionamento do desenvolvimento urbano sustentável e que as boas condições de mobilidade urbana garantem o acesso dos cidadãos às cidades e proporcionam qualidade de vida e desenvolvimento econômico, o governo federal promulgou a lei que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana - Lei 12.587, de 2012 (Brasil 2013).

Esta lei, juntamente com o Estatuto da Cidade (Brasil 2001), fornece as bases para a transformação das cidades brasileiras, com a missão de contribuir para a construção de cidades sustentáveis, de forma segura, socialmente inclusiva e com equidade no uso do espaço público, contribuindo para a efetivação do direito à cidade, para a consolidação da democracia e para a promoção da cidadania e da inclusão social.

Um dos principais objetivos da “Lei de Mobilidade Urbana” é aumentar a participação do transporte coletivo e não motorizado na matriz de deslocamentos da população. Para tanto, obriga os municípios com população acima de 20 mil habitantes, e outros na forma da lei, a apresentarem seus planos até 2015. Presidente Prudente encontra-se em fase de elaboração do “Projeto de Remodelação do Sistema de Transporte Coletivo Municipal” e do “Plano de Mobilidade Urbana”.

Evidentemente, que alterar o paradigma vigente significa muito mais que tomar consciência dos problemas causados pela primazia do automóvel e disponibilizar ampla legislação e instrumentos para os municípios. Há vários desafios para a implementação de políticas públicas no Brasil, como administrar interesses contrários aos da maioria e promover a mudança no comportamento das pessoas. Além disso, será preciso uma ampla revisão do desenho urbano e das formas de ocupação do espaço coletivo. São mudanças a médio e longo prazo e que exigem um expressivo volume de recursos financeiros e um trabalho contínuo e paciente.

Entretanto, o maior entrave às mudanças é própria indústria automobilística que envolve, segundo Maricato (2012), não apenas a produção do carro, mas toda a produção de obras de infraestrutura ligadas à circulação, o que significa um forte movimento econômico e, conseqüentemente, poder político. Neste sentido, há uma pesada propaganda entorno do consumo do automóvel, pois é preciso criar as condições de consumo:

[...] Produção pela produção e consumo pelo consumo. Há uma vasta máquina de propaganda que acompanha a indústria do automóvel. A construção de toda uma cultura e um universo simbólico relacionado à ideologia do automóvel ocupa cada poro da existência urbana. [...] o rumo tomado pelo crescimento das cidades impôs a necessidade do automóvel, mas como qualquer outro produto de consumo industrial, e mais do que qualquer outro, ele não escapa ao fetichismo da mercadoria. Ao comprar um automóvel, o consumidor adquire não apenas um meio para se locomover, mas também masculinidade, potência, aventura, poder, segurança, velocidade, charme, entre outros atributos." (Maricato 2012 p. 176-7).

Além disso, no Brasil, o automóvel é símbolo de *status* e representação do poder aquisitivo. Associado a isso, e por consequência, o transporte coletivo ficou resguardado a população de menor renda e cada vez mais ineficiente. Ao mesmo tempo, consolidou-se a prática do uso de bicicletas como brinquedo de crianças e para a prática de lazer nos finais de semana, embora muitos trabalhadores as utilizem como meio de transporte no seu dia a dia, sobretudo em cidades pequenas. A alteração desta cultura não se processará a curto prazo e sem que as pessoas possam verificar as vantagens de um novo modo de vida urbano desvinculado do automóvel. Assim, será preciso criar as condições antes mesmo das demandas surgirem como reivindicações.

Estudos mostram que à medida em que cresce a renda familiar, cresce também a mobilidade pessoal (Vasconcellos 2013). Nos últimos anos, com a ampliação da classe média brasileira, ampliou-se, também, a frota de automóveis: enquanto a população aumentou em 12,2% numa década, o aumento do número de veículos motorizados foi de 138,6%.

Assim, para o incremento da mobilidade urbana é preciso, por um lado, melhorar as condições para o deslocamento de pedestres e de ciclistas e para o uso ampliado do transporte público coletivo e, por outro, restringir o uso do automóvel (Vasconcellos 2013). Portanto, é primordial não apenas o redesenho dos espaços livres públicos da cidade, mas a compreensão da inserção das questões relativas à mobilidade urbana no planejamento global da cidade, incluindo as discussões sobre uso e ocupação do solo, restrições ao parcelamento do solo, zoneamento, perímetro urbano, qualidade do transporte público coletivo, dentre outros, cuja discussão não cabe ao escopo deste trabalho.

Vivemos um momento em que temos instrumentos à disposição para mudanças estruturais nas nossas cidades e necessitamos urgentemente delas. É nisto em que se apóia este estudo.

2 PADRÃO DE OCUPAÇÃO DOS FUNDOS DE VALE NO PROCESSO DE EXPANSÃO DA CIDADE

Esta sessão aborda o padrão de ocupação dos fundos de vale em Presidente Prudente e revela a atual situação dos córregos e de suas Áreas de Preservação Permanente (APP), destacando o seu potencial para a constituição de um sistema de espaços livres na cidade o qual poderia receber uma malha cicloviária.

Presidente Prudente é uma cidade de porte médio, localizada no sudoeste do Estado de São Paulo, Brasil, cuja população é de 207,6 mil habitantes e, destes, 97,97% vivem na área urbana (Instituto 2010). É sede da 10ª Região Administrativa do Estado e se configura como pólo regional, com destaque para o comércio e para a prestação de serviços.

O núcleo urbano teve origem, em 1917, em terras ao redor da Estação de Trem Presidente Prudente da Empresa Ferroviária Sorocabana (EFS). Sua primeira expansão territorial ocorreu nas décadas de 1920 e 1930, tendo como orientação, por um lado, o espigão da ferrovia, na medida em que o transporte ferroviário era o principal meio de circulação de pessoas e de mercadorias e, por outro, os interflúvios entre os córregos, isto é, as áreas mais elevadas. Posteriormente, a malha urbana se estendeu para os fundos de vales e, após 1960, ultrapassou os principais córregos, do Veado e da Colônia Mineira (Francisco 2012).

No desenho da cidade, os cursos d'água não foram considerados como elementos naturais e paisagísticos, o que poderia ter contribuído para a construção de uma paisagem fluvial e criação de uma cidade singular. Ao contrário, foram vistos como entraves ao desenvolvimento urbano e barreiras geográficas a serem transpostas, revelando uma relação pouco harmoniosa entre urbanização e preservação do meio ambiente natural.

O trabalho realizado por Francisco et al. (2014) revelou que até 1965, ano da promulgação da legislação que passou a proteger as faixas marginais aos córregos (Brasil 1965), denominadas Áreas de Preservação Permanente (APP), os loteamentos foram desenhados sem considerar este importante elemento natural, ao dispor os lotes de modo a voltarem seus fundos para os córregos (Fig. 1a). Esta configuração desconsiderou o curso d'água enquanto elemento estruturador da paisagem e condicionou o comportamento das pessoas: sem infra-estrutura básica, tais como rede de esgoto e de drenagem das águas pluviais, estes elementos naturais tornaram-se áreas de deposição de sedimentos, entulho e lixo, colaborando com a degradação do meio ambiente e da paisagem urbana construída.

Com o tempo, a canalização passou a ser alvo de reivindicação popular, no sentido de solucionar os problemas decorrentes desta configuração e deste comportamento: enchentes periódicas, focos de mosquitos e insalubridade.

Assim, este modo de ocupação das áreas de fundo de vale associado à ausência de legislação de proteção das APP levou a prática comum da canalização e tamponamento dos córregos e rios urbanos a ponto de desaparecerem dos mapas da cidade. Francisco (2012) verificou a recorrência de duas situações dos córregos e suas APP na área urbana ocupada anteriormente a 1965:

- Córregos canalizados e tamponados sob edificações com suas APP inexistentes;
- Córregos canalizados e tamponados, mas cujas APP estão conservadas por meio da construção de parque linear;

A lei de 1965, conhecida como Código Florestal, definiu, primeiramente, uma Área de Proteção Permanente de cinco metros marginal aos corpos d'água com largura de até dez metros – porte de todos aqueles que se encontram na área urbana de Presidente Prudente. Em 1986, uma lei complementar ampliou esta faixa para 30 metros. A questão chave encontra-se no fato de que esta legislação foi promulgada com vistas à preservação dos corpos d'água no território nacional, em meio rural, incidindo em uma interpretação de que não se aplicava ao meio urbano. Assim, na lei complementar de 1989, foi incluído um parágrafo definindo as obrigações para as áreas urbanas.

Deste modo, os córregos presentes na área urbana ocupada após 1965, encontram-se abertos, alguns *in natura* e outros canalizados, e suas APP estão conservadas, variando conforme a data de implantação dos loteamentos. Francisco et al. (2014) observaram que, apesar da legislação proteger as áreas marginais aos córregos, o modo de ocupação pouco se alterou: os córregos

continuaram a ser vistos como barreiras, como lugares insalubres e como depósito de resíduos. Apesar da reserva de APP, em um primeiro momento, continuaram a ser considerados como fundo de lote (Fig. 1b) e, posteriormente, como fundos de bairros (Fig. 1c), com avenidas de fundo de vale, sendo os terrenos defronte a eles os mais desvalorizados.

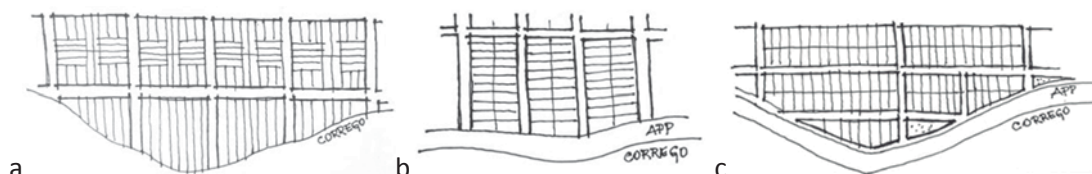


Figura 1. Tipologias de ocupação dos fundos de vale em Presidente Prudente.

Mais recentemente, encontramos uma alteração deste modelo, porém apenas nos condomínios fechados horizontais que preservam os córregos e utilizam as suas APP como áreas livres e verdes para o convívio coletivo. Estas áreas são propagandeadas como amenidades paisagísticas para atrair os consumidores. Entretanto, o modelo de ocupação que prevalece não incorpora o córrego como elemento natural a ser preservado e elemento paisagístico na construção de uma cidade singular e mais harmoniosa. Nas áreas ocupadas após 1965, as APP encontram-se praticamente conservadas, entretanto, apenas em situações pontuais onde se encontram construídos parques lineares, as relações ambientais e sociais podem ser estabelecidas (Fig. 2).

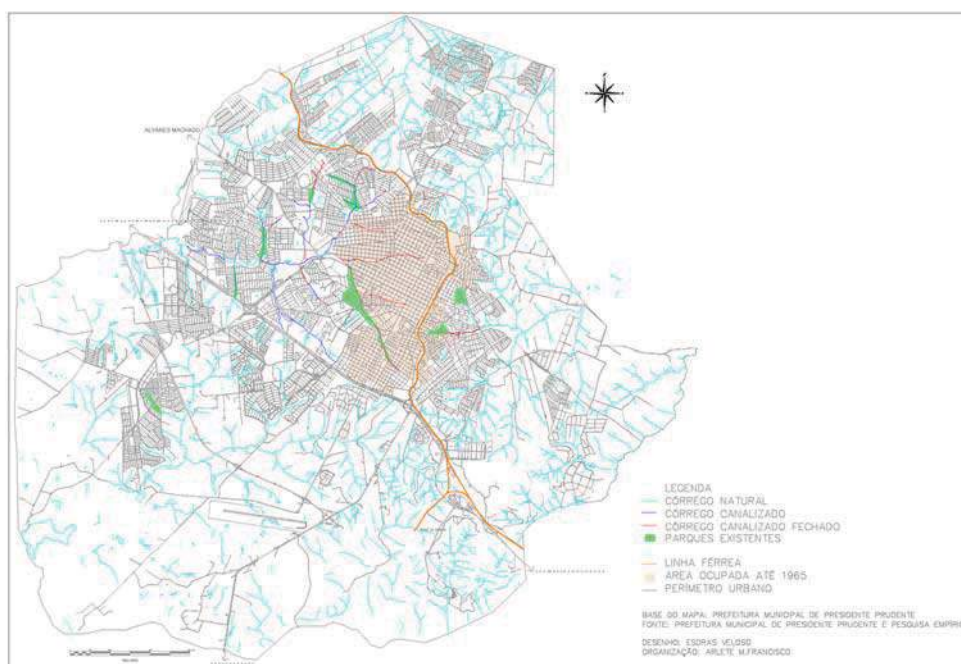


Figura 2. Hidrografia na área urbana de Presidente Prudente.

Embora estes parques sejam os únicos respiros da cidade, não foram concebidos enquanto parques fluviais como estratégia para uso e proteção das margens do rio. Todos foram concebidos após ou concomitantemente a canalização do córrego. Pesquisas mostraram que a população desconhece o fato de que sob o principal parque urbano – Parque do Povo – corre o curso d'água mais importante da cidade: o córrego do Veado, apesar das enchentes anuais serem alvo das manchetas dos jornais (Francisco et al. 2014).

O grande desafio imposto ao tratamento destas áreas é pensar em ações que conciliem interesses ecológicos, de preservação, e urbanísticos, de ocupação, pois as APP de córregos urbanos desempenham importante função de urbanidade que, de acordo com Holanda (2002), se define como o valor que qualifica a vida urbana, no sentido da interação entre os cidadãos

no espaço coletivo, da promoção do encontro e do convívio social; bem como da interação harmônica entre as pessoas e os elementos naturais do espaço urbano.

Assim, é importante romper o paradigma de que os cursos d'água são um problema para a cidade e verificar as suas potencialidades, tanto para o desenho urbano das áreas de expansão quanto para o redesenho dos espaços consolidados. Uma questão nos parece fundamental: ninguém cuida daquilo que não vê. É necessário que a população estabeleça sentimentos de pertencimento a estes espaços, para que possam ser defendidos. Se considerarmos o espaço livre como um bem público, não podemos admitir ser um luxo, acessível à minoria, nos amplos condomínios fechados da cidade contemporânea (Francisco 2012).

Presidente Prudente insere-se no clima tropical continental sub-úmido do centro sul do Brasil e é caracterizada por clima quente. Nas estações primavera e verão, a temperatura média é cerca de 25°C, com máximas absolutas próximas aos 40 °C. Nas demais estações, as temperaturas decrescem, mas permanecem elevadas: média em torno de 20°C, de acordo com os dados da Estação Meteorológica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp de Presidente Prudente apresentados por Amorin et al. (2009).

Além disso, a cidade é carente de espaços de áreas verdes e de lazer. No passado, foi prática comum a reversão de áreas destinadas aos sistemas de recreio dos loteamentos para a produção de habitação de interesse social ou mesmo para a construção de outros usos. Atualmente, conta com um parque estruturado – o Parque do Povo – na área central e outros três parques periféricos que apresentam condições bem menos favoráveis, além de pequenas praças de bairro.

Assim, a proposta de um sistema de espaços livres constituídos de parque lineares de fundo de vale poderia possibilitar: a criação de espaços de lazer para a população; áreas de conservação dos recursos naturais; maior qualidade do meio ambiente urbano construído; e, conseqüentemente, da qualidade de vida da população.

As idéias desta proposta coadunam com a posição do Ministério do Meio Ambiente que defende a construção de parques fluviais como instrumento de conservação e preservação de bacias hidrográficas situadas em áreas urbanas de modo a prevenir a ocupação desordenada das margens dos rios, recuperar a vegetação e preservar os recursos naturais, favorecendo o desenvolvimento de diversas atividades, dentre elas, o lazer e o esporte.

Partindo da configuração da rede hidrográfica que se estabelece em Presidente Prudente, acreditamos que um sistema de espaços livres (SEL) de fundos de vales possibilitaria um ambiente propício à construção de um sistema cicloviário eficiente e seguro para os cidadãos.

3 ESTUDOS PARA A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA CICLOVIÁRIO A PARTIR DAS AREAS DE FUNDO DE VALE

Este tópico apresenta um exercício de reflexão sobre o desenho da cidade e as possibilidades de articulação entre um sistema de espaços livres (SEL) e a mobilidade urbana, aproveitando o grande potencial que a cidade apresenta por meio de seus fundos de vale. Não tem a pretensão de um projeto de sistema cicloviário, mas sim de fornecer as diretrizes para tal.

Partimos de um novo olhar acerca do espaço urbano e das ações sobre os mesmos, com foco na construção de uma cidade mais democrática e inclusiva, que privilegie o pedestre e a vida coletiva em espaços urbanos mais qualificados, ao mesmo tempo em que promovam uma conciliação entre rio e cidade.

Embora o transporte cicloviário não seja incompatível com o transporte motorizado, acreditamos que o sistema viário tal como se estruturou – tendo como prioridade os automóveis – gerou um espaço em constante disputa entre distintos atores, tais como: pedestres, condutores e usuários de automóveis, caminhões, ônibus e motos. Estas vias “roubaram”, com

o passar do tempo, espaços que eram do pedestre e, embora pudéssemos considerar plausível o fato de recuperá-los por meio da implantação de ciclovias e ciclofaixas, optamos por priorizar as vias cicláveis em parques urbanos (as quais denominamos “ciclovias-parque”), pois atendem, com maior eficiência, os requisitos básicos que este modal de transporte necessita: segurança viária; rotas diretas e rápidas; coerência; conforto e atratividade, tal como se propõe em Brasil (2013).

Primeiramente, identificamos o potencial destas ciclovias-parques atenderem ao item *conforto*, na medida em que se estruturariam pela cota dos córregos e, portanto, pela baixa declividade na maior parte do sistema, propiciando suavidade ao pedalar. Isso foi feito considerando o mapa geomorfológico de Presidente Prudente (Fig. 3). Pelo fato da cidade apresentar um grande número de córregos, a maior parte do sistema poderia ser constituída pelas ciclovias-parques, mais confortáveis e atrativas.

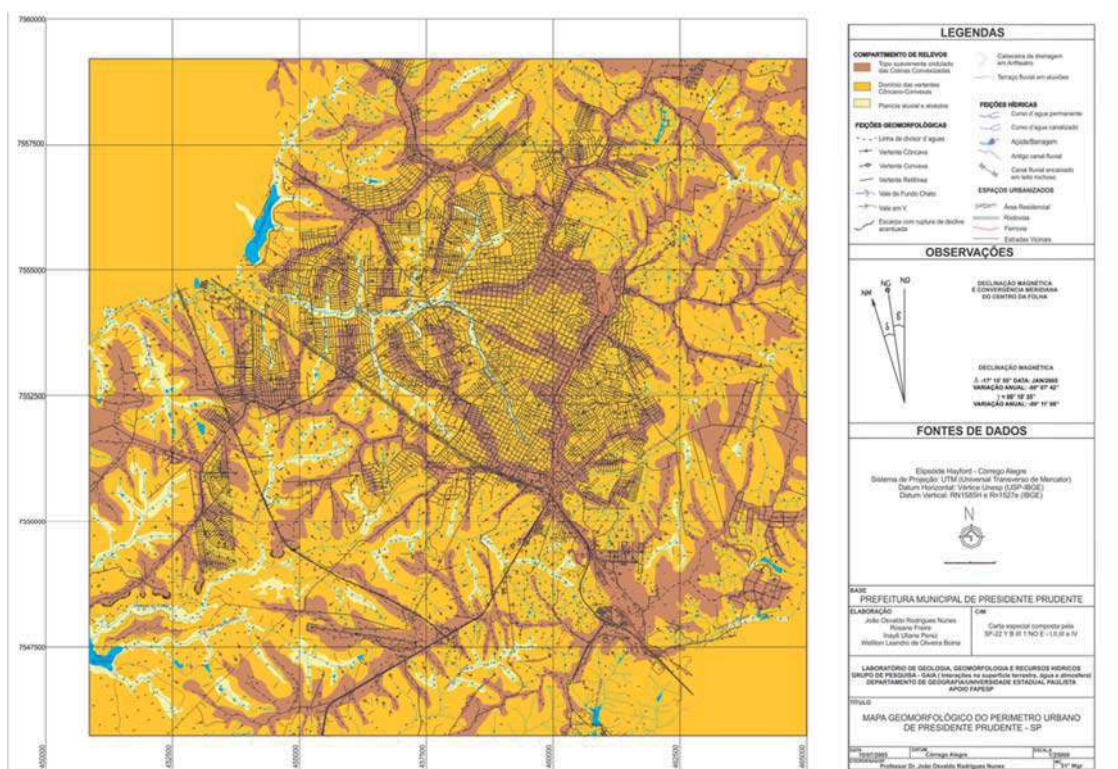


Figura 3 – Rede de ciclovias-parque sobre Mapa Morfológico de Presidente Prudente. Fonte do mapa: Nunes et al. 2006, p.7.

Pelo fato de se localizarem em parques fluviais, possibilita alto grau de *atratividade*, pois seriam desenhadas de forma integrada ao meio ambiente e independente das vias de trânsito, propiciando o caminhar e o pedalar de modo prazeroso; e se caracterizariam por rotas *diretas e rápidas*, na medida em que não apresentariam muitos desvios e interferências, contribuindo para a redução do tempo de deslocamento. E, por se constituírem em rotas diretas e independentes das vias de trânsito, atendem ao quesito *segurança*. Evidentemente, que a qualidade do desenho e da execução das vias definem, também, este fator.

Por fim, o sistema constituído por, majoritariamente, ciclovias-parques apresentaria uma *unidade coerente* através de um desenho facilmente reconhecível e da constância nas larguras das vias, complementado pelo sistema de informação eficiente que “possibilite ao ciclista fazer uso não somente da infra-estrutura ciclovária propriamente dita como também informá-lo a respeito de rotas alternativas, trânsito, topografia, etc.” (Brasil 2013 p. 44).

Outras diretrizes para a elaboração do sistema são definidas por:

- Estruturação de uma ciclovia marginal à linha férrea – ciclovia-linha férrea –, em função da sua baixa declividade e por permear boa parte da área urbana;
- Ligação das ciclovias-parques e da ciclovia-linha férrea, por meio de, prioritariamente, ciclovias construídas em vias motorizadas (quando a via não permitir este recurso e não apresentar outra alternativa, optar-se-ia por ciclofaixas);
- Nas ligações entre ciclovias, o desenho deverá priorizar o ciclista.

As ciclovias-parques e a ciclovia-linha férrea formariam a base do sistema cicloviário o qual se encontra delineado na figura 4. Podemos notar que estas rotas, as quais formariam a base do sistema, abrangem toda a cidade e permitem a ligação de todos os pontos, a qual precisaria ser complementada pelas ciclovias e ciclofaixas. Estas ligações entre ciclovias-parques e entre estas e as demais ciclovias seriam feitas, necessariamente, em rampa – na medida em que saltamos de cota. Deste modo, seriam precisos estudos mais específicos de cada ciclovia-parque e de suas articulações, verificando a relação entre dimensão do trecho e declividade da rampa. Em trechos mais curtos admite-se rampas com maiores inclinações e alternativas, tal como escadas com sulcos para que a bicicleta seja empurrada (Brasil 2013).

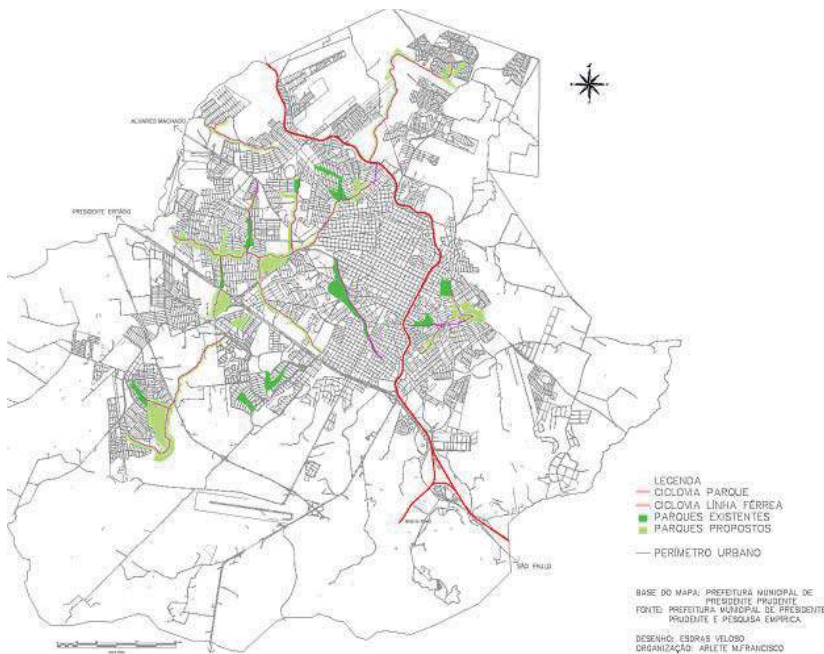


Figura 4 – Definição das rotas básicas para um Sistema Cicloviário em Presidente Prudente.

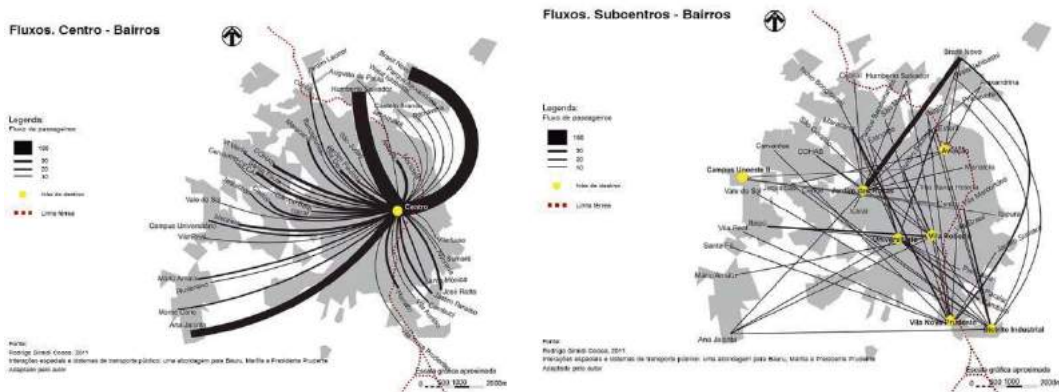


Figura 5 – Fluxos de passageiros em Presidente Prudente. Fonte: Cocco 2011, p. 39 e 41, respectivamente.

Considerando os estudos de fluxos bairros-centro e bairros-bairros (Fig. 5), verificamos cinco pontos de convergência de interesses para a população: o centro comercial e administrativo

principal, por razões intrínsecas; a área constituída pelo Prudenshopping-Unesp, por ser este um importante subcentro constituído pelo principal *shopping center* da cidade e instituições de ensino tais como: uma universidade estadual (Unesp), duas escolas profissionalizantes e um centro esportivo; a área HR-Unoeste, sendo esta constituída por um dos campus de uma universidade particular (Unoeste) e pelo Hospital Estadual Regional; o outro campus da Unoeste; e o Distrito Industrial. O sistema de ciclovias de parques fluviais seria facilmente complementado para a realização destes destinos pela maioria da população (Fig. 6).

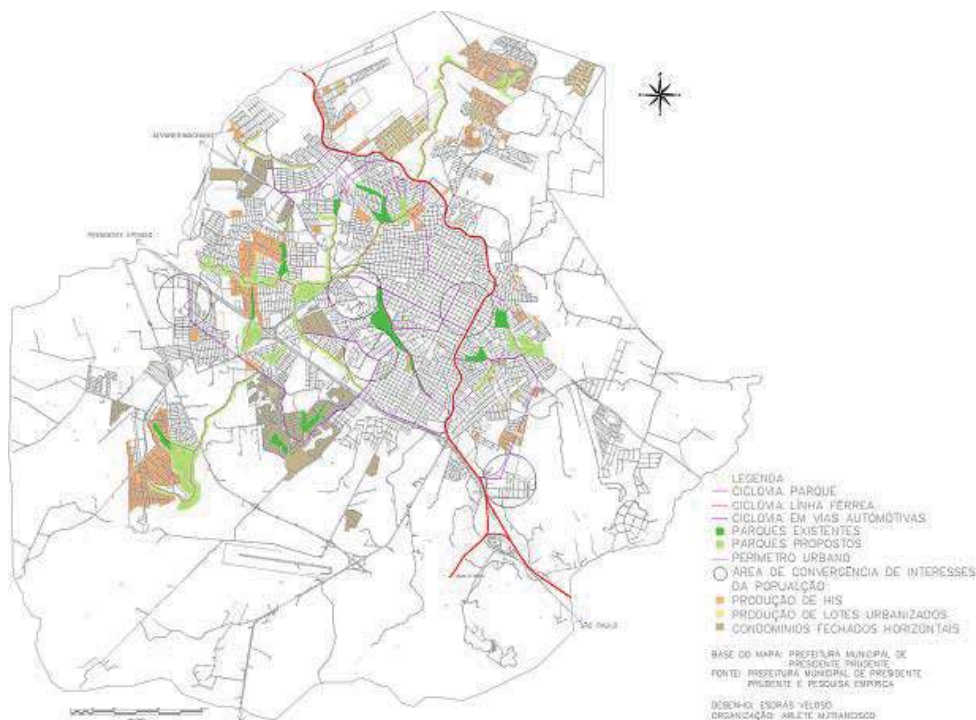


Figura 6 – Diretrizes gerais para um Sistema cicloviário em Presidente Prudente.

4 CONCLUSÕES

Muitos são os desafios a serem enfrentados para o incremento da qualidade da mobilidade urbana nas cidades brasileiras, sendo um deles, o redesenho dos espaços livres públicos para o deslocamento de pedestre e de ciclistas. Este trabalho não teve a pretensão de esgotar as discussões sobre as diretrizes de implantação de um sistema cicloviário para Presidente Prudente, mas, pelo contrário, fornecer bases para uma maior discussão e abrir possibilidades para a elaboração de projetos que possam verificar as condições de cada fundo de vale para a implantação do parque fluvial e das ciclovias-parques, além do estudo das vias de ligação.

Nestes estudos futuros, será preciso pensar o sistema cicloviário na sua articulação com o transporte público coletivo, identificando possibilidades de integração entre modais, como também da implantação de um sistema público de transporte por meio de bicicletas, na medida em que partimos da inversão das prioridades na matriz de deslocamentos: primeiro o pedestre, seguido do ciclista e, por último, o transporte individual motorizado.

A opção de estruturar um sistema cicloviário a partir das potencialidades da cidade e não a partir do sistema viário existente se apóia nos critérios sugeridos pelo Ministério das Cidades (Brasil 2013), mas, sobretudo, por acreditar que é urgente a reorganização e o redesenho do espaço urbano, na busca pela construção de cidades mais justas e, definitivamente, mais bonitas. Embora admitindo que os maiores desafios encontram-se muito além dos horizontes do desenho, pelo direito à cidade e pela justiça urbana.

REFERÊNCIAS

Amorin, M. C. C. T. et al. 2009. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). *Confins*[Online] 7:1-16. Disponível em: < <http://confins.revues.org/6070>>, acesso em: mai 2014.

Brasil. 2001. Lei 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. *Diário Oficial da União* (eletrônico), de 11 de julho de 2001, p.1.

Brasil. 2013. *Cartilha: Política Nacional de Mobilidade Urbana*. Brasília: Ministério das Cidades.

Brasil. 1965. Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. *Diário Oficial da União*, de 16 de setembro de 1965, p. 9529.

Cocco, R.G. 2011. *Interações espaciais e sistemas de transporte público: uma abordagem para Bauru, Marília e Presidente Prudente*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Presidente Prudente: Unesp.

Francisco, A. M. 2012. Os Desafios do Planejamento Urbano em Áreas de Fundo de Vale Consolidadas: o Caso da Microbacia do Córrego do Veado em Presidente Prudente,SP. In: Maria D. P. Bentes Sobrinha; Elisania M. Alves; Silvana F. Mameri (orgs.), *II Seminário nacional sobre áreas de preservação permanente em meio urbano, Natal, 9-11 Maio 2012*. Natal-RN: UFRN.

Francisco, A M. et al. Repensando os espaços da cidade: Diretrizes Urbanísticas para Áreas de Preservação Permanente Urbanas Consolidadas. In: Ana Cláudia Duarte Cardoso (org.), *III Seminário nacional sobre o tratamento de áreas de preservação permanente em meio urbano, Belém, 10-13 Setembro 2014*. Belém-PA: UFPA.

Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. 2010. Censo Demográfico/2010. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=354140>>. Acesso em: jan. 2014.

Maricato, E. 2012. *O impasse da política urbana no Brasil*. 2ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes.

Nunes, J.O.R; Freire, R.; Perez, I.U. 2006. Mapeamento geomorfológico do perímetro urbano do município de Presidente Prudente-SP. In: Selma S. de Castro; Edgardo M. Latrubesse (Orgs.), *VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology, Goiânia, 6-10 Setembro 2006*. Goiânia: UEG.

Vasconcellos, E. A. 2013. *Mobilidade Urbana: o que você precisa saber*. São Paulo: Companhia das Letras. Ebook.

Villaça, F. 2001. *Espaço intra-urbano no Brasil*. São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute.

A compreensão da caminhabilidade por meio dos padrões espaciais

Ana Paula Borba Gonçalves Barros

Universidade de Brasília e Universidade de Lisboa. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental e Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, Brasília, Brasil

anapaulabgb@gmail.com

ABSTRACT: The paper explores how urban patterns affect the displacements in the cities according to the modes used. In methodological terms, if adopted strategies linked to the Space Syntax, based on the integration variables and visibility, confronted with actual counts of vehicles and pedestrians. For case study, applied research to the Lisbon city (Portugal), to consider its configuration composed of distinct morphological features. For specific analysis, we chose three neighbourhoods with distinctive designs: Graça (organic mesh), Campo de Ourique (regular grid) and Telheiras (contemporary mesh). The results showed a strong relationship between the design of roads and actual flow of vehicles and pedestrians accounted for, thus demonstrating that the space component linked to the organization of paths affects the way in which individuals go through space, requiring greater attention in studies on urban mobility.

Keywords: Urban Mobility, Spatial Configuration, Space Syntax.

RESUMO: O artigo explora como os padrões urbanos afetam os deslocamentos nas cidades consoante os modais utilizados. Em termos metodológicos, adotam-se as estratégias vinculadas à Sintaxe Espacial, com base nas variáveis integração e visibilidade, confrontadas com contagens reais de veículos e pedestres. Para estudo de caso, aplicou-se a investigação à cidade de Lisboa (Portugal), a considerar sua configuração composta por distintas feições morfológicas. Para a análise específica, escolheu-se três bairros com distintos desenhos: Graça (malha orgânica), Campo de Ourique (malha regular) e Telheiras (malha contemporânea). Os achados permitiram compreender como o desenho da rede urbana afeta os padrões de deslocamento. Os resultados obtidos apontam para forte relação entre desenho da malha viária e fluxo real de veículos e pedestres contabilizado, demonstrando assim que o componente espacial atrelado à organização da rede de caminhos afeta a maneira pela qual os indivíduos caminham pelo espaço, reque-rendo maior atenção nos estudos sobre mobilidade urbana.

Palavras-chaves: Mobilidade Urbana, Configuração Espacial, Sintaxe Espacial.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os temas relacionados ao desempenho dos espaços urbanos, a mobilidade tem sido dos mais debatidos. O discurso tende a ser paradoxal, contrapondo o transporte não motorizado aos estímulos destinados ao transporte individual, afetando o viés da sustentabilidade. Com base em tais premissas, o artigo explora de que maneira os padrões urbanos afetam os deslocamentos nas cidades consoante os modais utilizados.

Este trabalho consiste em uma parte teórica, que apresenta (a) uma breve descrição dos pressupostos teóricos – forma urbana, sintaxe do espaço e vida urbana –, (b) a metodologia, (c) sua aplicação e resultados, e (d) as considerações finais.

2 PREMISSAS TEÓRICAS E METODOLÓGICAS

2.1 Forma urbana

Assume-se que o ato de caminhar favorece uma coerente apreensão e vivência da cidade, por

razões sedimentadas em distintos campos disciplinares. O andar na cidade pode ser interpretado segundo as origens e os destinos, ou a capacidade dos lugares em serem rotas ou pontos de chegada, como discute Hillier (2008). Parece haver, na organização dos espaços urbanos, uma lógica que afeta o processo de escolha dos caminhos, o que expressa a preferência dos indivíduos por um percurso ou outro.

Falar em organização dos espaços implica considerar a estrutura urbana, percebida como um sistema de interdependências, e ainda compreender em que medida a forma da cidade atua sobre o ato de caminhar. Talvez este componente desempenhe um papel mais relevante do que se imagina, condicionando ativamente os fluxos de pedestres.

Entende-se aqui por forma urbana a composição geométrica dos elementos que compõem a cidade (ruas, edifícios, quarteirões, fachadas, mobiliário urbano, vegetação, etc.) quanto às suas dimensões e proporções (âmbito geométrico). Além disso, interessa explorar o conceito à luz da maneira como os elementos que integram o espaço urbano estão dispostos e relacionados, seja em perspectiva bi ou tridimensional. Uma vez que importam relações, a resultar em variações hierárquicas, pretende-se uma leitura topológica (âmbito topológico).

Na literatura, a forma urbana tem sido historicamente tratada em suas distinções de desenho. Na obra *Ânsia por vagar: uma história do caminhar*, Solnit (2001) retrata, de forma poética e precisa, a distinção entre as formas urbanas tradicionais (coesas) – ou pré-modernas (Holanda, 2013), – e contemporâneas (isoladas) – pós-modernas (Holanda, 2013).

Sobre o tema, Medeiros (2013) enfatiza os dois tipos de forma urbana citados por Kostof (1992); Kostof (2001) – a irregular/orgânica e a regular/grelha/ortogonal/tabuleiro de xadrez –, ao comparar uma amostra de cidades brasileiras e mundiais. Entretanto, numa leitura que considera a articulação entre os tecidos e os impactos para os deslocamentos, o autor destaca que a questão não é a existência de um tipo ou outro, mas sim como ocorrem as articulações na cidade. Aspectos de costura, conexão e relação entre os eixos viários parecem ser mais relevantes do que o desenho em si, de modo que formas urbanas que se assemelham a “colcha de retalhos” seriam dos cenários mais negativos para a mobilidade urbana, inclusive na perspectiva do caminhar: o aparente planejamento expresso na regularidade do traçado se desfaz pela ausência de uma intenção global que previsse níveis coerentes de articulação interpartes.

A compreensão da forma, inclusive para a mobilidade urbana, pressupõe o entendimento simultâneo de aspectos geométricos e topológicos, com foco nas relações. Seja o desenho da malha viária ou o grau de compacidade dos edifícios e da população, seja o modo prioritário de transporte ou as distâncias passíveis de percorrer, reside na leitura das articulações dos elementos constituintes da cidade um eixo de interpretação que mereça foco, pois parece agir substancialmente naquilo que são os processos de deslocamento dos indivíduos do espaço.

2.2 Sintaxe do Espaço

No que diz respeito ao estudo do espaço construído, alinhando-se portanto às estratégias da leitura da forma urbana cujas bases são oriundas da visão sistêmica (em que as partes do urbano devem ser relacionadas de modo a formar um todo integrado – Derridá, 1971; Foucault, 1971; Capra, 2003), a Teoria da Lógica Social do Espaço ou Sintaxe do Espaço – SE (Hillier e Hanson, 1984; Hillier, 1996; Holanda, 2002; Medeiros, 2013) contribui substancialmente para o debate.

O objetivo principal da Sintaxe Espacial é investigar o relacionamento entre o espaço construído – o edifício ou a cidade, grosso modo referido como arquitetura – e a sociedade – vista como um sistema de possibilidades de encontros (Holanda, 2002).

A teoria contempla técnicas de entendimento e representação do espaço, incluindo a estrutura da malha viária, fornecendo subsídios que permitem ao pesquisador investigar a cidade de

acordo com as articulações urbanas.

Segundo Hillier (2001), ao se colocar um objeto aqui ou ali dentro de um sistema espacial, então certas consequências previsíveis afetarão a configuração espacial do ambiente. Estes efeitos são bastante independentes dos desejos ou da intenção humana, mas podem ser utilizados pelos seres humanos para alcançarem efeitos espaciais e mesmo sociais.

À vista disso, Hillier e Hanson (1984) acreditam haver um ciclo virtuoso para a explicação da lei do movimento natural (Figura 1), no qual a configuração espacial tem como efeito primário a geração de movimento (seja de pessoas ou de veículos) nos espaços. E como efeito secundário, este movimento gerado pela configuração, fomenta o surgimento dos usos (ou seja, dos atratores e geradores de movimento). E, finalmente, como efeitos terciário e quaternário, ocorre o processo inverso, os usos estimulam o movimento e, por conseguinte, interferem na configuração dos espaços. Portanto, a configuração pode ser entendida como um fator explicativo para a distribuição funcional nas cidades, atuando diretamente sobre aspectos de circulação.

Das técnicas de representação recomendadas pela Sintaxe Espacial (SE) para estudos configuracionais, duas são de particular interesse para esta pesquisa: campos visuais (mapa de visibilidade) e linhas (mapas axiais).

A representação linear é obtida traçando-se, sobre a malha viária, a partir da base cartográfica disponível, o menor número possível de retas que representam acessos diretos através da trama urbana. Após o processamento destas retas, pode-se gerar uma matriz de interseções, a partir da qual são calculados, por meio do Depthmap[®], valores representativos de suas inter-relações axiais.

Esse procedimento resulta do cálculo da matriz de interseções total do sistema, na qual são consideradas todas as conexões a partir de todos os eixos. Obtém-se, assim, um valor denominado R_n , onde R representa o raio (quantos eixos se quer considerar a partir de um outro qualquer) e n o número ilimitado de conexões. Aos valores obtidos a partir da representação e quantificação do espaço urbano no nível desejado dá-se o nome de valor ou potencial de integração. Esses valores podem ser representados numericamente ou numa escala cromática com gradação indo do vermelho (mais integrado), passando pelo laranja e verde até chegar ao azul (mais segregado).

Eixos mais integrados são aqueles mais permeáveis e acessíveis no espaço urbano, de onde mais facilmente se alcançam os demais. Implicam, em média, os caminhos topologicamente mais curtos para serem atingidos a partir de qualquer eixo do sistema.

2.3 Vida Urbana

Alinhado a este viés, alguns teóricos apresentam premissas que visam estimular a vida urbana nos espaços públicos das cidades:

Jacobs (2000): enfatiza principalmente a necessidade de espaços com diversidade de usos e densidade de residentes adequada a cada bairro;

Gehl (2010): acredita que o piso térreo deve ser acessível aos pedestres, além de destacar a necessidade de que as vias dos bairros apresentem grande quantidade de portas por hectômetro;

Alexander (2006): destaca a necessidade de haver complexidade na forma dos espaços e acredita que os espaços urbanos não devem ser segregadores, inclusive os *playgrounds* das crianças, de forma a incorporar a cidade ao espaço do brincar infantil.

Salingaros (2005): pontua a necessidade de existir muitas conexões (caminhos de pedestres) em uma cidade e estas conexões devem estar ligadas a grande quantidade e diversidade de nós

(atividades).

As premissas básicas destes autores utilizadas como aporte metodológico neste artigo, são essencialmente (a) a diversidade de usos (citada por todos os quatro, mas enfatizada por Jacobs); (b) a complexidade na forma dos espaços de Alexander; e (c) as muitas conexões ligadas a grande quantidade e diversidade de usos, apontadas por Salingaros como essencial, de modo a haver vida no espaço.

De modo a confirmar as premissas dos autores em relação à vida nos espaços urbanos, realizou-se uma análise conjunta dos aspectos sintáticos da forma e de contagens veiculares e de pedestres em três bairros – Graça (malha orgânica), Campo de Ourique (malha ortogonal) e Telheiras (malha contemporânea) – da cidade de Lisboa, com distintas características morfológicas e sintáticas.

3 RESULTADOS

Os limites atuais da cidade de Lisboa, com 84,6 Km², encerram uma estrutura urbana relativamente estável situada na província de Estremadura de Portugal. As alterações na municipalidade, núcleo de uma área metropolitana (AML – Área Metropolitana de Lisboa – Figura 4.1A) que alcança quase 2,8 milhões de habitantes e avança num território de 2,962.6 Km².

A escolha dos bairros deu-se por conta dos distintos desenhos de suas malhas, resultantes de processos históricos de consolidação dos tecidos urbanos peculiares. Graça conforma-se como havendo irregularidade das ruas resultante da apropriação diacrônica do terreno. Campo de Ourique exemplifica o traçado de significativa regularidade, semelhante ao tabuleiro de xadrez. Telheiras apresenta uma rede urbana derivada das premissas do urbanismo moderno, já transformadas segundo soluções recorrentes nas cidades contemporâneas: grandes vazios, presença de vias secundárias e internas, anéis de circulação, ruas sem saída, etc.

3.1 Mapas axiais e de segmentos

O bairro da Graça conforma-se em uma malha predominante irregular, resultante de um processo específico de adaptação ao sítio. O desenho de ruas aproxima-se daquilo que se denomina modo português de fazer cidades, herança de uma urbanística peculiar de apropriação do território. A área apresenta cruzamentos predominantemente em forma de “T” e seus quarteirões são simultaneamente irregulares quanto ao tamanho e à forma. Tais características refletem-se nos indicadores, conforme é possível verificar na Figura 1A.

Para a análise da integração média global ($R_n = 0,40$) (Figura 1A e Figura 5), a Graça contém a medida mais baixa da amostra, produto que é de uma organização alinhada ao labirinto (Medeiros, 2013). O relevo acentuado e os aclives reduzem as possibilidades de rotas e trajetos entre qualquer par de origem e destino.

Quanto à análise local de raio 3 (Figura 1B), verifica-se que os eixos de maiores dimensões (e retilíneos) são aqueles que despontam no polo de integração, em tese potencialmente correspondentes às centralidades locais. No entanto, são vias cuja diversidade de uso inexistente, com predomínio de residências.

A área de estudo do bairro de Campo de Ourique caracteriza-se por uma malha essencialmente regular, com os cruzamentos predominantes em forma de “X”. Os quarteirões, conseqüentemente, resultam desse traçado, com forte proximidade em seus tamanhos e proporções. O tecido urbano, quando semelhante a um padrão de tabuleiro de xadrez, tende a maximizar a quantidade de rotas possíveis a serem percorridas entre qualquer par de origem-destino, o que resulta em valores sintáticos mais elevados (Figura 2A).

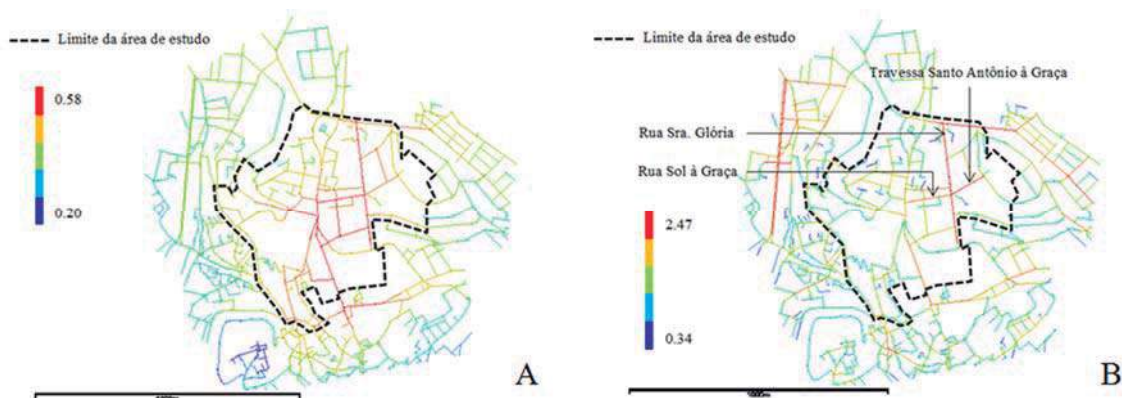


Figura 1. (A) Mapa axial (valor de integração R_n) da Graça e (B) Mapa axial (valor de integração R_3) da Graça, ambos com entorno imediato de 300m

Na análise dos aspectos locais de Campo de Ourique (integração R_3), percebe-se que a lógica embutida na ausência de hierarquia clara mantém-se praticamente na mesma proporção que a global (Figura 2B), o que não acontece na Graça, por exemplo.

Campo de Ourique (Figura 2A) apresenta a maior média de integração global da amostra (0,74), apresentando eixos globais retilíneos que cortam o bairro de norte a sul e de leste a oeste. A considerar as contagens realizadas, infere-se que este desenho demonstra ser mais estimulante ao deslocamento de veículos que ao de pedestres.

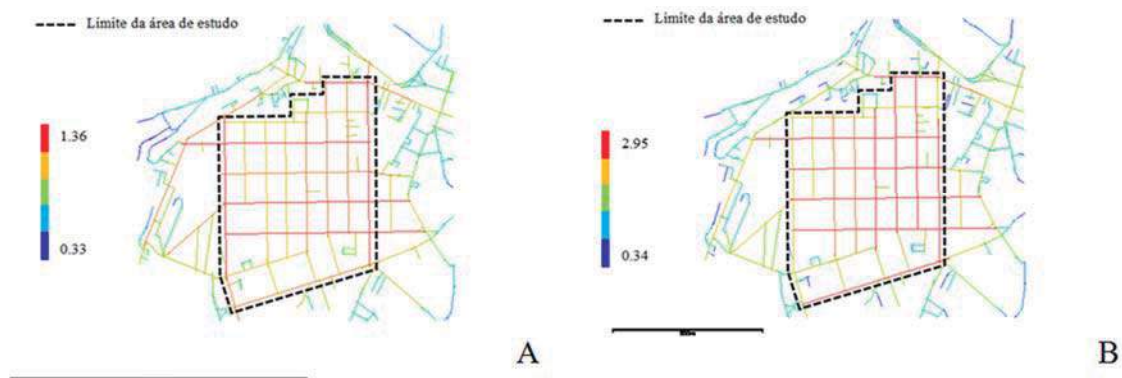


Figura 2. (A) Mapa axial (valor de integração R_n) de Campo de Ourique e (B) Mapa axial (valor de integração R_3) de Campo de Ourique, ambos com entorno imediato

O bairro de Telheiras contempla um desenho bastante distinto em relação aos anteriores, resultado das experimentações contemporâneas oriundas de uma matriz moderna. Sua malha não apresenta um padrão claramente definido, pois ora assemelha-se ao que se desenvolve em Campo de Ourique, enquanto em outros momentos deriva para uma aparente irregularidade “ordenada”: são constantes os cruzamentos em “X” e em “T”, também é frequente a existência de quarteirões excessivamente alongados (aqui também sem regularidade no tamanho e na forma). Tais feições promovem índices de integração mais baixos, como ilustram a Figura 3A e a Figura 5.

Observa-se que Telheiras (Figura 5) apresenta a integração média global (0,48) ligeiramente superior à Graça, pois em seu sistema há vias que cortam o bairro de leste a oeste (Figura 3ª) e que passam por debaixo das vias expressas. Não há, portanto, grandes interrupções, o que torna o bairro mais permeável/acessível.

Localmente a análise referente ao raio 3 (Figura 3B), mostra que as vias mais integradas são as mesmas que as da análise global de raio n , comportamento bastante semelhante ao que acontece em Campo de Ourique. Indica haver maior sinergia entre os sistemas (quando ao desempenho comparado global e local) destes bairros em relação àquele da Graça (Figuras 1ª e

1B).

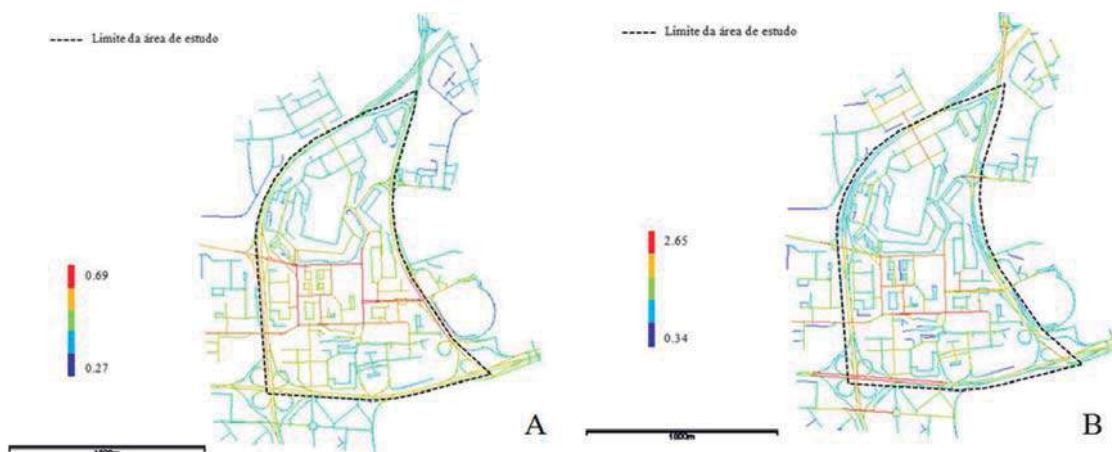


Figura 3. (A) Mapa axial (valor de integração R_n) de Telheira e (B) Mapa axial (valor de integração R_3) de Telheira, ambos com entorno imediato

Reitera-se aqui que o mapa de segmentos apresenta maior compatibilidade com os dados de Transportes, entretanto, o mapa axial é de extrema relevância por se ater às características hierárquicas do sistema, tornando relevante o uso conjunto de ambas as estratégias de análise.

Fazendo uma análise comparativa entre os resultados sintáticos dos três bairros, pode-se inferir que, de um modo geral, o bairro da Graça é o que apresenta melhor desempenho nos mapas de isopé (aqueles que levam em conta os obstáculos ao nível do pé e não dos olhos, como os de isovista). Ainda que a área seja a de valores de integração médios mais baixos – a despeito de uma hierarquia claramente definida – ali há uma menor incidência de espaços demasiadamente amplos. O cenário facilita a leitura do espaço pelos pedestres (Hillier et al., 1993), além de ser considerado bom para a vida urbana de acordo com os preceitos de Jacobs (2000), Gehl (2010), Alexander (2006) e Salingaros (2005).

Sobre o bairro de Campo de Ourique, vale salientar a sua posição de superioridade em termos de integração do sistema por conta dos extremos de regularidade da malha. Esta situação faz com que, de certa maneira, a malha seja democrática em termos de homogeneidade de relações, sendo aparentemente positivo para o tráfego de atravessamento motorizado. Entretanto, o desempenho elevado aqui não quer dizer que seja de todo satisfatório, pois sob o ponto de vista do pedestre, as evidências indicam que as malhas com distinções claras na sua hierarquia viária são mais fáceis de serem compreendidas. Tanto os mapas axiais/de segmentos como os de isopé são relevantes para a leitura dos padrões, fornecendo estratégias para a identificação de repetições, com proximidades e afastamentos entre as áreas analisadas.

Telheiras aponta para um contexto que seria o menos convidativo para a vida urbana, o que se alinha às observações de Jacobs (2000), Gehl (2010), Alexander (2006), Salingaros (2005), etc. Seus valores de integração, se comparados com os outros dois exemplos, ficam numa posição intermediária apenas pelo fato de estar conectado com a vizinhança por meio de robustos eixos de articulação leste-oeste. Por outro lado, mesmo nos mapas axiais e ainda nos mapas de isovista e isopé, emerge o problema de conexão: o interior de Telheiras é mal conectado, havendo a presença frequente de vias sem saída, edifícios isolados e pouca diversidade de usos: todos aspectos que desestimulam a vida urbana, a vivência de bairro, os encontros. Estes aspectos sintáticos são ratificados pelas contagens realizadas.

3.2 Mapas de visibilidade

Tendo em conta que o foco são os pedestres, utilizaram-se os mapas de visibilidade que tende a apresentar com maior clareza a presença dos mesmos no espaço por meio de pontos

colorizados que a depender da posição variam, assim como os mapas axiais e de segmentos, das mais quentes (estando mais acessíveis visualmente) às mais frias (estando menos acessíveis visualmente).

Para o primeiro caso (Figura 4), verificou-se que a maior conectividade do sistema está situada nas vias estruturadoras, ou seja, Rua da Graça, Largo da Graça e Rua Sapadores.

No que tange à análise de visibilidade do sistema, decidiu-se por analisar a conectividade visual sob o prisma dos pés (doravante chamado de isopé). Nesta análise (Figura 4), nota-se um desempenho distinto entre os bairros, tendo em vista as suas distintas características de forma.

Para o sistema da Graça (Figura 4^a), verificou-se que a maior conectividade do sistema está situada nas vias estruturadoras, ou seja, Rua da Graça, Largo da Graça e Rua Sapadores. Ressalta-se que embora a Rua Senhora Glória apresente um alto valor de integração (Figura 1^a), sua conectividade visual não apresenta valores significativos, talvez por isso a via não seja uma tractora de comércio e, conseqüentemente, de movimento.

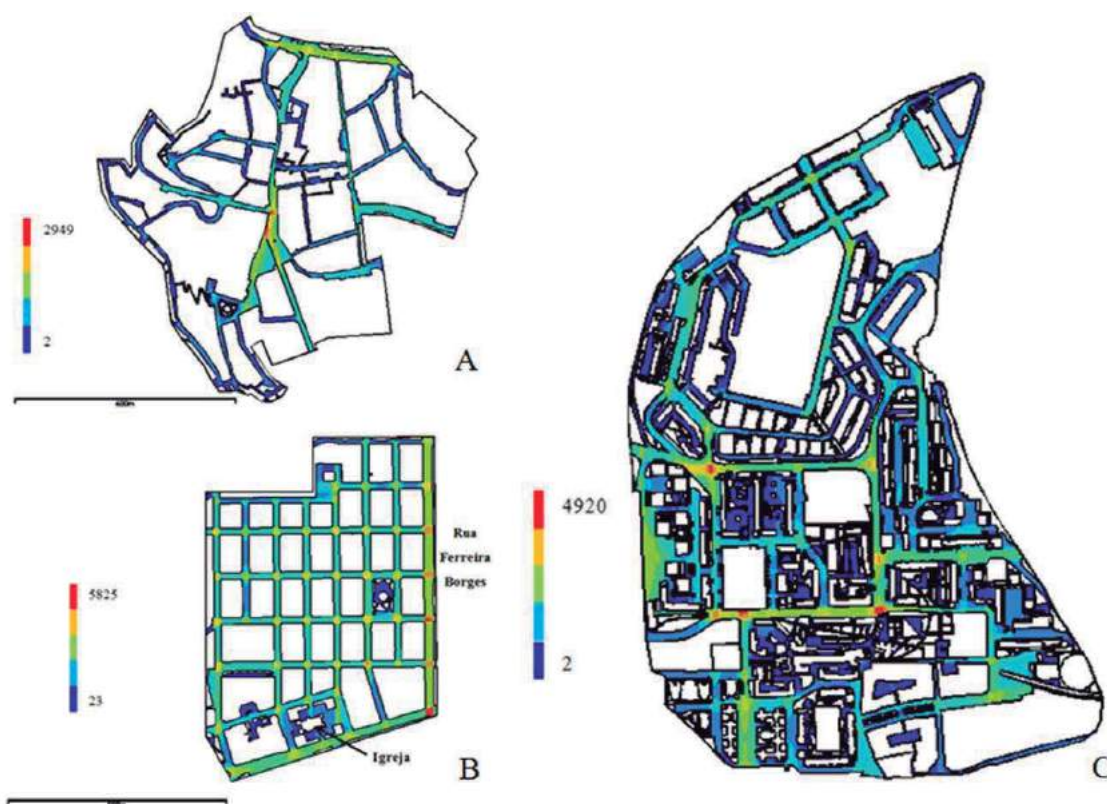


Figura 4. (A) Mapa de isopé (conectividade visual ao pé – 2) da Graça (A), Campo de Ourique (B) e Telheiras (C) com entorno imediato

A análise de visibilidade ao nível do pé em Campo de Ourique (Figura 4B) expressa uma alteração substancial no comportamento da área em volta da igreja e da praça, que assumem de cores mais quentes para as mais frias, resultado da presença dos obstáculos ao pé, como jardins e fontes.

A mudança fomenta a reverberação dos resultados a outros sítios do bairro, como a elevação da importância dos cruzamentos da rua Ferreira Borges – limite a leste do bairro – em que seus nós passaram da cor amarela ao laranja e em alguns casos ao vermelho, denotando maior conectividade visual global. Estes achados apresentam maior sincronia com a realidade de fluxo do bairro, evidenciada pelas contagens realizadas.

Interessante notar que na análise do isopé (Figura 4), em geral os pontos mais conectados, similarmente ao que ocorre em Campo de Ourique, são aqueles que correspondem aos

cruzamentos. No entanto, em Telheiras, os cruzamentos em “X” são raros, sendo, portanto, mais recorrentes os em “T”.

Bairro	Integração Média Rn	Integração Média R3	Prof. Média	Conectividade Axial Média	Conectividade visual ao olho	Conectividade visual ao pé
Graça	0,40	1,27	7,81	2,78	711,24	669,48
Campo de Ourique	0,74	1,35	4,20	2,81	2785,24	2186,91
Telheiras	0,48	1,21	6,38	2,63	2012,64	1036,65

Figura5. Índices Sintáticos

3.3 Contagens

Em relação às contagens realizadas nos três bairros em estudo, foram analisados os resultados por modo de deslocamento – modos motorizados (carros) e modos não motorizados (a pé e bicicleta) –, de modo a verificar suas semelhanças e distinções.

Verificou-se que ao se confrontarem os dados absolutos para os três bairros, Telheiras foi o grande destaque por apresentar os maiores valores de fluxo para todos os modos (Figura 7). No entanto, em virtude da discrepância entre o número de pontos de contagem de cada bairro – Telheiras apresenta quase sete vezes mais portais que a Graça, e quase o dobro dos de Campo de Ourique – decidiu-se realizar uma análise proporcional. Para tanto, dividiu-se o número de pessoas contadas pelo número de portais, por bairro, com resultados apresentados na Figura 6 e na Figura 8.

Os achados obtidos indicaram que Telheiras passa a ter quase todos os menores resultados, à exceção do número de bicicletas. O bairro conforma-se como o de menor quantidade de movimento (de pedestres e de veículos), o que aponta para reduzida urbanidade – nas palavras de Holanda (2002), devido aos poucos “olhos da rua”, como descreve Gehl (2010).

	Campo de Ourique	Graça	Telheiras
Fluxo de pedestres	4980	7110	17868
Fluxo de Veículos Motorizados	10152	6516	31092
Fluxo de Veículos não Motorizados	42	18	390
Número de portais	26	45	303
Valor médio de pedestres por portais	191,54	158,00	58,97
Valor médio de veículos motorizados por portais	390,46	144,80	102,61
Valor médio de veículos não motorizados por portais	1,62	0,40	1,29

Figura 6. Fluxos totais e médios por bairros

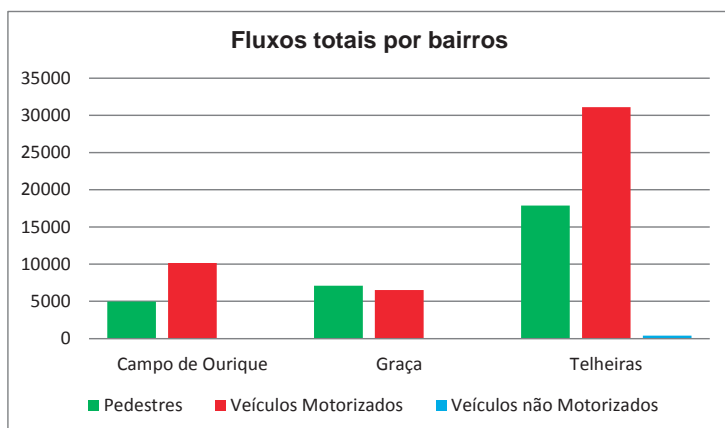


Figura 7. Fluxos totais por bairros.

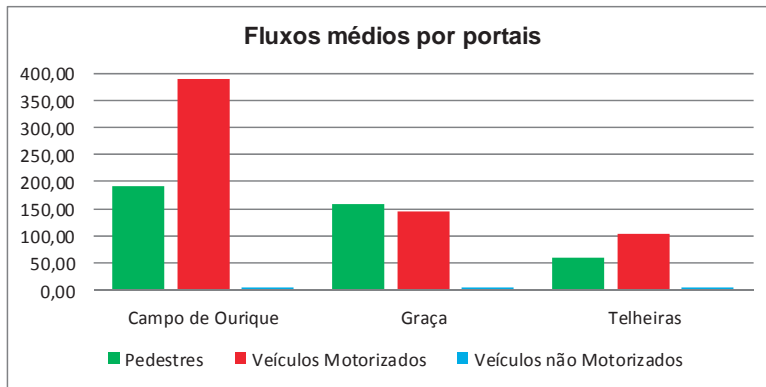


Figura 8. Fluxos médios por portais

Verificou-se ainda que o bairro da Graça obteve o segundo maior volume de pedestres, com uma média de 158 pessoas por hora, e de veículos com 145 por hora (em média, por cada portal). Ainda que configurando uma malha com uma hierarquia bem definida em termos de polos, em que o fluxo tende a ficar condensado em determinadas vias, a Graça ainda assim contém maior movimento médio de pessoas e veículos que numa malha contemporânea.

O bairro de Campo de Ourique, por sua vez, apresentou o maior fluxo médio tanto de pedestres (192 ped./h) quanto de veículos motorizados (390 veíc./h). O fato possivelmente se associa a uma maior densidade residencial, à topografia bastante plana e a uma maior acessibilidade conforme explorado pela análise sintática do espaço.

Telheiras obteve o pior desempenho tanto em relação ao movimento de pessoas, com uma média de 59 por hora, quanto o de veículos, com 103 por hora (sempre em média por portal). As medidas apontam para um possível caráter pouco agregador da área, produto dos grandes vazios existentes, bem como de características sociais da população.

Verifica-se a partir das contagens, que o bairro da é o único em que há certo equilíbrio entre os fluxos de pedestres e de veículos motorizados, demonstrando, de certa maneira, haver maior convivência entre os modos. Campo de Ourique e Telheiras, por outro lado, apresentam certa similaridade nos seus comportamentos, visto que apresentam quase o dobro da quantidade de veículos motorizados em relação ao de pedestres.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo verificar de que maneira a forma dos espaços interfere nos deslocamentos a pé e foram utilizadas estratégias metodológicas complementares que auxiliaram na consecução deste objetivo.

Os resultados obtidos, por meio das três estratégias metodológicas adotadas, apontaram que a forma é um fator determinante no que tange os deslocamentos a pé, visto que a partir dos aspectos morfológicos e sintáticos há mais ou menos vida urbana nos espaços.

Neste aspecto, verificou-se que malhas orgânicas (como ocorre na Graça) e regulares (tendo como o caso de Campo de Ourique) – consideradas por Alexander (2005) como complexas – são as que apresentam mais vida urbana em seus espaços urbanos, opostamente, malhas contemporâneas (como presente em Telheiras) – consideradas pelo autor (para o caso desta pesquisa) como não complexas – são as que apresentam pouca vida urbana, ou seja, há poucas pessoas a se deslocarem a pé nos espaços.

Cabe pontuar que os aspectos sintáticos são relevantes, mas devem ser analisados de forma conjunta com outras estratégias de análise, visto que apresentam resultados potenciais e não absolutos de fluxo. Neste viés, as contagens de pessoas, o levantamento da média do número de portas por hectômetro e o uso do solo presentes nos bairros foram estratégias que auxiliaram

na caracterização dos bairros de modo a situá-los em termos de vida urbana.

Diante do exposto, infere-se que a forma urbana é um fator importante para a presença de pessoas nos espaços urbanos, ou seja, a vida urbana existe também devido as características morfológicas e sintáticas (morfofossintáticas) presentes nos espaços das cidades, demonstrando, portanto, a relevância da teoria da Sintaxe Espacial também no âmbito da caminhabilidade – analisado em pormenores na pesquisa de doutorado de Barros (2014).

Portanto, os ingredientes para um espaço de sucesso e que seja amigo dos pedestres, deve consistir numa forma urbana cujas relações (Hillier e Hanson, 1984) incorpore um espaço com a complexidade inerente aos espaços (Alexander, 2006), diversidade de usos do solo (Jacobs, 2000), quantidade de portas que se enquadrem em níveis altos de movimento (Gehl, 2010), proporcionando, portanto, grande quantidade e diversidade de conexões entre as atividades (Salingaros, 2005).

REFERÊNCIAS

Alexander, C. (2006) *A cidade não é uma árvore*. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/48296984/UMA-CIDADE-NAO-E-UMA-ARVORE> >. Acesso em: dezembro de 2012.

Barros, A. P. (2014). Diz-me como andas que te direi onde estás: inserção do aspecto relacional na análise da mobilidade urbana para o pedestre. Tese de doutorado em regime de Co-tutela entre as instituições UnB e UL, Brasília e Lisboa, pp 372.

Capra, F. (2003) *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. 8ª Edição. São Paulo: Cultrix.

Derrida, J. (1971) *A escritura da diferença*. (Coleção Debates, 49). Perspectiva: São Paulo.

Foucault, M. (1971) *Sobre a Arqueologia das Ciências*. In: Foucault, M. et alli. *Estruturalismo e teoria da linguagem*. (Coleção Epistemologia e Pensamento Contemporâneo, 1). Vozes: Petrópolis.

Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Washington, Island Press

Hillier, B. (1996) *Space is the machine*. London: Cambridge University Press.

Hillier, B. (2001) *A theory of the city as object, or how the spatial laws mediate the social construction of urban space*. In: 3rd International Space Syntax Symposium, Atlanta - EUA. Proceedings... A. Alfred Taubman College of Architecture and Urban Planning, University of Michigan, pp. 02.1-02.28.

Hillier, B. and Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. London: Cambridge University Press.

Holanda, F. (2002) *O espaço de exceção*. Brasília: EdUnB

Holanda, F. (2013) *Conceito de Morfologia e Sintaxe*. Comunicação particular (via e-mail), Brasília.

Jacobs, J. (2000) *Morte e vida de grandes cidades*. São Paulo: Martins Fontes

Kostof, S. (1992). *The city assembled: the elements of urban form through history*. London, Thames and Hudson

Kostof, S. (2001). *The city shaped: urban patterns and meanings through history*. London, Thames and Hudson

Medeiros, V. A. S. (2013) *Urbis Brasiliae: o labirinto das cidades brasileiras*. Brasília: EdUnB.

Salingaros, N. A. (2005) *A teoria da teia urbana*. *Journal of Urban Design*. 3, pp. 53-71. Disponível em: < <http://www.math.utsa.edu/~yxk833/urbanweb-port.pdf> >. Acesso em: julho de 2013.

Solnit, R. (2001). *Wanderlust: a history of walking*. London, Verso.

A Favela: Padrões Emergentes Em Assentamentos Informais

Vânia Loureiro

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Brasil.

Vania.teles.loureiro@gmail.com

ABSTRACT: This paper studies favela's spatial configuration in order to understand the complexity in its informal genesis. Looking for spatial patterns in its social relations it is intended to read the dynamics responsible for favela's specificities and miscomprehensions. Based on a self-constructed and self-organizing process (Sobreira, 2003), the implicit spatial rules are far from the top down planning order responsible for formal city space and so, its *language* might be so different it becomes uncomprehended. Willing to follow such assumptions, architecture is considered here as a dependent and independent variable within society (Holanda, 2003), meaning that favela's form can provide important insights for understanding local dynamics in public space. Therefore, the research is based on the Space Syntax Theory (Hillier & Hanson) where it is possible (depending on its theoretical and methodological tools) to investigate these peculiar spatial patterns comparing several cases. The result is the acknowledgement of favela as an apparently common phenomenon in contemporary city, whose configuration remains similar due to the presence of the same natural self-organizing laws. We believe that favela's issue is much deeper than its illegal development, once it is faced with a spatial order conflict: informality comes from some spontaneous processes that emerge naturally in space, a bottom up way of building. But the surrounding city is based on planning laws from top down actions which rely on *modernistic* principles, too different from a so called *natural way* of building spaces. A paradigm contradiction appears to be the reason for this unsuccessful dialog – this complex social dynamic needs that specific type of complex space to work and formal planning tends to *functionally* designs solutions to punctual problems, frequently simplifying reality.

Keywords: Favela, Spatial Patterns, Complex Urban Form, Emergence

RESUMO: Este trabalho visa o estudo da configuração espacial da favela tendo em conta a complexidade e informalidade que a constituem. Procura-se identificar padrões espaciais que comprovem a essência do lugar, suas potencialidades e problemáticas. A complexidade da sua forma aproxima-a frequentemente da incompreensão devido à existência de regras espaciais que não se encontram na formalização, mas na autoconstrução e auto-organização (Sobreira, 2003). É um espaço que se constrói coletivamente por meio de (numerosas) simples ações individuais (Johnson, 2001). A partir de tais premissas, o artigo assume a arquitetura como variável dependente e independente da sociedade (Holanda, 2012; Medeiros, 2013), de modo que a análise da favela pode fornecer importantes subsídios para a compreensão das dinâmicas locais. Para tanto, a pesquisa baseia-se na Teoria da Lógica Social do Espaço (Hillier & Hanson, 1984), consoante seu ferramental teórico e metodológico, de modo a investigar a configuração da favela no intuito de decodificar os padrões espaciais ali reconhecíveis. Comparam-se vários casos, especialmente no Brasil, de modo a entender favela enquanto fenômeno urbano comum aquando da ocorrência dos mesmos processos auto-organizados e cuja configuração mantém semelhanças mesmo perante espaços culturalmente distintos. Acredita-se que a problemática da favela é muito mais que um conjunto de “irregularidades” (problemáticas resultantes da situação socioeconômica do lugar), mas um conflito de ordens de ação e de pensamento: a informalidade é fruto de um processo “espontâneo” que emerge naturalmente, num tipo de conhecimento implícito ao ator ou à comunidade. Por outro lado, o planejamento responsável pela cidade oficial ou formal tem uma forte tradição de imposição ao lugar (e, por consequência, à comunidade). É nesta oposição entre paradigmas que se acredita estar o verdadeiro conflito

os espaços não se relacionam fluidamente porque existe uma diferença de linguagens espaciais, que se traduzem em diferentes vivências e condições.

Palavras-chave: Favela, Padrões Espaciais, Forma Urbana Complexa, Emergência.

1 INTRODUÇÃO

A favela, enquanto espaço autoconstruído e auto-organizado, se conforma em sua elevada complexidade. Entende-se o espaço construído intimamente conectado com os agentes sociais que o habitam (e o constroem), focando a pesquisa na convicção de que o espaço é invariavelmente produto e causa das dinâmicas sociais. Vê-se a arquitetura enquanto variável dependente e independente (Holanda, 2012) dá-se especial ênfase à segunda condição, numa tentativa de descortinar as possíveis semelhanças e distinções entre diferentes assentamentos e o comportamento das comunidades que os habitam. Pretende-se, com este trabalho, explorar a questão da forma urbana da favela sob o ponto de vista sociológico e adquirir ferramentas para uma leitura sistêmica do lugar. Numa perspectiva que acredita na existência de uma *Teoria Urbana* onde o Urbanismo é informado pela Sociologia, para um completo entendimento da dinâmica urbana (Wirth, 1938). Sabe-se, por outros trabalhos empíricos e teóricos (Sobreira, 2003; Guerreiro, 2010), que a *favela* sendo auto-organizada é também auto-semelhante (em si) e semelhante entre si: *“tanto em Bangkok quanto em Recife os padrões espaciais se sobrepõem às particularidades culturais e político-geográficas locais, e refletem uma necessidade universal de otimização dos espaços em situações de restrição de ocupação”* (Sobreira, 2003), assim questionam-se os processos sociais implícitos, quais as dinâmicas e como se desenvolvem, como a forma surge como resposta a um conjunto de regras comuns.

Hoje, sabe-se que a Sociedade pode ser lida como um sistema vivo e complexo, cujas dinâmicas se regem pelas mesmas regras gerais dos sistemas vivos (Capra, 1996). Não se quer com isso dizer que se negue a individualidade do Ser, ou a especificidade cultural, ou ainda a criatividade humana de uma forma geral. Capra, no seu livro *“A Teia da Vida”*, deixa bem clara essa distinção, esclarecendo que existem diferenças cruciais, como os constructos sociais que baseiam as relações humanas, os quais resultam de negociações prévias e estão sujeitos a alterações. De qualquer modo, pensa-se que o que essa dinâmica, enquanto sistema vivo, representa, é uma capacidade de organização e desenvolvimento semelhante àquela dos organismos vivos quando observamos essas relações na escala das redes que as estruturam. E por isso a possibilidade de reconhecer numa cidade, por exemplo, as mesmas regras básicas de organização que estruturam outros sistemas vivos (Capra, 1996). O autor fala em sequência da importância do padrão para o entendimento real da natureza de fenômenos complexos como a favela. As regras gerais que aqui se exploram, são aquelas que se encontram sob a forma de padrões comuns em espaços estruturalmente semelhantes.

De forma distinta, mas não absolutamente desconexa, Anthony Leeds (1978), ao escrever sobre a busca por um conceito de Classe considera que *“a resposta parece estar na sensação que os homens têm de que as populações humanas parecem agir como se existissem entidades supra-individuais como atores na sociedade”* (Leeds & Leeds, 1978. p.12). Ora, tais entidades pareceriam regular de certa forma o comportamento social dos atores individuais, com suas vontades, cognições, ações, etc. Leeds (1978) falava de elementos como o Estado, a própria Classe, Órgãos, Corporações ou Instituições, mas não deixa de despertar atenção essa noção de que a Sociedade se torna mais do que um conjunto de meras ações individuais somadas. A interação desses agentes individuais gera regras de organização global para o sistema completo, ou sociedade. Então é possível efetivamente entender este paralelo (e convicção científica) que vários autores fazem para os diferentes sistemas vivos, até porque ambos derivam de desenvolvimentos baseados nos principais fundamentos da Ecologia Humana. A causalidade material é outro conceito explorado por Leeds que interessa no desenvolvimento deste trabalho, afinal este considera que as condições físicas detêm efeitos causais sobre as condições

de vida, e estas por sua vez, influenciam as ideologias (Leeds & Leeds, 1978). Lê-se então o espaço como variável de peso na dinâmica social, e principalmente, a dinâmica social como maior do que a soma dos percursos dos seus agentes. Isto vai profundamente ao encontro da definição de sistema dinâmico – pelas ciências da complexidade. Um sistema dinâmico é aquele em que os seus agentes interagem cooperativamente além de se destinarem a cumprir as suas tarefas individuais (Braga, 2006) – negociam entre si ao mesmo tempo que se propõem a cumprir as suas tarefas individuais. Numa escala global isso significa a emergência de leis gerais de organização que fortemente se identificam como padrões (Braga, 2006; Guerreiro, 2010): sócioespaciais no caso das cidades, naturais no caso dos organismos.

O curioso nesta perspectiva científica que desenrola regras de organização do espaço, é que se criam fortes argumentos para crer que a ação lenta e individual de cada agente coordenada por um sentido de interação com o outro – de negociação, parece trazer resultados mais bem sucedidos para a cidade que a ação organizadora de um planeamento de “cima-para-baixo”. Salingaros considera que na cidade contemporânea, e particularmente naquela planejada segundo princípios delineados a partir de preceitos Modernos, está em falta a complexidade organizada presente nas cidades orgânicas ao longo do tempo, nas quais ele inclui, em última instância, a favela (Salingaros, 2010). Usando como casos de estudo 13 favelas contemporâneas e 18 assentamentos orgânicos, desde vilas e cidades portuguesas a cidades coloniais brasileiras, pretende-se estudar estas dinâmicas sociais do espaço. Sob um ponto de vista da complexidade dos sistemas, e por meio da Sintaxe Espacial através de suas técnicas de observação de potenciais de movimento e utilização dos espaços.

2 METODOLOGIA

Como principal objetivo neste trabalho tem-se identificar os padrões sócioespaciais presentes na favela, enquanto áreas contemporâneas decorrentes das práticas espontâneas da cidade. Tendo em conta o embasamento teórico introdutório que responsabiliza as dinâmicas globais pela emergência de regras de organização específicas, sabe-se que a relação espaço/sociedade é uma premissa necessária para o conhecimento do espaço da cidade. Procura-se então entender como o espaço atua e quais os seus desempenhos através das ferramentas da Teoria da Lógica Social do Espaço criada por Bill Hillier e Julienne Hanson (1984). A teoria, além de possuir um fundo teórico denso e que permeia todo este trabalho, possui métodos de análise que serão aqui explorados. Importa explicar que a principal característica da metodologia é uma leitura não dos elementos morfológicos constituintes do espaço, mas das relações que surgem entre os elementos que conformam o espaço. O que significa que estaremos a avaliar características topoceptivas, ou o desempenho dos espaços do ponto de vista de quem os utiliza e vivencia. Por isso, o estudo que se faz trata da Configuração Espacial procurando padrões de desempenho na interpretação das barreiras e permeabilidades existentes e que não poderiam ser lidas fora da perspectiva sistêmica inerente.

Neste artigo analisam-se comparativamente trinta e um casos, entre assentamentos espontâneos e cidades medievais portuguesas (Lezirão, Escaroupim, Palhota, Costa de Lavos, Leirosa, Praia da Tocha, Castelo Rodrigo, Castelo Novo, Linhares, Marvão, Óbidos, Porto, Lisboa, Évora e Santarém), cidades coloniais brasileiras (Tiradentes, Goiás Velho e Ouro Preto) e favelas em Portugal (Cova do Vapor), Brasil (Rocinha, Jacarezinho, Providência e Timbau no Rio de Janeiro; Jardim de São Luis, Jaqueline e Heliópolis em São Paulo; Sol Nascente em Brasília), Angola (Sazimbanga, um musseque em Luanda) e Moçambique (caniços em Beira e Maputo). Serão aplicadas análises com Mapas Axiais e de Segmentos que servirão os propósitos acima descritos, o primeiro numa perspectiva de movimento e transição no espaço e o segundo num sentido complementar ao primeiro, mas ponderado para a leitura das continuidades espaciais, ambos focados nas relações espaciais. Essas análises são feitas com base em imagens aéreas dos espaços escolhidos, com base no espaço percorrível, de carro ou a pé. O mapa axial é uma

representação linear – malha viária traçada a partir do menor número possível de retas, representando os acessos diretos através da trama urbana (Medeiros, 2013) – analisada a partir de uma escala cromática e correspondentemente numérica que estuda a acessibilidade da trama existente a partir de valores potenciais, que podem ou não corresponder à realidade (Medeiros, 2013). O mapa de segmentos é uma fase do mapa axial em que este é analisado tendo em conta suas interseções. Enquanto no mapa axial cada eixo pode ser cruzado por vários outros, no mapa de segmentos esses cruzamentos seccionam a linha no número de partes correspondentes ao número de interseções. O mapa de segmentos passa a permitir uma análise mais refinada da mobilidade ou da estrutura construída pelo grau de detalhamento ou ponderação.

Para desenvolver as representações lineares para as análises é necessário ter uma base cartográfica que as permita desenhar. Neste caso específico, estes assentamentos em estudo fazem parte de uma base que tem vindo a ser construída ao longo de uma pesquisa de doutorado. A grande maioria foi desenhada a partir de imagens de satélite ou plantas históricas, outros foram facultados por outros pesquisadores, como o mapa Axial de Évora (Andreia Gonçalves), a base cartográfica da Rocinha (Sofia Carmo) e Óbidos, Tiradentes, Goiás Velho, Ouro Preto e os dados médios para cidades no Brasil e no Mundo (Valério Medeiros). Optou-se ainda por desenhar todos os mapas sem os eixos de continuidade com a restante cidade. Isto é, tendo em conta que o que se pretende analisar é a favela em si e o seu desempenho interno, não foi considerado o *efeito de borda* – fator de ponderação quando se analisa apenas um fragmento da malha urbana (Medeiros, 2013) – apesar de poder ser analisada como um sistema em si, vemos a favela como parte integrada do sistema maior que é a cidade. Mas porque se pretende, nesta fase, entender a *favela* como um sistema em si e determinar os seus desempenhos internos (tanto globais como locais) ao nível das relações espaciais e da forma, sem interferência da malha envolvente, fez-se esta opção.

3 FAVELA ORGÂNICA E COMPLEXA

«A cidade é complexa porque surpreende, sim, mas também porque tem uma personalidade coerente, uma personalidade que se auto-organiza a partir de milhões de decisões individuais, uma ordem global construída a partir de interações locais. Essa é a nova complexidade “sistemática” (...) estranho tipo de ordem (...)» (Johnson, 2001). A forma da favela aproxima-a frequentemente da incompreensão devido à existência de regras espaciais que não se leem na formalidade regular, mas na complexidade resultante dos processos de autoconstrução e auto-organização que a constituem. A favela apresenta regras de organização peculiares, menos claras ao observador, como a fractalidade que estrutura a sua forma irregular e fragmentada (Sobreira, 2003). Mas este nível de complexidade não é inovador na favela, Salingaros (2013) reconhece-a como parte integrante do processo diacrônico da cidade, onde o resultado é a chamada “cidade orgânica”. Para o autor, na linha de tempo dos assentamentos urbanos, o desenho moderno é aquele que mais simplifica o espaço, distanciando-se progressivamente do conceito de construção adaptável ao homem. Assim, embora pejorativamente assumida como ausente de planeamento (Medeiros, 2013), a favela é valorizada pela sua gênese e características auto-organizacionais, contrastantes com o espaço planeado, aquele *legal* e cuja ordem explícita (Guerreiro, 2010) não permite o mesmo grau de adaptação (Salingaros, 2013).

Acredita-se em desempenhos semelhantes subsidiados particularmente pela ordem que os gera. Quando pensados “de cima para baixo” os espaços tendem a ser organizados de uma maneira particularmente formal, independentemente da sua legalidade (adaptando-se aos princípios urbanísticos legais). Quando temos um espaço pensado de “baixo para cima” a auto-organização tende a fazer seu trabalho e a apresentar suas estruturas auto-semelhantes. É o segundo tipo de assentamento que se irá analisar, por parecer representar melhor a favela contemporânea cujas dinâmicas espaciais se pretendem reconhecer. Este é, portanto, um

enquadramento particular a partir do qual se pretende estudar a informalidade urbana – aquele da forma e do espaço construído, mais particularmente suas relações espaciais. Ser assentamento informal é, aqui, ser espontâneo, é onde a organização espacial emerge a partir do conjunto de todas as pequenas ações individuais, em vez de ser imposta ao todo como ponto de partida. Se outro fosse o olhar, outra seria (provavelmente) a significação, pois veja-se o caso das ciências sociais ou da economia onde informalidade representa regras sociais ou sistemas de trocas que se caracterizam por se afastar dos processos oficiais ou legais. Por isso, vários trabalhos, apresentam a informalidade dos assentamentos nessa linha, englobando loteamentos ilegais ou bairros ilegais previamente estruturados nessa categoria (Davis, 2006; UN-HABITAT, 2012). Não é o caso deste artigo, que ao ler o espaço informal como espontâneo considera que existem, sim, assentamentos formais na ilegalidade urbana, categorias espaciais que buscam reproduzir no seu processo os princípios formais urbanísticos, numa perspectiva de legalização futura, como poderemos ver mais adiante.

4 PADRÕES SOCIOESPACIAIS COMUNS À FAVELA

O que instiga estas análises, é a proximidade aparente entre a forma da cidadela Medieval (como exemplo histórico da forma orgânica) e a confusão aparente da favela. Esta parece produzir igualmente espaços de trabalho, habitação e lazer, numa multiplicidade recorrente, daí poder ser chamada de cidade - se encerra em si mesma muitas vezes pela sua completude (ainda que *não oficial*). Jacques (in Nunes, 2006) argumenta sobre a estética da favela como beneficiadora do espaço da cidade como um todo, quer pela sua resiliência associada a um *urbanismo do jeitinho*, quer pelo reconhecimento da sua importância na identidade urbana brasileira. A capacidade e possibilidade de adaptação do espaço de moradia à produção de renda (o puxadinho para uma birosca e a laje para vender ou alugar) é incompatível com a legalidade da cidade formal (Jacques in Nunes, 2006) e claramente mais vantajosa que a tendência à homogeneização da periferia habitacional.



Figura 1- Sup.:Toledo, Espanha; Inf.: Favela do Jacarezinho, Rio; Fonte: Google Earth e Google Images

Esta dinâmica também lembra muito da cidade dita tradicional (em termos europeus ou mesmo coloniais) cujo comércio acontece frequentemente no piso térreo e a moradia no superior, e apenas as ruas menos movimentadas se destinam só a habitação. Medeiros (2013) relembra que ao longo da história sempre se lidou com os dois processos em paralelo, aquele que aqui reconhecemos como organicidade e auto-organização espontânea (que permeia toda a história da cidade tradicional e parece chegar à favela de hoje), e aquele da formalização do espaço, imposto por um planejamento prévio e regulador (Figura 1). As formas de ilegalidade urbana aqui estudadas, são a contemporaneidade paralela dessa realidade. Na favela, a valorização inerente a estes espaços é aquela que permite o movimento (Jacques, 2007), aquela que coexiste identidade e globalidade numa só cidade. A favela é a expressão contemporânea da identidade local na comunidade (*neo*)vernacular. E é precisamente esse movimento que nos permite comprovar a aproximação entre o espaço da favela e aquele da cidade orgânica histórica. A Figura 2 mostra um conjunto de Mapas de Segmentos (derivações do Mapa Axial em que há uma ponderação angular dos percursos de modo a ler mais fluentemente as continuidades existentes) em que é analisada a Escolha Angular. Escolha Angular significa o potencial de um determinado percurso ser escolhido por entre todas as possibilidades de um sistema mostrando com grande clareza a hierarquia viária dos assentamentos em análise. Na

imagem são colocados lado a lado favelas e cidades medievais, e é interessante observar a semelhança em termos de complexidade do traçado, para além de uma estrutura contínua de percursos demarcados a vermelho. Isto significa que apesar de aparentemente labiríntico no percurso (Jacques, 2007) e de se pensar que determinadas áreas se tornam absolutamente inacessíveis na favela, existe efetivamente uma estrutura que permeia todo o assentamento, e que já era característica dos assentamentos orgânicos observados no estudo desenvolvido (Loureiro e Medeiros, 2014), possivelmente a mesma que só se apreende *jingando* e de dentro (Jacques, 2007).

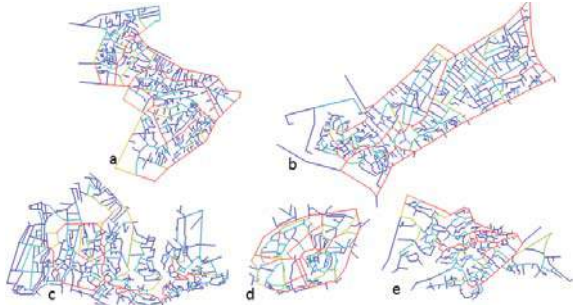


Figura 2. Mapas de Escolha Angular (Segmentos): a – Timbau; b – Jacarezinho; c – Lisboa Medieval; d – Porto Medieval; e – Morro da Providência. Fonte: Loureiro e Medeiros, 2014.

As análises que reúnem comparativamente estes 31 casos estudados, mostram dois tipos essenciais de características para a configuração dos espaços. As geométricas e as topológicas. As primeiras baseadas em medidas simples de comparação de dimensões dos assentamentos e as segundas ligadas a uma leitura das relações constituídas pela relação de espaços vazios existentes. As figuras que se seguem ajudarão a fazer a leitura ilustrada dessas relações e propriedades dos espaços. A Figura 3, referente ao número de eixos de cada sistema mostra o quão diferentes são os assentamentos em estudo. Indo de assentamentos com 21 eixos apenas a assentamentos com 8453 como a Rocinha, percebe-se que os assentamentos e cidades portuguesas, tendencialmente são menores que as favelas em estudo. Enquanto a amostra de favelas tem uma média de aproximadamente 1500 eixos, as cidades e assentamentos estudados em Portugal têm 162. Rocinha e Ouro Preto são os únicos casos que se aproximam das médias para cidades Brasileiras e do Mundo, mas destacam-se claramente dos restantes. A amostra apresenta estes casos como os menos frequentes, percebendo-se que possivelmente existirão muito mais favelas de pequena dimensão que as de maior escala, tal como acontece com as cidades de modo geral.

As Figuras 4 e 5 referem-se ao tamanho dos eixos e segmentos. Pode-se observar que o comprimento médio dos eixos, que nos informa sobre a dimensão média da rua em cada assentamento, é francamente mais baixo nas favelas que nas cidades portuguesas e coloniais. A rua aparenta ser, em média, menor na favela dada sua maior fragmentação. Quando observamos a dimensão média dos segmentos, mantém-se a proporção de trechos maiores na cidade orgânica que na favela propriamente. O que significa que o aglomerado de casas que forma o quarteirão, é significativamente menor, reforçando a ideia de fragmentação e complexidade que já se pressupunha ter maior intensidade na favela.

Passando para as medidas topológicas, aquelas referentes à relações espaciais propriamente ditas, começamos pela Conectividade média. Esta medida aponta a tendência para a existência de interseções ou não nos espaços. Espaços mais difíceis de acessar tendem a ter menos conexões, revelando sentidos de percurso sem variedade de opções. Como se pode ver no Figura 6, a conectividade média das favelas é inferior às restantes médias ponderadas. O que leva a apontar que o seu caráter complexo e fragmentado provocam essa ausência de mais interseções. Ao observar a média para as cidades portuguesas em estudo, esta também se mostra mais baixa que a média para o Brasil ou Mundo. Fica a sugestão de que o seu caráter

espaciais no espaço orgânico. A média dos valores para os dois tipos de assentamentos comparados é tão próxima que leva a uma interpretação no sentido da semelhança nas relações que garante as condições de acessibilidade aos espaços.

A integração local, permite que se meça o tipo de acessibilidade ou potencial à escala de um quarteirão ou bairro, das suas sub-centralidades. Dada a pequena dimensão de alguns assentamentos em Portugal, questiona-se a efetividade desta medida pela escala local única que os constitui. No entanto, é interessante verificar como a favela mantém uma acessibilidade local bastante próxima à dos restantes assentamentos. Acredita-se que essa proximidade se relacione com o processo espontâneo no espaço. A dimensão fragmentada apresenta-se em todas as escalas, mas as relações locais parecem ser mais favorecidas que as globais. As primeiras são fruto da negociação consciente das ações construtivas ao longo do tempo, já as segundas emergem implicitamente na ação das primeiras. Isto significa que o espaço orgânico da favela, assim como o da cidade medieval ou outros semelhantes, tende a ser estranho para o utilizador externo, num primeiro momento. Sua organização implícita favorece a escala local, garantindo que a predominância de relações ali permanece. O que não exclui uma organização global, que se viu emergir desde a análise à figura 2. Mas a sua complexidade formal reside precisamente em, numa pequena escala, dinamizar as relações locais de tal modo que estas prevaleçam como maiores agentes de caracterização dos espaços. A hierarquia existe de forma fluida, para aqueles cuja organicidade seja conhecida. Num contexto de leituras urbanas relacionadas com os processos “top down” de interpretação e conceituação, esta complexidade pode se aproximar da desorganização, por se governar a partir de outras regras.

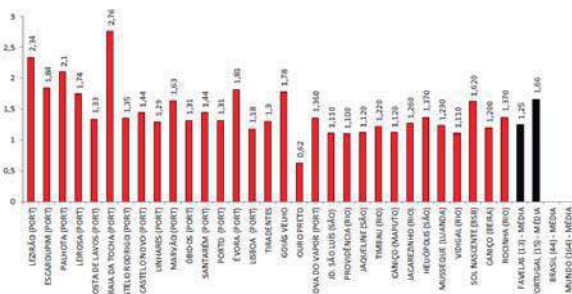


Figura 9 – Interação local.

Sinergia e inteligibilidade são duas medidas particularmente interessantes para medir a percepção e a legibilidade do espaço. A primeira refere-se ao quanto a escala local irá interferir na global e a segunda, à nossa facilidade de lermos o espaço a partir de uma parte apenas. É muito interessante verificar que nos assentamentos menores os valores aproximam-se dos 100%. Percebe-se que o espaço é claramente legível pelas suas dimensões características. Mas a realidade complexa da favela que se vem discutindo é replicada aqui novamente, quando se pode observar o quanto a sinergia reduz em relação aos outros assentamentos. É, no entanto, curiosa a oscilação de valores, apesar do que as médias remetam. Estudos anteriores haviam mostrado que o valor de 4% apenas para o Sol Nascente, assentamento da periferia de Brasília se relacionaria com a sua estrutura reta de loteamento (sua categorização como favela prende-se a questões socioeconômicas e não à forma em si), onde prevalecem as ruas sem saída. Mas vários casos decrescem seus valores em relação à média, e são precisamente aquele aos quais se reconhece maior declive. Aqui poderemos apontar que, se por um lado o desenho orgânico informal permite que as escalas se comuniquem, por outro, os constrangimentos geográficos mostram-se de grande influência.

Por fim, compara-se a profundidade média dos assentamentos (Figura 12). Esta medida garante uma leitura do esforço potencial que é necessário fazer para aceder a todos os pontos de um sistema. A favela tende, como já visto, a ter mais eixos mas suas dimensões reduzem consideravelmente, a sua conectividade baixa também, assim como a inteligibilidade e outras

medidas, quando em comparação com os restantes assentamentos estudados. Dessa forma entende-se que o espaço da favela seja muito mais profundo. Mas sua complexidade e dimensões também aumentam. Por isso acredita-se, pelas comparações, que estamos perante um fenômeno de intensidade de escala. À medida que sua escala aumenta, sua profundidade vai aumentando. A favela lida como espaço complexo corresponde claramente a estas oscilações de valores, sem que deixe de se ler sua organicidade como aproximada aquela que acompanha a história dos assentamentos. É desafiadora a tentação de ampliar a amostra e o espectro temporal. O desenho orgânico da cidade tem uma forma particular de se comportar e as análises anteriores parecem justificar que a única característica verdadeiramente original da favela contemporânea é a escala que esta atinge. Sua complexidade inerente é característica da cidade orgânica, mas suas dimensões e densidades reproduzem novos estados de um processo que aparenta ser o mesmo.

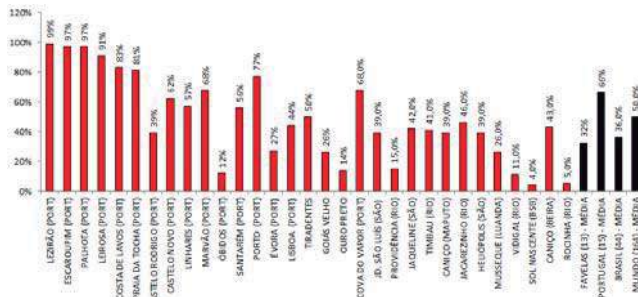


Figura 10 – Sinergia.

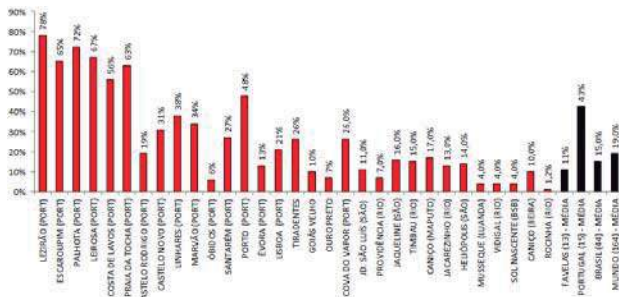


Figura 11 – Inteligibilidade.

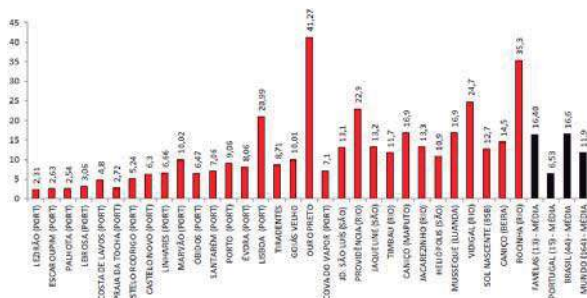


Figura 12 – Profundidade Média.

5 CONCLUSÕES

Para que possamos ler o espaço na sua complexidade, e por isso se entenda estar a conhecer mais sobre os processos urbanos, é preciso unificar o conhecimento e não segmentá-lo. Acredita-se que a Teoria da Sintaxe Espacial permite percorrer esse caminho unificando o estudo da forma urbana com o entendimento amplo que a Sociologia permite. O exercício aqui apresentado, uma tentativa introdutória de fazer uma leitura social do espaço da favela, mostra como subjacente à sintaxe do espaço podem estar significativamente explicadas as dinâmicas geradoras. Não fossem espaço e sociedade parte de um mesmo processo.

Após os resultados expostos acredita-se que na Informalidade se podem pressupor potenciais níveis de urbanidade, relacionados a uma ordem implícita que permite que o espaço se configure de forma a bem responder às necessidades dos seus utilizadores. Daí o sentido de comunidade que se reconhece na favela e também a noção de espaço cidade, gerador inclusive de uma identidade tão forte que transborda em forma de Samba e Carnaval (JACQUES, 2007). Espaços legais ou ilegais que não sigam semelhantes regras usufruem de um sentido comunitário distinto e as interações sócioespaciais se homogenizam de tal forma que o espaço privado prevalece, e acredita-se que com ele a individualidade. Se deixarmos de acreditar que a geometria da favela está estruturalmente errada (SALINGAROS, 2010), talvez possamos aprender a melhorar as nossas cidades com base nesta específica forma de construir, e esperar que com isso surja a possibilidade de um urbanismo complexo e inteligente, de um planeamento “bottom up” que permita aceitar a informalidade como parte integrante do espaço oficial.

REFERÊNCIAS

- Alexander, C. *The timeless way of building*. London, Oxford University press, 1979.
- Abbagnano, N. *Dicionário de Filosofia Nicola Abbagnano*, Martins Fontes, São Paulo, 2007
- Braga, J. *Ciências da Complexidade*. Texto apresentado para o Exame de Qualificação para a obtenção de título de Doutor em Linguística Aplicada na FALE-UFMG. 2006.
- Capra, F. *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. 8 ed. São Paulo: Pensamento-Cultrix, 2003.
- Cunha, A. G. 1987. *Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa Nova Fronteira*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.
- Davis, M. *Planet of slums*. London, Verso, English version, 2007
- Ferreira, A. B. H. *Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988, p. 214.
- Furquim, G. (2013) *Maior favela da América Latina: Sol Nascente toma posto da Rocinha*. Publicação: 28/09/2013 in <http://www.correiobraziliense.com.br> (consultado a 20.01.2014)
- Tabak, B. (2011) *Maior Favela Do País, Rocinha Discorda De Dados De População Do Ibge*. Publicação: 21/12/2011 in: <http://g1.globo.com/>
- Guerreiro, R. *Urbanismo Orgânico e a Ordem Implícita: Uma Leitura Através das Geometrias da Natureza*. Tese de Doutorado apresentada em 2010, ISCTE-IUL Escola de Tecnologias e Arquitectura.
- Hillier, B; Hanson, J. *The Social Logic of Space*. Londres: Cambridge University Press, 1984.
- Holanda, F. (org.) *Ordem & Desordem: Arquitetura & Vida Social*. Brasília: FRBH, 2012.
- Houaiss, A. & Villar, M. De S. *Dicionário Houaiss Sinônimos e antónimos*, Editora objectiva, Rio de Janeiro, 2003
- Jacques, P. B. *Estética da ginga*. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2002.
- Jonhson, S. *Emergência. A vida integrada de formigas, cérebros, cidades e softwares*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor Ltda, 2003
- Kostof, S. *The City Shaped: Urban Patterns and Meanings Through History*. London: Thames and Hudson, 1991.
- Medeiros, V. A. S. *Urbis Brasiliae ou sobre cidades do Brasil*. Tese de Doutorado, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília, 2006.
- Mumford, L. *A cidade na história: suas origens, transformações e perspectivas*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- Salngaros, N. A.; (1998). *A Teoria da Teia Urbana*, Journal of Urban Design, Volume 3, p. 53-71. Taylor & Francis Limited., 1998.
- Salngaros, N. A.; et all. *Habitação social na América Latina: uma metodologia para utilizar processos de autoorganização*. Apresentado no Congresso Ibero-Americano de Habitação Social, Florianópolis, Brasil, 2006
- Teklenburg J. A. F, et all. Space syntax: standardised integration measures and some simulations. *Environment and Planning B: Planning and Design* 20 (3) 347 – 357, 1993
- Valladares, L. P. *A gênese da favela carioca – A produção anterior às ciências sociais*. Revista Brasileira de Ciências Sociais.

Padrões urbanos em cidades lusófonas: a perspectiva sintática

Valério Augusto Soares de Medeiros

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação; Câmara dos Deputados; Centro Universitário Unieuro; Brasília, Distrito Federal, Brasil

vaugusto@unb.br

ABSTRACT: The urban patterns comprehension is a basic feature to understand the city as a system and a complex structure. The pattern decoding and the evaluation of its corresponding performance, based on built space aspects or dimensions, has demonstrated to be a key to a coherent urban investigation and project. The article explores these premises and intends to discuss urban patterns strategies according the Theory of the Social Logic of Space or Space Syntax. It aims to explore spatial relationships by means of a morphological/configurational approach and to understand to what extent distinguished designs/layouts, according to the grid network, can give subsidies to the urban vitality interpretation. Regarding the tools, axial and segment maps are used in order to model the urban systems. For the sample, lusophone cities worldwide are analyzed.

Keywords: Urban Morphology, Urban Patterns, Urban Configuration, Space Syntax, Lusophone Cities

RESUMO: A compreensão dos padrões urbanos integra uma instância elementar para a leitura da cidade enquanto sistema e estrutura complexa. A decodificação dos padrões e a avaliação do respectivo desempenho, a considerar dimensões/aspectos do espaço construído, têm se mostrado chave para leitura e projeto de uma cidade “coerente”. O artigo explora as premissas e procura discutir estratégias de investigação dos padrões urbanos consoante a Teoria da Lógica Social do Espaço ou *Sintaxe Espacial*. Pretende-se pesquisar as relações espaciais a partir de um viés morfológico/configuracional e compreender o quanto distintos arranjos de cheios e vazios, entendidos a partir do traçado da malha viária, podem fornecer subsídios para a compreensão dos potenciais de vitalidade urbana. Em termos ferramentais adotam-se os mapas axiais e de segmentos, recomendados pela *Sintaxe Espacial* para a modelagem de grandes assentamentos, como as cidades. Para amostra, são confrontadas cidades lusófonas ao redor do mundo.

Palavras-chave: Morfologia Urbana, Padrões Urbanos, Configuração Urbana, Sintaxe Espacial, Cidades Lusófonas

1 INTRODUÇÃO

A investigação dos padrões urbanos é uma instância estrutural para a compreensão dos assentamentos urbanos enquanto sistema e estrutura complexa. A decodificação dos padrões e a avaliação do respectivo desempenho, a considerar dimensões ou aspectos do espaço construído (Holanda, Kohlsdorf e Kohlsdorf, 2005; Holanda, 2010), têm se mostrado chaves para decodificação de uma cidade “coerente”.

Muito se vem discutindo sobre o processo de urbanização em cidades brasileiras: as pesquisas são extensas e repousam em variados enfoques. Tradicionalmente o olhar é cronológico, numa perspectiva historiográfica e artística, ou social, focalizando as disparidades econômicas traduzidas em segregação ou centralidade espacial. Mesmo quando o foco é a configuração urbana, pouca atenção é dada aos aspectos relacionais interpartes, priorizando-se feições locais e geométricas, o que acompanha leitura de Camilo Sitte (1945), Gordon Cullen (1983), ou Phillippe Panerai (1986; 2006).

Em arquitetura, estudos que contemplam o *ethos* social, econômico e político do espaço têm sido desenvolvidos, todavia carecem de um aprofundamento quanto à articulação da cidade em termos dos padrões de hierarquias e permeabilidades. E como esses fatores, diretamente relacionados à forma-espço, ilustram o estado atual das cidades do Brasil e do mundo, e seus associados processos de expansão e dinâmica urbana: “novas hipóteses, modelos e escalas são necessários” (Diappi, 2004, p. 2).

Esta pesquisa, portanto, segue linha de investigação que explora o hiato e explora de maneira específica como a leitura da forma-espço da cidade pode auxiliar em ações reflexivas sobre o espaço urbano, especificamente quanto à produção resultante da urbanística portuguesa, cidades brasileiras incluídas.

Estudos realizados ao redor do mundo (Karimi, 1997; Hillier, 2001) têm demonstrado que mesmo assentamentos distintos do ponto de vista histórico e cultural apresentam relações configuracionais semelhantes. Isto é, mesmo que a geometria varie – como usualmente acontece – o comportamento topológico é aproximado. Interessa saber, portanto, que culturas diferentes geram diferentes padrões espaciais, mas também podem gerar outros idênticos. Seria, como afirma Hillier (2003), a questão dual de que globalmente, como um todo, as cidades tendem a ser mais assemelhadas; localmente, contudo, tendem a se diferenciar.

Para o contexto das relações globais e locais, cabe investigar o desempenho configuracional de cidades ou grupos de assentamentos urbanos, de modo a analisar variáveis que sejam capazes de revelar proximidades ou distanciamentos no comportamento morfológico, fator que parece elucidar performances culturais urbanas próprias, como se acredita haver no caso das cidades de origem portuguesa. Assume-se que a investigação das relações configuracionais de cidades lusófonas poderia revelar uma série de aspectos morfológicos que tradicionalmente não são explorados e que seriam hábeis em esclarecer algo da dinâmica urbana contemporânea de tais núcleos urbanos.

Conforme afirmam Andrade (1993), Araújo (1998), Rossa (2002) e Teixeira (2000), as cidades resultantes da matriz colonial portuguesa apresentam características morfológicas bastante precisas, o que as distingue das experiências urbanas de outras culturas. A forma-espço produzida resultou: (1) de variadas influências e concepções espaciais presentes na cultura urbana portuguesa, especialmente latina e árabe; (2) da escolha de locais topograficamente estratégicos para a disposição dos núcleos iniciais das cidades; (3) da estreita articulação dos traçados das cidades com o relevo local, elemento orientador do crescimento das cidades e sua consolidação; (4) da flexibilidade de estruturação das malhas urbanas, o que permitia a convivência de traçados de origens distintas; (5) da localização de edifícios singulares segundo o relevo, e o importante papel destes edifícios na estruturação dos traçados urbanos; (6) da lenta estruturação formal das praças urbanas, associadas a diferentes núcleos geradores e a funções distintas e (7) do processo de planejamento e de consolidação da cidade portuguesa, sempre projetada “no sítio e com o sítio, isto é, quer a cidade se desenvolva gradualmente quer se desenvolva a partir de um plano pré-definido, o seu traçado apenas se concretiza no confronto com a estrutura física natural do território” (Teixeira, 2000).

Além disso, ali recorrentemente há a convivência entre os traçados *eruditos*, articulados, planejados segundo rígidos cânones de estruturação urbana, e aqueles de origem *vernacular*, compostos a partir de uma apropriação do território cujas intenções são particularizadas e promovem desenhos urbanos tendentes a baixo grau de ordenamento (Teixeira, 2000). Cidades de origem portuguesa estão, portanto, no limiar entre estes dois gestos, usualmente abarcando características de ambos ao conformar uma estruturação espacial extremamente flexível. Com isso, entende-se que a investigação das relações morfológicas em tais cidades, de sua origem ao cenário urbano contemporâneo, seria hábil para esclarecer importantes questões sobre a urbanística de origem lusitana e sua posterior transformação.

2 ESTRUTURA DA PESQUISA: ASPECTOS TEÓRICOS, METODOLÓGICOS E FERRAMENTAIS

2.1 Padrões

Assume-se nesta pesquisa padrão enquanto uma configuração de relações características de um sistema em particular. Para Capra (2003, p. 76), a preocupação com o padrão associa-se com a dúvida filosófica e científica que paira sobre a interpretação dos objetos: “a tensão entre o estudo da substância e o estudo da forma”. Para a substância indaga-se, “de que ela é feita?”; para a forma, “qual é o padrão?”. O autor acrescenta que o estudo do padrão não é algo recente, mas acompanha o pensamento desde o período clássico com Pitágoras, avançando com os poetas românticos no século XIX, o que culminou especialmente para o surgimento da palavra “morfologia” em 1822. Entretanto, o estudo do padrão sempre parece ter sido eclipsado pelo estudo da substância e hoje, às voltas com o pensamento sistêmico, sua interpretação ganha novo impulso por ser entendida como a chave para a compreensão da vida.

Se morfologia, em senso restrito, refere-se a esta investigação da forma-espço, resultará na pesquisa dos atributos existentes, de seu padrão. A discussão, se interpretada para o âmbito espacial, parece apontar para uma manutenção em arquitetura e urbanismo de abordagens que se concentram nos aspectos meramente descritivos e tipológicos – ainda arraigados numa tradição novecentista, como parece ocorrer em grande parte dos estudos de configuração das cidades. A ideia da substância material é predominante e os padrões, quando explorados, tornam-se levantamento estatístico e não investigação qualitativa que subsidie novas interpretações.

A concepção sistêmica propõe não a substituição da substância pelo padrão, devido inclusive à natureza inclusiva da abordagem. A síntese entre as duas aproximações diferentes é defendida como a chave para a teoria, tendo em vista o estudo da substância ou forma contemplar a estrutura, enquanto o estudo dos espaços revela os padrões.

Trazendo para o problema de interpretação da cidade, podemos dizer que a questão da análise *per se* é como se nos debruçássemos sobre um organismo vivo dissecado: todos os componentes materiais estão ali, visíveis para a interpretação, contudo a configuração de relações entre ele – o padrão que o mantém vivo, interativo e dinâmico – é destruído. Os padrões compreendem o modo de organização de qualquer sistema a partir da configuração das relações dos elementos deste sistema, o que define as características essenciais que o tornam semelhante ou distinto de outros.

A dificuldade, por outro lado, associa-se ao modo de interpretação do padrão de organização: se a descrição da estrutura equivale à exploração dos elementos físicos do sistema (a substância, a forma), a compreensão do padrão corresponde a um mapeamento tido por abstrato, por não ser algo tátil ou visível. Seria intuitivo até o ponto em que tivéssemos em mãos estratégias que permitissem avaliá-los, estatisticamente ou graficamente.

“Os padrões [...], não podem ser medidos nem pesados; eles devem ser mapeados. Para entender um padrão, temos de mapear uma configuração de relações. Em outras palavras, a estrutura envolve quantidades, ao passo que o padrão envolve qualidades (Capra, 2003, p. 77)”. A ligação entre ambos, portanto, é o processo.

2.2 Configuração e Sintaxe do Espaço

A pesquisa, tendo por base as premissas anteriores, explora o olhar configuracional urbano a partir da leitura dos padrões, com ênfase na investigação comparativa de assentamentos urbanos brasileiros e lusófonos ao redor do mundo. Procura-se promover o debate sobre as características morfológicas de uma matriz portuguesa urbana comum e os desenvolvimentos posteriores, que legaram às cidades contemporâneas uma forma-espço de natureza peculiar.

Pelo exame dos aspectos topológicos e geométricos em cidades lusófonas, e com base no

princípio de configuração, a investigação se baseia no questionamento se seria possível identificar um tipo ou uma cidade típica na urbanística portuguesa (cf. Andrade, 1990; Andrade, 1993; Delson, 1997; Rossa, 1997; Teixeira e Valla, 1998; Teixeira, 2000; Rossa, 2002). A leitura é guiada pelo aparato conceitual, metodológico e técnico da Teoria da Lógica Social do Espaço, ou *Sintaxe Espacial* (Hillier e Hanson, 1984; Hillier, 1996; Holanda, 2002; Medeiros, 2013) (por meio dos mapas axiais e de segmentos), corrente fundeada em princípios do estruturalismo a partir de filiação ao pensamento sistêmico. É intenção contribuir para a discussão da abordagem, confrontando o desempenho do ferramental à vasta realidade empírica obtida.

2.3 Amostra, variáveis e questões de pesquisa

Para delimitação da amostra, foram selecionados os núcleos urbanos oriundos da urbanística portuguesa, membros da *União das Cidades Capitais de Língua Portuguesa* – e demais cidades brasileiras investigadas por Medeiros (2013) na pesquisa *Urbis Brasiliae*: 44, sendo 24 com população acima de 300.000 habitantes [São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ), Salvador (BA), Recife (PE), Fortaleza (CE), Brasília (DF), Manaus (AM), Goiânia (GO), Porto Alegre (RS), Belém (PA), São Luís (MA), Maceió (AL), Teresina (PI), Natal (RN), João Pessoa (PB), Uberlândia (MG), Cuiabá (MT), Aracaju (SE), Florianópolis (SC), Porto Velho (RO), Pelotas (RS), Anápolis (GO), Vitória (ES) e Palmas (TO)] e 20 pertencentes à lista de prioridade do Programa Monumenta/IPHAN [Alcântara (MA), Antônio Prado (RS), Aracati (CE), Cachoeira (BA), Diamantina (MG), Goiás (GO), Icó (CE), Lençóis (BA), Mariana (MG), Mucugê (BA), Oeiras (PI), Ouro Preto (MG), Parati (RJ), Penedo (AL), Petrópolis (RJ), Pirenópolis (GO), Porto Seguro (BA), Rio de Contas (BA), Rio Grande (RS) e Tiradentes (MG)]. Os demais países incluídos corresponderam às seguintes cidades – Angola: Benguela; Cabo Verde: Mindelo e São Filipe; Espanha: Ceuta; Guiné Bissau: Bissau; Índia: Damão, Diu e Pangim; Moçambique: Beira, Nampula e Pemba; Portugal: Almeida, Angra do Heroísmo, Aveiro, Bragança, Chaves, Elvas, Marvão, Santarém, Valença e Viana do Castelo; Quênia: Mombaça; São Tomé e Príncipe: São Tomé e Uruguai: Colônia de Sacramento.

A partir da produção e análise dos mapas axiais e de segmentos das cidades, foram selecionadas as seguintes variáveis: a) número de eixos; b) comprimento total de eixos; c) número de segmentos; d) razão entre quantidade de eixos e segmentos; e) comprimento total de segmentos; f) perda de comprimento eixos/segmentos; g) conectividade média; h) profundidade média; i) integração; j) controle; k) sinergia; l) inteligibilidade e m) escolha.

A estrutura de pesquisa anterior foi organizada de modo a fornecer subsídios para a resposta a quatro questões de pesquisa: 1- *Como as cidades lusófonas podem ser diferenciadas, em termos de padrões configuracionais, a partir da investigação de sua forma-espço?*; 2 - *Existem semelhanças configuracionais na urbanística portuguesa, a depender dos países em que se situem?*; 3 - *São as cidades lusófonas semelhantes a outros assentamentos urbanos ao redor do mundo, sob o olhar configuracional?*; e 4 - *Com base na configuração, é possível identificar um tipo ou uma cidade lusófona típica?* A hipótese derivada estabelece que a existência de um processo peculiar de crescimento e consolidação do urbanismo português (geometria resultante) teria produzido padrões configuracionais específicos (topologia resultante).

3 RESULTADOS

A análise comparativa dos mapas axiais e de segmentos e seus correspondentes valores de acessibilidade ou integração viária para a amostra (Figura 1) permitiu o desenvolvimento de uma série de observações sobre (a) o desenho da trama urbana das cidades integrantes do estudo, bem como a (b) correspondente implicação para a acessibilidade potencial e os aspectos de dinâmica urbana afins.

Da seleção de achados, encontrou-se que os grandes assentamentos urbanos apresentam significativa diferenciação em suas tramas urbanas (distintos formatos de desenho de malha em uma mesma cidade, o que legitimou o batismo de cidades em padrão de *colcha de retalhos*),

resultante de sucessivos processos de crescimento da mancha, usualmente ocorrendo sem uma clara vinculação com a cidade precedente. Ademais, os assentamentos possuem baixa compactação, produzida pela recorrente descontinuidade do arruamento, o que deriva de específico processo de ocupação do sítio e fragmentação urbana devido, prioritariamente, às feições geográficas.

Do ponto de vista topológico, poucas linhas atravessam os sistemas globalmente, o que é fator de direta associação ao porte da cidade. Resulta da característica, todavia, o pronunciamento da feição labiríntica nos espaços urbanos, o que promove baixos valores integração, isto é, permeabilidade e acessibilidade topológica.

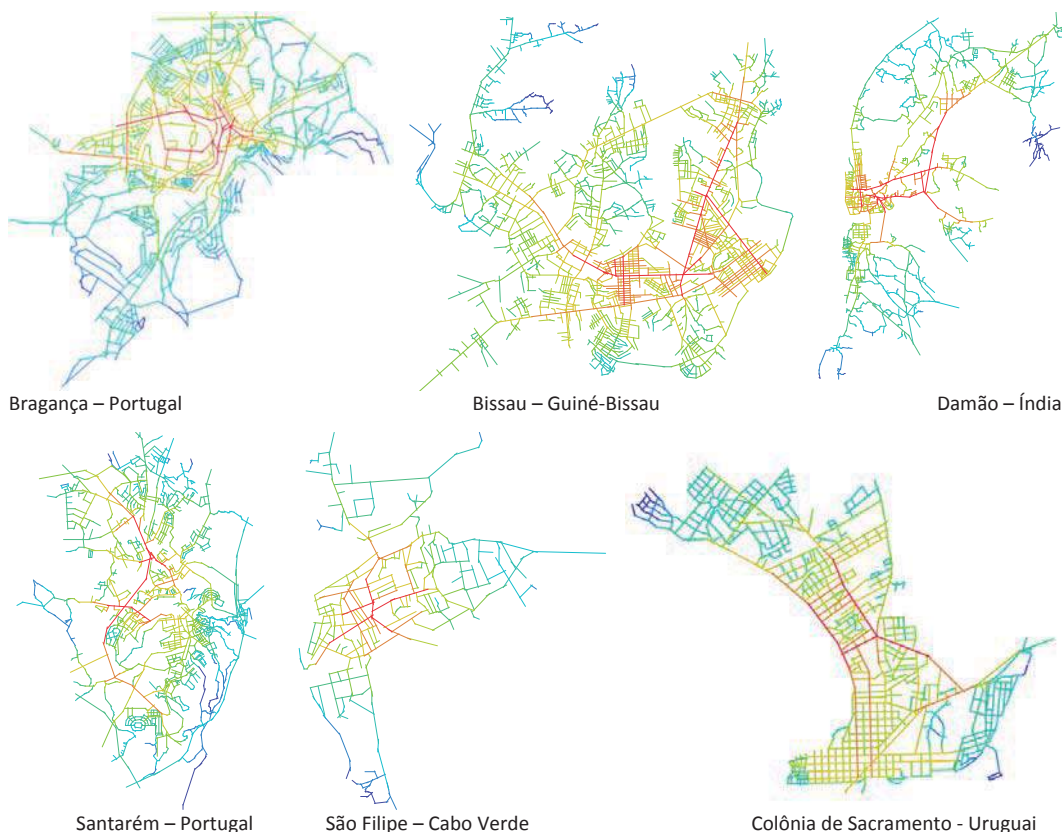


Figura 1. Exemplos de mapas axiais (variável Integração Global) da amostra. Eixos mais integrados estão em vermelho, enquanto os menos integrados (segregados) apresentam-se em azul.

A observação dos valores médios de integração para as cidades da amostra em comparação com assentamentos brasileiros de interesse patrimonial, usualmente cidades de menor porte, demonstra como as grandes cidades apresentam médias de integração mais baixas. Além disso, nos grandes assentamentos a apreensão é restrita a partes do todo, implicando a perda da percepção global, em função da dificuldade em compreender o sistema por inteiro, comprometendo, portanto, a mobilidade viária. As cidades são menos inteligíveis e percebidas em fragmentos.

No que diz respeito às propriedades da malha viária e suas consequências para a acessibilidade topológica, a análise da amostra permitiu legitimar aquilo que se denomina de *categoria invariável* segundo a Teoria da Lógica Social do Espaço: parte-se da premissa que existem aproximações entre cidades independentemente da posição geográfica em que se situam e, inclusive, do pressuposto cultural que as originou.

Para amostra, no que se refere à associação entre o desenho e a acessibilidade viária, observou-se que:

1 – A *grelha regulada*, enquanto uma característica global, invariavelmente: (a) produz

tamanhos de eixos maiores; (b) apresenta maior conectividade média para os eixos/vias, pois são sistemas mais articulados, isto é, vias com maior quantidade de nós ou cruzamentos; (c) tem menor *profundidade média*, resultando num caráter mais raso e menos labiríntico, o que significa ser mais fácil seguir de um eixo para qualquer outro eixo do mesmo sistema; (d) é mais inteligível, ao conter uma melhor associação e sincronia entre os valores de integração e conectividade, sendo mais acessíveis aquelas linhas que têm maior quantidade de conexões; (e) resulta em sistemas mais acessíveis, permeáveis ou integrados, sobretudo se em malha ortogonal com predominância de ângulos retos e independentemente do porte da cidade. *Neste caso, o tamanho do sistema urbano pouco interfere no desempenho dos atributos configuracionais, desde que a característica seja para o mapa axial inteiro.*

2 – A *malha irregular ou orgânica*, enquanto uma característica global, invariavelmente: (a) produz tamanhos de eixos menores e (b) apresenta baixa conectividade média em razão do domínio das conexões em “T”. Para este padrão de grelha a questão do tamanho do sistema cria certas oposições: (c) os sistemas serão mais integrados se forem pequenos, se grandes tenderão ao polo mínimo de baixa integração devido ao pronunciado caráter labiríntico; (d) a profundidade média será naturalmente baixa para assentamentos pequenos e alta para maiores cidades, a considerar o fator de escala; e (e) haverá menor inteligibilidade quanto maior for o sistema. *Embora a característica seja para o sistema inteiro, a questão de tamanho produz resultados nitidamente distintos: nesta situação a quantidade de linhas e a área interferem no desempenho dos atributos configuracionais.*

Por que a permanência da geometria, para sistemas regulares e ortogonais, não implica alterações configuracionais significativas e, quando sistemas irregulares e orgânicos, resultam em antinomia clara? São duas as possibilidades.

Primeiro, o grau de independência entre topologia e geometria não apenas é relativo, como varia enormemente a depender da estrutura urbana. De fato, a geometria altera a topologia a partir da forma de articulação e sua abrangência: por isso os dois quadros.

Segundo, o fato aponta, supõe-se, para ajustes ainda necessários nas ferramentas configuracionais de modo a captarem com maior refinamento as variações para sistemas rígidos e regulares, à medida que cresçam, o que não parece ocorrer aqui. Isto é, incorporar com precisão feições geométricas até então ignoradas. Colabora para a discussão da *questão de Manhattam*, dialogando o confronto geometria *versus* topologia, uma vez que os achados indicam a permanência de comportamento qualquer que seja o tamanho do sistema urbano.

Ademais, a interpretação das leis espaciais deve considerar a variedade de arranjos intermediários entre os dois polos de regularidade e irregularidade, por uma razão singela: dificilmente encontramos um assentamento com plena unidade em sua malha viária. No Brasil, predominam as composições em grelha que, a despeito da predominância na regularidade da trama, o que não permite a classificação enquanto orgânica, não configuram o arranjo global que legitima as afirmações anteriores (a *colcha de retalhos*, conforme explorado por Medeiros, 2013): teríamos uma terceira situação intermediária para as cidades no país.

Também se sabe que para cada assentamento existem condicionantes locais que estabelecem certas peculiaridades. Aparte os aspectos culturais, sociais e econômicos, interessa-nos a investigação dos aspectos topográficos e conjuntura locais (nível ou raio 3, para a interpretação conforme a *Sintaxe Espacial*), a depender do espaço geográfico. Argumentamos que, embora sejam feições que variam grandemente de cidade para cidade, há uma lógica configuracional no comportamento dos atributos quanto à permeabilidade em espaços urbanos.

Por exemplo, a análise expôs que as cidades são mais ou menos acessíveis segundo o *sítio físico de implantação*. Não que este sítio seja determinante direto dos valores de integração, mas sim individualizará a mancha urbana segundo sua continuidade, densidade, fragmentação, relevo e outros. Os aspectos, por sua vez, afetarão o arranjo da malha viária e desta forma de articulação

interpartes será produzido um espaço mais ou menos permeável. É uma interferência indireta, de segunda ordem.

Os achados apontaram que, para um sítio físico, se for acidentado, resultará em maior fragmentação e descontinuidade na mancha urbana: os efeitos para a acessibilidade corresponderão a um valor de integração médio reduzido. Se for plano, implicará continuidade na mancha urbana, o que aumentaria as chances de um sistema mais permeável, se combinado a uma grelha do tipo indutora de acessibilidade, o que ocorre especialmente em situações de tabuleiro de xadrez. Alcançamos a distinção entre sistemas dispersos e aqueles compactos.

4 CONCLUSÕES

Os resultados revelaram uma série de características morfológicas para as cidades integrantes da amostra que lançam luz sobre variáveis até então pouco conhecidas e que, acredita-se, incidem na vitalidade urbana e na crise contemporânea experimentada em vários dos assentamentos. Primeiramente, do ponto de vista geométrico, as grandes cidades são compostas por vasta quantidade de frações de trama de formato e tamanhos variados, aspecto diretamente resultante da ausência de um planejamento global que considere a intervenção urbana em sua totalidade – historicamente não se interpreta ou planeja a cidade em seu caráter relacional de interdependência entre partes e o todo, ignorando-se a dimensão holística e sistêmica do artefato urbano.

Em segundo lugar, deriva desta geometria uma topologia cujo cenário expõe problemas de circulação e mobilidade, comprometendo significativamente o deslocamento no espaço das cidades. A análise apontou ainda que os exemplares (1) apresentam manchas urbanas tendentes a padrões semelhantes a colchas de retalhos, em razão de uma evidente desconexão interpartes da malha viária, o que (2) promove uma restrição na acessibilidade viária ao se assemelhar a um labirinto, onde a ausência de articulação aumenta desnecessariamente as distâncias a serem percorridas, o que implica gastos energéticos maiores, acentuados graus de poluição atmosférica e perda das qualidades urbanas representadas por bons indicadores de qualidade de vida e bem estar.

Ademais, os mapas axiais e de segmentos e a correspondente propriedade em desvelar graus de acessibilidade e permeabilidade da trama se provaram eficientes ferramentas auxiliares para a identificação de padrões e desempenhos. O fato de lidar com distâncias geométricas e topológicas permite, em grau refinado, quantificar incidências (quantidade, proporção, tamanhos) de trajetos diários, contribuindo para a avaliação de iniciativas sustentáveis que promovam a redução do consumo resultante dos deslocamentos componentes da circulação urbana, em seus diferentes modos – o que apresenta interface com a engenharia de tráfego, conforme explorou Barros (2006).

A análise urbana carece de abordagens que sigam além de agrupamentos e zoneamentos por características, ponderando itens como as relações entre elementos. O âmbito relacional é significativo para o estudo do fenômeno urbano por revelar aspectos decisivos para as concentrações e dispersões na cidade. Têm-se, dessa maneira, uma ferramenta valiosa para estudos urbanos ao possibilitar que fatores relacionados à configuração no âmbito de fluxos, acessos e mobilidade sejam matematicamente mensurados e claramente visualizados e, portanto, possam ser correlacionados com a infinidade de informações que envolvem os assentamentos humanos.

Os achados esclarecem o quanto o olhar configuracional consoante a interpretação da Teoria da Lógica Social do Espaço é capaz de fornecer subsídios para a compreensão da estrutura urbana de cidades de origem portuguesa, brasileiras incluídas. Mesmo em situações de crescimento urbano, partes das cidades parecem guardar relações equilibradas entre as esferas global e local, apontando para uma matriz urbana com peculiaridades no cenário internacional.

Cabe mencionar, entretanto, que quando o crescimento da mancha urbana é demasiado, ocorre uma ruptura que produz ambiências de forte labirintismo (espaços de fragmentação), a trazer implicações para a qualidade de vida urbana. Por fim, as narrativas morfológicas vinculadas à pesquisa, alimentadas pelos resultados obtidos, demonstram como independentemente do continente ou do cenário contemporâneo, os aspectos de tamanho do assentamento e desenho predominante da malha viária afetam o desempenho atual das cidades, o que contribui para a consolidação de achados no campo da morfologia urbana.

REFERÊNCIAS

- Andrade, A. A. 1993. *A paisagem urbana medieval portuguesa: uma aproximação*. Lisboa.
- Andrade, A. A. 1990. *Um espaço urbano medieval: Ponte de Lima*. Lisboa.
- Araújo, R. M. 1998. *As cidades da Amazônia no século XVIII: Belém, Macapá e Mazagão*. Porto: Faup.
- Barros, A. P. B. G. 2006. *Estudo Exploratório da Sintaxe Espacial como Ferramenta de Alocação de Tráfego*. Brasília: Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília.
- Capra, F. 2003. *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. 8 ed. São Paulo: Pensamento-Cultrix.
- Cullen, G. 1983. *Paisagem urbana*. São Paulo: Martins Fontes.
- Delson, R. 1997. *Novas vilas para o Brasil colônia: planejamento espacial e social no século XVIII*. Brasília: Alva-CIORD.
- Diappi, L. 2004. *Evolving cities*. Aldershot: Ashgate, 2004.
- Hillier, B. 1996. *Space is the machine*. Cambridge: CUP.
- Hillier, B. & Hanson, J. 1984. *The social logic of space*. Cambridge: CUP.
- Hillier, B. 2001. *A theory of the city as object*. In: 3rd SSS, 2001, Atlanta. *Proceedings...* Atlanta: University of Michigan.
- Hillier, B. 2003. *The social logic of space*. Aula Inaugural, PPG-FAU/UnB.
- Holanda, F. 2002. *Espaço e organização social*. Brasília: EdUnB.
- Holanda, F. 2010. *Brasília: cidade eterna e cidade moderna*. Brasília: FAU/UnB.
- Holanda, F. & Kohlsdorf, M. & Kohlsdorf, G. 2005. *Dimensões morfológicas dos lugares*. Brasília: FAU/UnB.
- Karimi, K. 1997. *The spatial logic of organic cities in Iran and the United Kingdom*. In: 1st SSS, 1997, Londres. *Proceedings...* Londres: Space Syntax Laboratory / UCL.
- Medeiros, V. 2013. *Urbis brasiliae: o labirinto das cidades brasileiras*. Brasília: EdUnB.
- Panerai, P. et. al. 1986. *Formas urbanas*. Barcelona: Gustavo Gilli.
- Panerai, P. 2006. *Análise urbana*. Brasília: EdUnB, 2006.
- Rossa, W. 2002. *A urbe e o traço — uma década de estudos sobre o urbanismo português*. Coimbra: Almedina.
- Rossa, W. 1997. *Cidades indo-portuguesas — contribuição para o estudo do urbanismo português no Hindustão Ocidental*. Lisboa: Com. Nac. p/ Comemorações dos Descobrimentos.
- Sitte, C. 1945. *The art of building cities*. Nova Iorque: Reinhold.
- Teixeira, M. 2000. *Imagens do arquivo virtual da cartografia urbana portuguesa*. Lisboa: CEUA, ISCTE. CD-ROM.
- Teixeira, M. & Valla, M. 1998. *Universo urbanístico português 1451-1822*. Lisboa: CNCDP.

Assessment of the Effects of the Expansion of the City of Estarreja on the Rational Land Use

Francisco Serôdio

University of Minho, CTAC Research Centre, Guimarães, Portugal
serodio.francisco@gmail.com

Jorge Fernandes

University of Minho, CTAC Research Centre, Guimarães, Portugal
jepfernandes@me.com

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

Ricardo Mateus

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
ricardomateus@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The management of urban environment, together with the preservation of the natural environment and the creation of a sustainable built environment, is a complex challenge for contemporary societies. In the name of progress, cities are contributing for the degradation of all surrounding ecosystems. Therefore there is an arising demand for developing new strategies and a new urban development paradigm settled in the search for the equilibrium between natural and built environments and efficient use of resources. The objective of this paper is to analyse how the urban expansion of the city of Estarreja took place in relation to the land use, based on the land capability classification maps of the area. Based in the results some sustainable development strategies that might be applied to the city are discussed. The obtained results demonstrate that the city has been growing faster than its population, consuming vast portions of land, since its growth has been occurring in a linear form. Despite this fact, results show that most of this expansion took place towards a territory of lower agricultural potential, when comparing to the location of its original settlement.

Keywords: sustainable urban development, urban sustainability assessment, rational land use.

1 INTRODUCTION

Scarcity of space is rising, in an increasingly urbanized world. In Europe, despite a general shrinking population, soil sealing and land consumption is still increasing (Artmann, 2014). Urbanisation and urban growth are inevitable and unavoidable anthropic processes of land use change. The rational land use, based on its ecological potential, is therefore critical to the sustainability of urban areas. In Europe, urban sprawl is considered critically important due to its evident impact on increased energy, land and soil “consumption”. Urban sprawl has been the cause of uncontrolled urban expansion over agricultural areas; as opposed to traditional European cities, which are compact cities, sprawling cities are full of empty spaces that indicate the inefficiencies in development and highlight the consequences of uncontrolled growth (EEA, 2006). Sprawling is affecting negatively ecosystems functions (EEA, 2006; Alberti, 2005), including the production of food, habitat for natural species, recreation, water retention and storage that are interconnected with adjacent land uses (EEA, 2006). Urban expansion should therefore be based on strategies to minimize its impact on the surrounding ecosystems, ensuring the most basic needs for the people survival and to reduce their ecological footprint.

Ferreira et al. (2012) addressed the problem of defining expansion areas in small urban settlements, applied to the city of Tomar, which is characterized by highly dispersed construction and deficient realisation of the planned expansion areas. The methodology used for this study involved the identification of consolidated urban areas, through the analyses of local building regulations, and then, quantifying urban expansion areas in accordance to different criteria, including size and hierarchical position. The methodology further included a participatory approach, incorporating the knowledge of local politicians. The authors concluded that the methodology used reflects all concerns related with the containment of disperse construction and the goal to consolidate the urban system. To impose heavy restrictions to outskirt settlements could be one way of addressing disperse construction phenomena, which should be complemented by an increased flexibility in the use of urban space. Artmann (2014) conducted a study in which institutional efficient soil-sealing management approaches, strategies and sub-strategies are studied and characterized, contributing to a better understanding of their advantages and disadvantages. Two case study cities were selected in Germany; Leipzig, which represents a shrinking city or city in transition, and Munich, which represents a growing city. These criteria were adopted in order to be possible to consider various challenges of urban soil sealing management. The evaluation was then based on the application of the Response-Efficiency-Assessment (REA) method, using subjective and objective indicators. Strategies of the following type were assessed: legal-planning, informal planning, economic-fiscal, co-operative and informational. The authors concluded that informal planning strategies are institutionally the most effective, due to their flexibility, high acceptance and limited reduction in local authority; however, and due to an increase of soil-sealing and land take in Europe, high local flexibility might need more stringent rules, connected with new economic-fiscal incentives. It is also concluded that new taxes, which among other things can promote the protection of fertile soils, should be implemented. It is finally concluded that local authorities should be more aware of their authority and responsibility to limit soil sealing and ensure a high urban living quality, but the implementation of more stringent rules should always be justified with proof of their effectiveness.

In order to provide its inhabitants with a good quality of life, and leading their cities towards a desired status of urban sustainability, many cities around the world have developed sustainable urban development plans (Shen et al, 2011). Shen et al (2011) conducted a study in which sustainable urbanization practices in the process of selecting urban sustainability indicators were critically examined and compared, being categorized in four different dimensions: environmental, economic, social and governance. Nine different practices, that is, Melbourne, Hong Kong, Iskandar, Barcelona, Mexico City, Taipei, Singapore, Chandigarh and Pune, were examined, proposing subsequently a comparative basis, namely, International Urban Sustainability Indicators (IUSIL). Despite the fact that the studied urbanization plans were by large implemented in order to achieve a sustainability status, they were developed in different time, under different circumstances, and for varied purposes. These factors revealed the difficulties in applying a set of common urbanization indicators, which should be therefore applied considering the specific needs of each location. It is observed that a short list of indicators at the beginning of application is recommended, with the possibility of more indicators being added or eliminated according to the emerging needs and gained experience in individual cases. It is arguable that proposing a set of objectives and strategies can be applied indistinctly in all communities. On the other hand, sharing experiences might eliminate barriers that lead to the maturity of sustainable urbanization as a common practice. The authors concluded finally that having a comparative basis can lead to the development of standard processes, which can be used to guide the development of particular plans, selection of indicators, objectives and strategies for implementing sustainable urbanization practice in other communities.

2 OBJECTIVES

The objectives and expected results for the present study are to understand how the city of Estarreja expanded over the last 50 to 60 years and its effect over the rational land use, particularly on the land with agricultural potential or other ecological interest. This is aimed to: i) understand how Estarreja's future urban expansion or regeneration processes can optimize the use of endogenous resources; ii) define local strategies for sustainable urban planning; iii) and to improve and promote "green infrastructures" as sustainable elements and demonstrate their importance on urban planning as a functional element and not only as an aesthetic improvement.

3 METHODOLOGY

The research was developed based on the analysis of some cartographic information, such as the Municipal Mater Plan, Municipality of Estarreja (CME, 2014), historic plans (CME, 1979; Mendonça, 1954) and Portuguese land capability classification system for soils (DGADR, 2010). The several layers of information collected allowed highlighting some relevant data for the study, which included the location of the municipality settlements and Estarreja's urban expansion through time, in relation to various geographic features, including altitude/relief and potential agricultural land. In turn, this information allowed the identification of Estarreja's urban expansion problems. According to the results obtained, alternative strategies were then presented, which by its implementation may allow the optimization of the use of endogenous resources and allow the sustainability of Estarreja's communities.

4 USE OF THE LAND IN THE CITY OF ESTARREJA (LAND CAPABILITY CLASSIFICATION)

The municipality of Estarreja spreads over an area of approximately 108 Km² (IGP, 2009, cited in Pordata, 2015), ranging from an altitude of 0 to 129 meters above sea level (IGP, 2009, cited in Pordata, 2015). Its population represents about 9% of the population of Baixo Vouga region, where is located, constituting the fourth most populous municipality in a total of twelve (CME, 2012). The importance of the municipality and city of Estarreja is given mainly by a strong industrial presence, where the second most important chemical complex of Portugal is located (AIP-CCI, 2011). It is also located in Estarreja's industrial zone one the most important units related to milk and derivates production (AIP-CCI, 2011). Being divided in three distinct zones: low, intermediate and high (CME, 2012), it is in the intermediate zone, between 5 and 50 meters high, where most of Estarreja municipality built areas are located (Fig. 1). This zone does not have any considerable slopes, especially the territories located in the north of the Antuã river, where the land is mostly flat, and does not have the drainage problems verified in the lower zones (CME, 2012). Additionally, in terms of land capability classification, Estarreja municipality settlements are located over, or very close to the best agricultural lands, i.e., capable for intensive or moderately intensive agricultural use, with the exception of the parish of Veiros, which is located over an area with lower agriculture potential (Fig.2).

Occupying a central position relatively to the entire municipality, the city of Estarreja is located on the northern bank of the river Antuã. This is the most important watercourse in the municipality, forming a valley to the east where the steepest slopes are located (CME, 2012). Nevertheless, the city is located over a flat part of the territory, which corresponds to the intermediate abovementioned zone (Fig.1). In terms of capability classification of soils, and as most of the settlements in the municipality, the city has been placed over a land moderately capable for intensive agricultural use (Fig.2). Historically, in the last 60 years, the expansion of the city of Estarreja was from the south to the north (Figs. 3a, b, c, 4). This fact is explained by the presence of the Antuã river in the south, and also by the existence of near to sea level altitude lands, more vulnerable for flooding. The expansion of the city has mostly taken place alongside the existing roads and railway, enabling the connection of the city of Estarreja to its

economic/industrial area, to Pardilhó and Avanca, and to the northern neighbour city of Ovar (Fig.4), corresponding this latter connection to a peri-urban axis structured by the national road EN 109 (AIP-CCI, 2011). A minor tendency of expansion has also been noted to the west, in the direction of Veiros, and to the east, in the direction of the smaller villages of Santo Amaro and Beduído (Fig.4). In terms of agricultural potential use, the expansion of the city of Estarreja took place towards a territory of lower agricultural potential, when comparing to the location of its original settlement. We can also note that the economic/industrial area of the city is located in an area with no potential for agricultural use, except in very special cases (Fig4). Nevertheless, a vast extension of the territory has been consumed for urban purposes by the city of Estarreja, since its expansion has occurred mostly in a linear form (CME, 2012), i.e. along side the existing land communication routes, as mentioned above. This is in fact one of the main characteristics of the municipality's settlements, with the exception of the central areas of the city of Estarreja and few other villages, where the built areas are found to be more compact (CME, 2012). In a broader way, this linear expansion can be compared to the concept of "urban sprawl", defined by the EEA (2006) as being "synonymous with unplanned incremental urban development, characterized by a low density mix of land uses on the urban fringe". In the case of Estarreja, this tendency for linear expansion or "sprawling", may also be explained by the typology of houses being built in the municipality, ranging from 1 to 2 storeys, representing since the 1960 national census over than 95% of the existing buildings (Fig. 5).

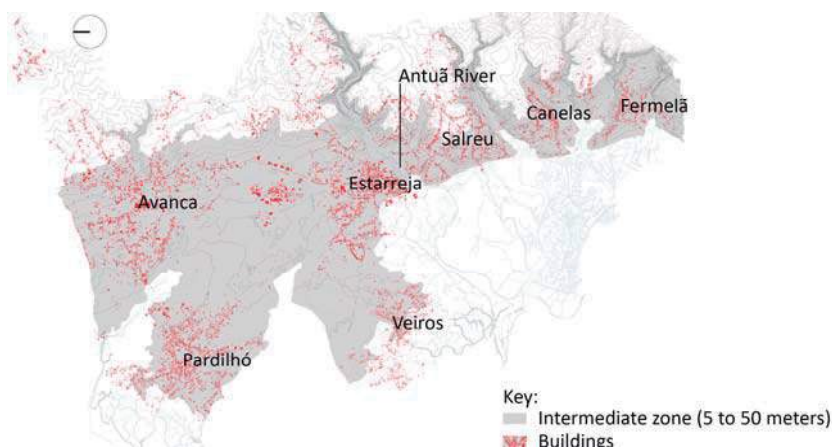


Figure 1. Occupation of the territory according to altimetry (source: CME, 2014).

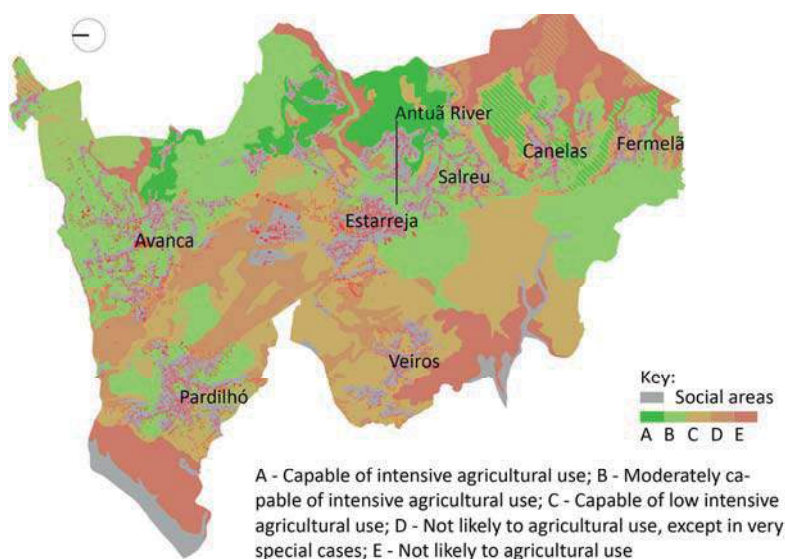


Figure 2. Occupation of the territory according to the land capability classification (sources: CME, 2014; DGADR, 2010).

An attempt to contain the uncontrolled expansion and sprawling of the city of Estarreja has been done in the Municipal Master Plan of Estarreja (PDME), by identifying consolidated urban areas and classifying them as urban land, as well as proposing a ring road, external to the city, that may serve as a barrier for further short-term unplanned expansion (Fig.6). Restricting the physical expansion of the built-up areas is considered by the EEA (2006) as a critical effort to constrain urban sprawl. Despite this fact, a lack of planned expansion areas has been identified in the Municipal Master Plan of Estarreja (PDME) (Fig.6), with only two areas planned, being one located within the identified consolidated area of the city, and the other, a small economic/industrial area, located in between the national motorways A1 and A29. In the latter case, the area corresponds to a portion of the territory with moderate capability for intensive agricultural use, the second best level in the scale (Fig.6).

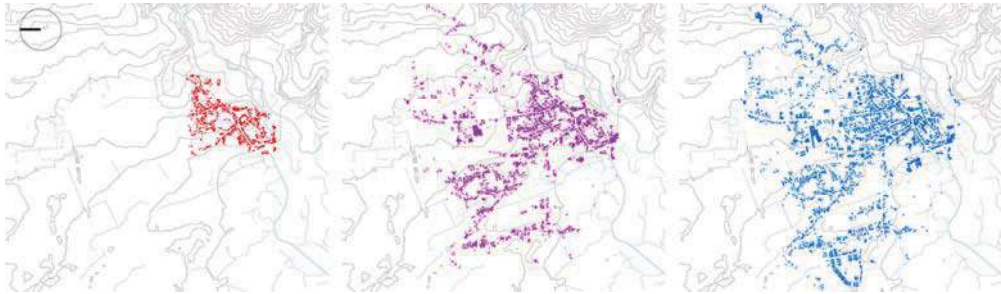


Figure 3. Estarreja urban expansion (1954, 1979, 2013) (sources: CME, 2014; CME, 1979; Mendonça, 1954)

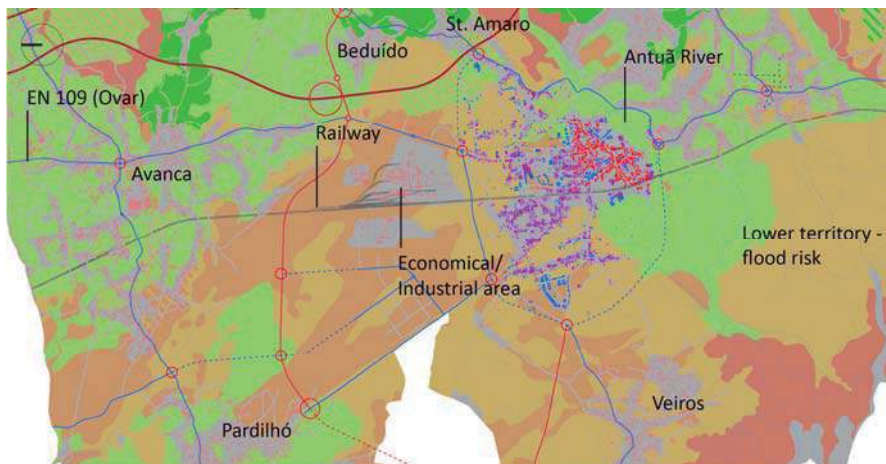


Figure 4. Urban expansion according to the land capability classification (sources: CME, 2014; CME, 1979; Mendonça, 1954; DGADR, 2010)

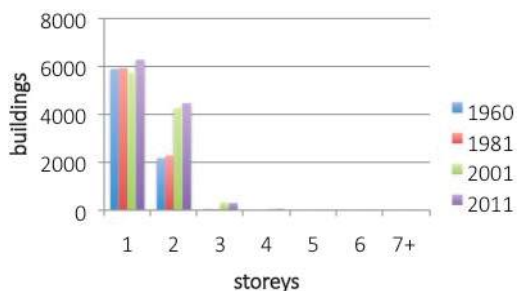


Figure 5. Existing buildings according to the number of storeys (source: INE, n.d., cited in Pordata, 2015)

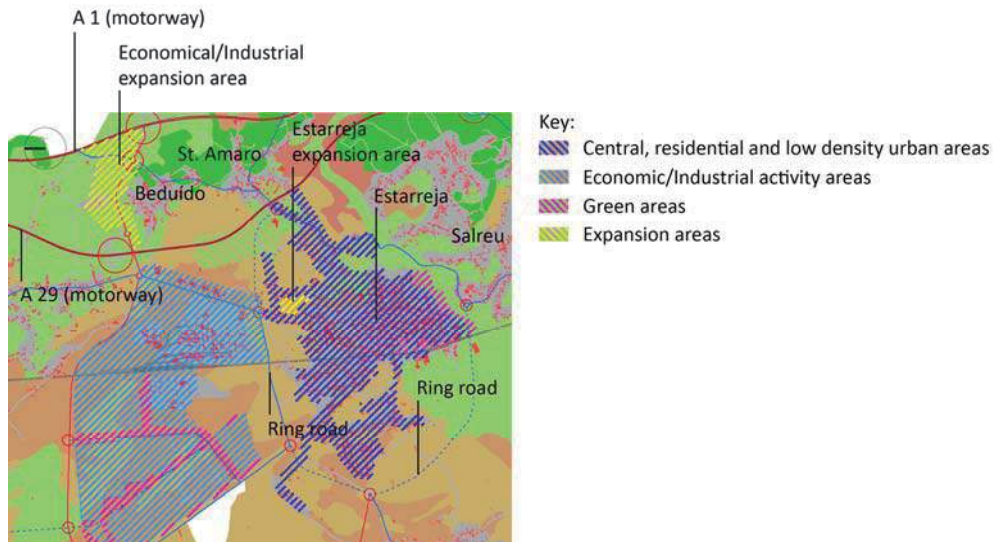


Figure 6. Urban expansion according to the land capability classification (sources: CME, 2014; DGADR, 2010).

5 CONTRIBUTES FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE CITY OF ESTARREJA

The fast pace in which cities grow may result in many ecological problems (Matteucci et al, 2009), often at the expense of the loss of valuable ecosystems (Shen et al, 2001). In 2001, Albernethy already considered that the fast inflows of rural dwellers, and consequent increase of urban population would cause inevitably numerous challenges to the destination cities (Albernethy, 2001). Sustainable urban development is therefore crucial to secure prosperity to our cities and societies, being sustainability the core of scholarly discussion, boost by a rapid industrialisation and urbanisation (Yigitcanlar et al, 2014).

Despite the existence of extensive natural or semi-natural landscapes in Europe, in 2006 more than a quarter of the European Union territory was been directly affected by urban use (EEA, 2006). Additionally, approximately 75% of Europe's population is living in urban areas (EEA, 2006). The same report predicted the increase of the European urban population between 80% to 90% by the year 2020. Portugal is no exception; larger settlements, i.e. cities and towns, have been concentrating more population when compared with the smaller rural villages (Conde, 2007). Given this fact, and considering that cities are the biggest consumers of natural resources and simultaneously the biggest source of pollution and waste (Madureira, 2005), it seems necessary that principles of sustainable development should be applied to cities, as these are the territories where these principles will have a greater impact (Costa, 2000). Elmqvist et al, (2013) consider urban sustainable development an urgent need to face the problems of contemporary cities.

In 1972, the problematic or concept of "sustainable development" was addressed by Meadows et al. (1972), by analysing the basic factors that could limit societies growth and development: population, agricultural production, natural resources, industrial production and pollution (Meadows et al, 1972). Originally centred within the scope of the natural environment (Abiko et al, 2009), the discussions about new and more sustainable forms of development have been gradually addressed and applied to the urban environment (Madureira, 2005). In 2004, Maclaren distinguishes the concepts of "urban sustainability" and "sustainable urban development". The author considers the latter as the process from which it is possible to achieve a set of desirable conditions: environmental, socio-economic, political and cultural, that persists over time i.e., "urban sustainability" (Maclaren, 2004).

According to Madureira (2005), a significant part of the debate about sustainable urban development has been based on the search for the best "urban shape". Considered by Sassi (2006) "one of earths most precious resources", land is not only the physical support for urban

environments but also for natural environments and should therefore be used with parsimony. The intensive use of land for urban purposes, transforming forest or agricultural areas into areas for settlement or transport, can be therefore considered one of the big problems of the contemporary city. This kind of land take or land consumption can be closely related to soil sealing, and interventions to reduce it are needed, as soil sealing has become one of the most intense form of land take (Prokop et al, 2011).

Historically, European cities have been much more compact than today, characterized by a dense historical core, which was shaped before the emergence of modern transport systems; their growth was usually linked to increasing population, in contrast with modern urban sprawl, usually linked to individual housing preferences, increased mobility or commercial investment decision (EEA, 2006). Being urban sprawl a common phenomenon in Europe today, it increases energy, land and soil consumption (EEA, 2006). In 1990 the Green Paper on the Urban Environment appointed already the growing trend for extensive and indiscriminate urbanisation and land use policies, based on restrictive and mono-functional zoning, as the main problems of the cities and these characteristics are an obstacle for the needed urban sustainable development. Sassi (2006) considers that the potential advantages of compact cities are: efficient land use; protection of the natural landscape; access to culture and leisure facilities; access to commercial facilities; employment opportunities; access to transport; potential for district heating and efficient recycling (Sassi, 2006).

The urban growth of the city of Estarreja should therefore be considered in a more compact urban form, as traditional cities have been shaped in Europe. Despite being a small city, its historical core, more dense and compact, can be clearly identified in contrast with its linear expansion or “sprawl”. Its zones of linear expansion can be transformed into a more compact and dense form, associated to its historical core. A clear border to further uncontrolled expansions can be created, as well to encourage the construction of multifamily housing buildings, with commercial or services occupancies associated, built together with the existing one or two floors single family housing buildings. This way not only the density can be increased, but at the same time, it is possible to avoid the concept of zoning. This concept was been overtaken by the concept of mixed-use, where working, leisure and living are as close as possible (Sassi, 2006).

In Estarreja, and despite the fact that the population has decreased in the last few years, the number of existing buildings has been increasing (Fig. 7). It is therefore crucial that the expansion is initially based on the use of “brownfield” land or vacant plots and on the rehabilitation or reconstruction of existing abandoned buildings. The priority to the rehabilitation or reconstruction of existing buildings will constitute a very important policy since, at the moment, these types of urban operations are in very small number compared to the number of new buildings being permitted or built (Fig. 8). Sassi (2006) considers the following advantages for using brownfield sites: it reduces pressure on undeveloped land including greenfield sites; it raises densities, making better use of infrastructure and improving the viability of public transport; it raises social and economic regeneration; it enhances the aesthetic appearance of towns. It should be noted that this predicted expansion or growth should not be made in a linear form, along the existing roads, as done so far, but rather in a concentric way in relation to the city centre. This way urban sprawling can be avoided and meanwhile improved settlement rules must be developed in order that buildings can have the best possible orientation, according to the solar path, thus reducing energy needs for the operation phase of buildings.

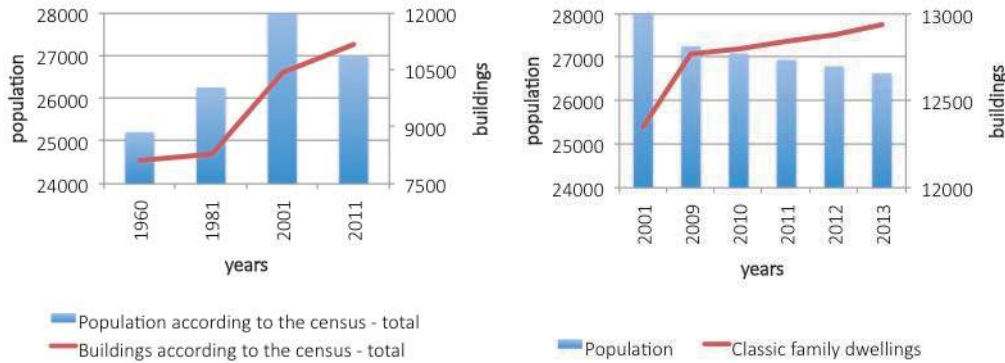


Figure 7. Existing population and existing buildings (source: INE, n.d., cited in Pordata, 2015).

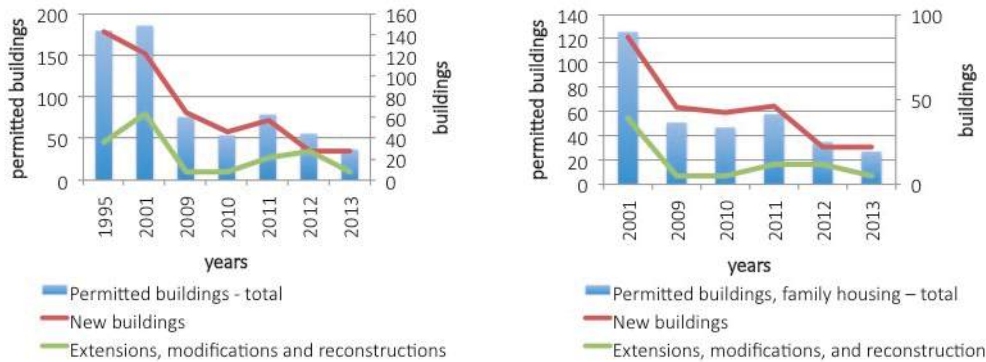


Figure 8. Permitted and concluded buildings (source:INE, n.d., cited in Pordata, 2015).

Another important aspect is the enhancement or creation of new green and social areas. Together with a more compact urban shape, where distances can be shortened, it will not only enhance the potential of the city to be used by pedestrians and cyclists but it will encourage the population itself to do so, thus reducing the need to use energy for transportation. Besides that, urban green areas are in general a crucial provider for urban ecosystem services (Bolund et al, 1999) and positively influence the perceived health of urban dwellers (Maas et al, 2006). In the case of Estarreja larger green and recreational or social areas should be considered, in contrast with the “green corridors” sprawling along the roads, which exist namely in the economic industrial area of the city.

6 CONCLUSIONS

The settlements that constitute the municipality of Estarreja have been typically located over or very close to the best agricultural lands, i.e., capable for intensive or moderately intensive agricultural use. If this was not a concern in the past, as the population was rather small and based on agricultural communities, today, and due to the fact that urban communities are growing faster, land use according to its land capability classification should be taken in consideration. In the case of the city of Estarreja, urban growth has been taken place towards a portion of land with lower agricultural potential, when compared to its original location. Nevertheless and despite a shrinking population, a vast portion of the territory as been consumed for urban purposes due to its linear form of expansion. Due to this fact it is necessary to define a limit to the urban area of the city, and urban growth should be based: i) on the use of brownfield sites; ii) and in the rehabilitation and reconstruction of existing abandoned buildings. This way it is possible to save the land for other functions than urban purposes, and to increase the density of population which would decrease the need to build more complex infrastructures and transportation systems. The rehabilitation of existing abandoned buildings will save not only the portions of new land to be used, but at the same time will allow to save the use of new materials and all related life-cycle impacts. The creation of new green and social

areas is also of great importance, as these will prevent waterproofing (avoiding rainwater flooding) and improve the quality of life of the inhabitants. Finally all new constructions should be based on sustainable principles, and its configuration should have the best orientation according to the solar path, thus reducing energy needs. New buildings should also be raised above 2 floors, allowing the densification of the urban areas, and include commercial or service areas, preventing the urban zoning and therefore promoting mixed-use areas.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank to OHMI Observatory-Estarreja and Centre National de la Recherche Scientifique (France) for supporting this study.

REFERENCES

Abiko, A. (2009). Desenvolvimento urbano sustentável. Texto técnico, Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Albernethy, V. D. (2001). Carrying capacity: the tradition and policy implications of limits. *Ethics and Environmental Politics*, 23, 9-18.

Alberti, M. (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *International Regional Science Review*, 28(2), 168-192.

Artmann, M. (2014). Institutional efficiency of urban soil sealing management – From raising awareness to better implementation of sustainable development in Germany. *Landscape and Urban Planning*, 131, 83-95.

Associação Industrial Portuguesa – Câmara de Comércio e Indústria (AIP-CCI). (2011). Carta Regional de Competitividade do Baixo Vouga.

Bastos, P. A. de P. (2010). A transformação do território/zona de conflito e as inerentes preocupações ambientais, de qualidade de vida e sustentabilidade: O caso da cidade de Estarreja. Tese de Mestrado em Ambiente e Ordenamento do Território, especialidade em Geografia Física – Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

Bolund, P., Hunnmar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293-301.

Câmara Municipal de Estarreja (CME). (1979). Planos arquivados da cidade de Estarreja.

Câmara Municipal de Estarreja (CME). (2014). Plano Diretor Municipal de Estarreja (PDME).

Câmara Municipal de Estarreja (CME). (2012). Relatório do Plano Diretor Municipal de Estarreja; Relatório de Caracterização Física do Concelho de Estarreja; Relatório de Caracterização Urbanística do Concelho de Estarreja.

Conde, S. C. R. (2007). O contributo das políticas urbanas para a sustentabilidade das cidades. Os casos das cidades de Aveiro e Tavira. Tese de Mestrado em Geografia (Urbanização e Ordenamento do Território). Faculdade de Letras, Departamento de Geografia, da Universidade de Lisboa.

Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR). (2010). Carta de Capacidade de Uso de Solo - Cartas complementares elaboradas pelo SROA / CNROA / IEADR / IHERA / IDRHA / DGADR, nº 163 e 174 à escala 1/25 000.

Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Guneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., et al. (2013). *Global urbanisation, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities*. Heidelberg, New York: Springer.

European Environment Agency (EEA). (2006). *Urban sprawl in Europe: The ignored challenge*. Report No 10/2006, Copenhagen.

Ferreira, J. A., Condessa, B. (2012). Defining expansion areas in small urban settlements – An application to the municipality of Tomar (Portugal). *Landscape and Urban Planning*, 107, 283-292.

Instituto Geográfico Português (IGP). (2009). Série cartográfica à escala 1/50 000 e Carta Administrativa Oficial de Portugal – CAOP 2009.0.

Instituto Nacional de Estatística (INE). (n.d.). X, XII, XIV and XV Resenseamentos Gerais da População; II, IV and V Resenseamentos Gerais da População; Estimativas Anuais da População Residente; Estatísticas das Obras Concluídas; Inquérito aos Projetos de Obras de Edificação e de Demolição de Edifícios.

Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., de Vries, S., Spersuwenberg, P. (2006). Green space, urbanity and health: How strong is the relation? *Journal of Epidemiology & Community Health*. 60, 587-592.

Maclaren, V. W. (2004). Urban sustainability reporting. *The sustainable urban development reader*, London: Routledge, 203-210.

Madureira, H. (2005). Paisagem urbana e desenvolvimento sustentável. Apontamentos sobre uma estreita relação entre geografia, desenvolvimento sustentável e forma urbana. X Colóquio Ibérico, Évora.

Marques da Costa, E. (2000). Cidades Médias e Ordenamento do Território. O caso da Beira Interior. Dissertação de doutoramento em Geografia (Planeamento Regional e Local) apresentada em 28 de Maio de 2001, à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Matteucci, S. D., Morello, J. (2009). Environmental consequences of exurban expansion in an agricultural area: the case of the Argentinian Pampas ecoregion. *Urban Ecosystems*, 12, 287-310.

Meadows, D. H., Meadows, D. I., Randers, J., Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth*, New York: Universe Books.

Mendonça, J. (1954). *Mapa Regional de Estarreja*

Pordata. (2015). <http://www.pordata.pt/Municipios/Ambiente+de+Consulta/Tabela>

Prokop, G., Jobstmann, H., & Schonbauer, A. (2001). Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects. Brussels: European Commission. DG Environment.

Sassi, P. (2006). *Strategies for Sustainable Architecture*. Taylor & Francis, New York.

Shen, L.Y., Ochoa, J. J., Shah, M. N., Zhang, X. (2011). The application of urban sustainability indicators – A comparison between various practices. *Habitat International*, 35, 17-29.

Yigitcanlar, T., Dur, F., Dizdaroglu, D. (2014). Towards prosperous sustainable cities: A multiscalar urban sustainability assessment approach. *Habitat International*, 45, 36-46.

Dimensões urbanas e valor ambiental em bairro habitacional: Estudo de caso em bairro de Vitória ES, Brasil

Karla Conde

Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, Campinas, São Paulo, Brasil

karlamconde@hotmail.com

Silvia Mikami Pina

Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, Campinas, São Paulo, Brasil

smikami@fec.unicamp.br

ABSTRACT: The quality of the urban residential environment is closely related to the quality of life, and how people perceive their surroundings. From observations some neighborhoods make concerning the use of their urban spaces over the years, the authors hypothesize that a set of urban elements could provide and maintain urban environmental quality, whose value added is perceived by the community assessing their urban dimensions. The objective of this research is to identify the urban dimensions to which environmental value is attributed. This paper presents the results of an exploratory study with a development of case study, in which a neighbourhood in the city of Vitoria, ES, Brazil is assessed. Applying the Stated Preference Method, using 24 picture cards representing value attributes of urban design in was assessed. The neighborhood studied is considered a full housing territory bringing value to the residents and significantly contributing to the quality of urban life.

RESUMO: A qualidade ambiental urbana está estreitamente relacionada à qualidade de vida e a como as pessoas percebem o ambiente em que vivem. Observa-se que alguns bairros mantêm a vivacidade de seus espaços urbanos ao longo dos anos e articula-se a hipótese de que um conjunto de elementos urbanos pode propiciar qualidade ambiental, cujo valor é percebido pela comunidade por meio de suas dimensões urbanas. Esta pesquisa tem por objetivo identificar quais são as dimensões urbanas às quais são atribuídas maior valor ambiental. Trata-se de um estudo exploratório, com o desenvolvimento de estudo de caso em um bairro na cidade de Vitória, ES, Brasil. A percepção de valor ambiental é identificada através de aplicação de Técnica de Preferência Declarada para avaliação de atributos de valor do desenho urbano. Considera-se o bairro em análise um território habitacional pleno, por gerar valor aos moradores e contribuir para a qualidade de vida urbana.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade ambiental urbana é influenciada por uma ampla gama de aspectos que compõem suas dimensões físico-ambientais e seus sistemas de atividades que interagem com a população por meio de vivências, percepções e ações cotidianas (DEL RIO & SIEMBIEDA, 2009). Assim, está relacionada à humanização dos espaços urbanos e a como estes se mantêm atraentes para o uso e a vida em comunidade (COELHO, 2012).

As dimensões urbanas compreendem o conjunto de elementos urbanos e a relação criada com sua associação a aspectos multidimensionais do valor de quem usa ou mora em um determinado lugar (DE PAOLI, 2014). Determinadas áreas urbanas são identificadas como de alta qualidade ambiental pela vivacidade de seus espaços urbanos ao longo dos anos. Estas se constituem como territórios habitacionais plenos quando geram valor aos moradores e reforçam a cidadania (SANTOS, 2000).

Considerando que o espaço urbano proporciona aos moradores uma percepção de valor ambiental que contribui para sua qualidade, esta pesquisa tem por objetivo identificar quais são as dimensões urbanas, nos aspectos da forma urbana e da percepção ambiental, e seus componentes que incentivam a permanência da vivacidade em um bairro habitacional. Para tal, desenvolve-se um estudo exploratório com o desenvolvimento de estudo de caso no bairro Praia do Canto, em Vitória, ES, Brasil, por este apresentar um traçado urbano que o caracteriza e dá suporte aos usos e a vida em comunidade ao longo de décadas.

Sob a ótica da percepção ambiental urbana, investigam-se a morfologia urbana e o desenho urbano na formação da paisagem urbana e na qualidade dos espaços abertos urbanos, caracterizando o bairro Praia do Canto, assim como são identificados e hierarquizados os atributos de valor ambiental urbano percebido pelos moradores. Técnicas de investigação da percepção ambiental aplicadas em estudo de caso são direcionadas para subsidiar recomendações de desenho urbano de cunho contextualizado, de modo a contribuir para territórios habitacionais com maior valor ambiental urbano (TU & LIN, 2008; CASTELLO, 2009).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O primeiro grau de leitura da cidade é físico-espacial e morfológico, uma vez que permite evidenciar a diferença entre os espaços e ajuda a compreender as características de cada parte da cidade. A esse se juntam outros níveis de leitura e seus diferentes conteúdos históricos, econômicos, sociais e culturais. Da mesma maneira, o desenho urbano se encontra indissociavelmente ligado a comportamentos, a apropriação e utilização do espaço e a vida comunitária dos cidadãos, sendo no pormenor da morfologia e do desenho urbano que as relações humanas acontecem (KOSTOF, 2009; LAMAS, 2011; COELHO, 2012).

A Comissão de Arquitetura e do Ambiente Construído apresenta uma série de objetivos que atribuem qualidade ao ambiente urbano, listados a seguir. Os objetivos se inter-relacionam e exercem influência uns sobre os outros, potencializando-os (DETR & CABE, 2000):

- **Caráter / Identidade:** promover e reforçar os padrões locais de desenvolvimento e cultura. Está relacionado à sensação de pertencimento. O sentimento de pertencer e ter responsabilidade pelo lugar transcende a gestão e a manutenção local, pois faz com que as pessoas sintam-se responsáveis e comprometidas com o espaço;
- **Continuidade / fechamento:** definir claramente as áreas públicas e privadas. Este objetivo está relacionado ao conceito de privacidade;
- **Acessibilidade e permeabilidade:** promover espaços públicos e percursos atraentes, seguros e organizados para todos na sociedade, incluindo as pessoas com deficiência e idosos. A permeabilidade é um dos conceitos responsáveis pela vivacidade do ambiente construído e é representada pela capacidade que um espaço urbano tem de oferecer às pessoas escolhas de caminhos através dele para outros pontos do bairro ou da cidade;
- **Mobilidade:** promover a acessibilidade e a permeabilidade local, criando lugares que se conectem uns com os outros e de fácil percurso, priorizando pessoas ao tráfego, integração de usos e meios de transporte;
- **Legibilidade:** promover a legibilidade por meio de caminhos reconhecíveis, interseções e marcos visuais. A organização do ambiente construído pode ajudar a diminuir a sensação de medo e reforçar a sensação de tranquilidade;
- **Adaptabilidade / flexibilidade:** promover um desenvolvimento que possa responder às mudanças das condições sociais, tecnológicas e econômicas;
- **Diversidade:** promover diversidade e possibilidade de escolha por meio de uma mistura de desenvolvimento e usos, de maneira a criar lugares que respondam às necessidades locais.

Assim, o desenho urbano estabelece-se como uma ciência que trata o espaço urbano em sua dimensão de espaço vivencial público do cotidiano das pessoas, segundo o qual, a vivência e a qualidade de vida são prioridades. Portanto, o desenho urbano e a relações que são criadas ao se

associarem a aspectos de valor de quem usa um determinado lugar podem ser instrumento para promover e incentivar lugares com maior qualidade ambiental urbana, promovendo vivacidade dos espaços urbanos e uma melhor qualidade de vida a seus usuários (CARMONA, 2003).

O valor do espaço urbano é determinado pelo contexto e pela relação que o usuário tem com esse espaço; com os benefícios e os sacrifícios que ele percebe quando usufrui desse espaço, enquadrado em seus próprios valores. Ou seja, valor é a relação entre benefícios, ou o que se recebe, e sacrifícios, que pode ser interpretado como aquilo que se abre mão. Valores são critérios para julgar o valor, subjetivo ao julgador, com base nos padrões culturais, mas também são formados nas sociedades a partir de pontos de vista comuns (THOMSON, 2003).

Os valores, constituídos pelas necessidades humanas, influenciam os espaços e o cotidiano das pessoas e torna o desenho urbano um elemento gerador de valores sociais, culturais, ambientais e econômicos. Portanto, considera-se importante buscar meios de quantificar o valor considerando atributos ou preferências na relação do homem com o seu ambiente construído, a partir da própria visão do indivíduo (BROWN & RAYMOND, 2007; GRANJA *et al.*, 2009; DE PAOLI, 2014). Uma vez identificado o que é mais valorizado pelas pessoas, novos espaços e intervenções no ambiente podem responder às reais necessidades da comunidade, contribuindo para uma maior qualidade ambiental urbana. Da mesma maneira, um determinado elemento urbano pode direcionar a um determinado aspecto ou comportamento, que contemple um determinado atributo de valor, como ilustrado e exemplificado na Figura 1. Ressaltam-se a interação dos vários elementos do desenho urbano e a capacidade de influenciar e reforçar um ao outro, para propiciar uma maior qualidade ambiental (McINDOE, 2005; JENKS & JONES, 2010).

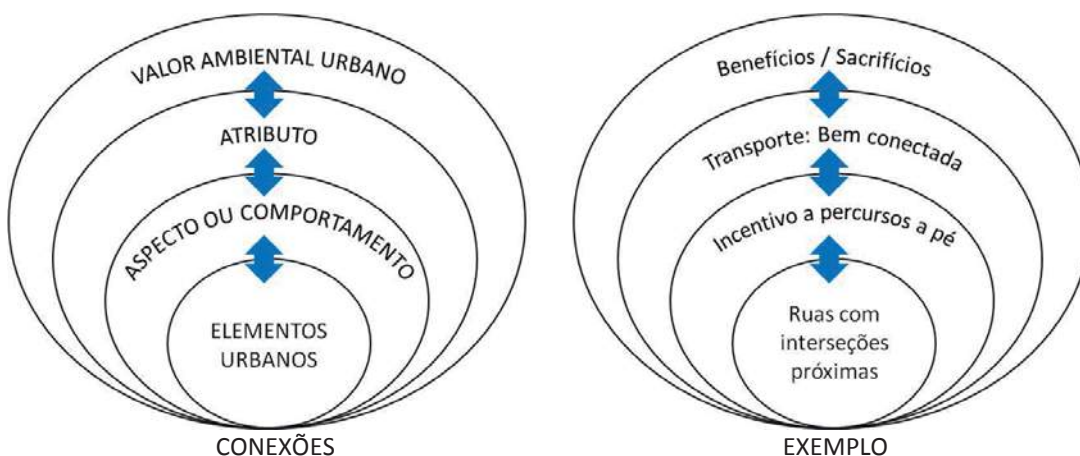


Figura 1. Inter-relações de elementos urbanos e percepções de valor do ambiente urbano.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Técnicas de investigação da percepção ambiental aplicadas em estudo de caso foram utilizadas para identificar: as características físicas do espaço urbano e a percepção dos moradores em relação aos espaços abertos disponíveis, assim como, hierarquizar os atributos de valor ambiental urbano percebido pelos moradores, de maneira a identificar o conjunto de elementos aos quais são atribuídos valor ambiental urbano no bairro residencial em estudo. A Figura 2 ilustra o esquema para análise dos resultados.

Fontes documentais e entrevistas foram a base para caracterizar o espaço urbano e sua apropriação pelos seus moradores. Os registros de imprensa, em matérias publicadas nos principais jornais locais possibilitaram confirmar as transformações do desenho urbano ao longo dos anos. No nível de investigação em campo, com a aplicação entrevistas e mapas mentais, procurou-se revelar aspectos relativos a dois níveis de processo perceptivo dos respondentes: o de formação de imagem, e o de avaliação e conduta (DEL RIO & OLIVEIRA, 1999).



Figura 2. Representação esquemática para análise dos resultados.

Foi utilizado o método de mapas mentais indiretos, ou seja, solicitou-se ao respondente citar os cinco primeiros elementos físicos de que se lembrasse, ou sensações relacionadas à sua experiência no bairro. Interessou-se também aquele citado em primeiro lugar, fato que revela a sua intensidade cognitiva. Solicitou-se que descrevesse os percursos e meios de transporte que mais utiliza para deslocamento pelo bairro e os locais que mais frequenta e vivencia. Para cada respondente, utilizou-se um mapa, onde suas respostas foram registradas (DEL RIO & OLIVEIRA, 1999).

A hierarquização dos atributos de valor ambiental desejado visa identificar o perfil dos moradores quanto a sua definição do que vem a ser um bairro ideal para se morar. Para tanto foi utilizada a Técnica de Preferência Declarada, que consiste em apresentar diversas alternativas aos respondentes para que uma seja escolhida. A opção do respondente indica a sua escolha preferida de atributos em relação às demais alternativas (MORIKAWA, 1989; GRANJA *et al.*, 2009; KOWALTOWSK & GRANJA, 2011).

Para a aplicação da Técnica de Preferência Declarada foram utilizados cartões ilustrados elaborados por De Paoli (2014) em metodologia desenvolvida para avaliar a percepção de valor em bairros habitacionais. O jogo de cartões apresenta cinco categorias de valor ambiental urbano, que são: valor ambiental, valor sócio cultural, valor econômico, valor no ambiente intraurbano e valor na inserção urbana. As duas últimas possuem enfoque nos âmbitos das relações humanas na escala da cidade e da vizinhança. Cada categoria de valor abrange atributos de valor, num total de 24 cartões. Cada cartão possui escrito de maneira clara e sucinta o atributo e uma ilustração alusiva ao seu significado. A Tabela 1 apresenta a relação de categorias de valor e os atributos de valor relacionados a cada categoria com seus respectivos objetivos do desenho urbano.

A Técnica de Preferência Declarada foi aplicada da seguinte maneira: no primeiro ciclo, com 5 rodadas, uma para cada categoria, de forma que o entrevistado hierarquize as suas preferências dos atributos que compõem cada categoria; o segundo ciclo foi realizado de forma a selecionar apenas as primeiras escolhas de cada categoria, assim, no segundo ciclo, o entrevistado irá hierarquizar as 5 escolhas prioritárias de cada categoria escolhidas no primeiro ciclo. Os dados obtidos recebem pontuações que revelam a hierarquia dos atributos de valor dos respondentes.

A percepção de valor ambiental recebido visa identificar o julgamento de valor sobre a vivência em um determinado bairro. Para tal, o morador foi questionado se ele percebe como valor recebido no bairro em estudo o primeiro atributo (carta) por ele selecionado como mais importante nas cinco categorias de valor.

Os moradores participantes do estudo de caso foram selecionados aleatoriamente, de maneira que não ocorresse concentração na localização das residências dos respondentes. Este artigo apresenta resultados preliminares de pesquisa de doutorado. A amostra é composta por 10

moradores do bairro Praia do Canto na cidade de Vitória, ES, Brasil, e será ampliada no prosseguimento desta pesquisa. Foram utilizados em média 30 minutos por entrevistado.

Tabela 1. Conjunto de 5 Categorias de valor e 24 atributos de valor com seus respectivos objetivos do desenho urbano.

Categorias de valor	Objetivos	Atributos de valor (cartas)
Valor ambiental	Eficiência na utilização dos recursos naturais / acessibilidade	Ambiente livre de poluição
	Acessibilidade / legibilidade / identidade	Se sentir parte do bairro
	Pertencimento	Participação na comunidade local
	Identidade / pertencimento	Áreas verdes e jardins
Valor sócio cultural	Eficiência na utilização dos recursos naturais / flexibilidade	Preservar, reciclar e reutilizar
	Identidade / pertencimento	Equipamentos urbanos
	Acessibilidade / pertencimento / flexibilidade	Incorporar e aproveitar o existente
		Inclusão
		Sentimento de tranquilidade
Valor econômico	Legibilidade / pertencimento / identidade / acessibilidade	Segurança
	Acessibilidade / vivacidade	Valorização e facilidade de revenda
	Identidade / flexibilidade / pertencimento	Bairro melhora a imagem da cidade
	Identidade / pertencimento	Variedade de comércios e serviços
	Diversidade / vivacidade	Economizar e valorizar
Inserção urbana	Eficiência na utilização dos recursos naturais / acessibilidade	Ambiente de fácil manutenção
	Eficiência na utilização dos recursos naturais	Acesso à cidade
	Acessibilidade / eficiência na utilização dos recursos naturais	Conexão com a vizinhança
	Permeabilidade	Diferentes tipos de casas, comércios e serviços
Ambiente intra urbano	Diversidade / vivacidade	Localizar-se e mover-se
	Legibilidade	Mais opções de transporte
	Permeabilidade / mobilidade	Variedade de pessoas e atividades
	Flexibilidade / diversidade / eficiência na utilização dos recursos naturais	Lugares de encontro e lazer
	Vivacidade / atividade	Conexão da casa com a rua
	Acessibilidade	Privacidade
	Privacidade / pertencimento	

Para a identificação dos elementos ou conjunto de elementos urbanos que atribuem maior valor ambiental no bairro habitacional em estudo, são identificados os atributos de maior valor ambiental percebido pelos moradores e a relação desses atributos com os elementos urbanos presentes no bairro.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Capital do Estado do Espírito Santo, Vitória possui seu território parte em ilha e parte ao norte no continente. O bairro Praia do Canto originou-se do Plano Novo Arrabalde, elaborado em 1896

pelo Engenheiro Sanitarista Saturnino de Brito, cujo um dos objetivos era a expansão territorial da cidade, ligando o núcleo urbano inicial às praias localizadas a leste da ilha de Vitória. O Plano Novo Arrabalde reflete o pensamento filosófico positivista e as tendências sociais da época, veiculados através da tradição dos planos sanitários, visando o embelezamento e ressaltando marcos naturais. De um modo geral, a região da Praia do Canto ainda hoje conserva traços originais da sua concepção (CAMPOS JÚNIOR, 1996).

Na época em que foi projetada, a região do bairro Praia do Canto, representava o limite territorial a noroeste do município de Vitória. O início da ocupação do bairro foi na década de 1940, sendo até os anos sessenta o seu uso exclusivamente residencial. A ligação da ilha de Vitória com o continente se dava ao norte da ilha. Na década de 60 foi contruída a ponte ligando o bairro à orla no continente e ao final da década de 80 foi feita a terceira ligação com o continente, na avenida central do bairro Praia do Canto. Atualmente o bairro Praia do Canto possui um intenso fluxo de veículos, tanto local quanto de passagem para a parte continental da cidade de Vitória (Figura 3).

O espaço urbano no bairro Praia do Canto se caracteriza fisicamente por um traçado de ruas em base quadriculada, com a predominância de vias com 21 metros largura e a Avenida Rio Branco com 28 metros de largura. Os quarteirões possuem dimensão média de 98m por 112m, o que permite deslocamentos a pé, facilidade de leitura e percurso. Os lotes foram inicialmente traçados com 14m de frente e 42m de profundidade para serem ocupados por residências unifamiliares em centro de terreno, ao longo dos anos muitos foram lembrados para receber edifícios residenciais multifamiliares, com áreas de lazer privativas. Atualmente é notada uma variedade de tipologias construtivas que reflete as revisões dos Planos Diretores Urbanos no que se refere ao gabarito das edificações, em meio a poucas residências unifamiliares restantes encontram-se edifícios residenciais de 4 pavimentos que marcam as primeiras construções de múltiplos pavimentos da década de 60, edifícios residenciais de 13 pavimentos que marcam a década de 80 e edifícios residenciais a cerca de 16 pavimentos construídos a partir da década de 90.

Obras de aterro avançando ao mar, iniciadas em 1972 e finalizadas ao término da década de 80, transformaram significativamente a paisagem do bairro, onde foram acrescentadas duas grandes praças que atraem moradores de toda a cidade e turistas para feiras de artesanato, exposições e atividades ao ar livre, como locação de equipamentos náuticos e quadras esportivas.

O uso residencial multifamiliar é predominante, mas também é expressivo o comércio local de conveniências geralmente localizado nas esquinas dos quarteirões. A ocupação dos terrenos de esquina é limitada em até 2 pavimentos para fins comerciais e serviços, e apesar da verticalização com edifícios residenciais multifamiliares, a contenção da mesma nos terrenos de esquina favorece a iluminação e ventilação, além de não proporcionar sensação de opressão ou excesso de preenchimento do espaço por massa edificada. Somadas a essas características, a arborização acrescenta sombra e frescor às largas calçadas e os cafés, boutiques, restaurantes e outras opções de comércio local atribuem uma identidade charmosa ao bairro, como um shopping a céu aberto.

O traçado original absorve as transformações ocorridas pelo aumento na densidade populacional do bairro. O fluxo intenso de veículos convergindo em cruzamentos é orientado por meio de rótulas, com aproximadamente 10 metros de diâmetro, que auxiliam na preferencial dos veículos, mantendo a fluidez do trânsito e a baixa velocidade dos veículos. Em dezembro de 2014, as vagas de estacionamento de veículos ao longo das vias estão disponíveis no sistema de parquímetro. Observa-se que os moradores do bairro, que há algumas décadas atrás eram habituados a se deslocarem pelo bairro em automóveis, hoje são incentivados a percursos a pé.



Figura 3. Praia do Canto - Traçado - Conexões com a cidade.

O bairro é identificado pelos seus moradores como um bairro familiar, bonito, charmoso, tranquilo, agradável para percursos a pé, com um comércio atraente e locais de encontro. As praças localizadas no aterro e algumas ruas foram citadas como elementos físicos marcantes. Por outro lado, a qualidade do ambiente urbano foi o aspecto mais citado nas entrevistas. O prazer em passear pelo bairro, o comércio local, o convívio social, a identificação com o bairro foram destacados. A mobilidade, a acessibilidade e a permeabilidade aos locais de interesse foram descritos como grandes atributos do bairro. Outro aspecto considerado foi a boa manutenção das ruas, calçadas, praças e edifícios, que atribuem a sensação de modernidade, citado em uma entrevista como “um bairro que não parou no tempo”. Foi declarado que os espaços abertos disponíveis no bairro atendem às necessidades dos moradores, considerados acessíveis e atraentes para todas as idades. Como aspecto para melhoria do bairro, foi identificado a falta de espaços culturais. A falta de segurança foi apontada como um problema conjuntural econômico social, não se restringindo ao bairro. A pequena amostra foi composta por 4 pessoas vindas de outras cidades e 6 pessoas naturais de Vitória/ES. Os moradores naturais de Vitória declararam não concordar com algumas obras que foram realizadas em áreas com forte herança histórica para a comunidade local, ou com grande impacto ao trânsito de veículos no bairro.

Na Tabela 2 estão organizados os 5 atributos de valor desejado pelos moradores e como os elementos urbanos se apresentam no bairro Praia do Canto, de maneira a contribuir ou não para a percepção do valor recebido.

A Figura 4 apresenta algumas imagens do espaço urbano do bairro Praia do Canto.

Tabela 2. Atributos de Valor e Elementos Urbanos no bairro Praia do Canto.

Atributo de valor desejado	Valor recebido	Objetivos do desenho urbano mais valorizados pelos entrevistados
Segurança	Não percebido	Vivacidade / acessibilidade
Elementos Urbanos	<ul style="list-style-type: none"> Os moradores entrevistados consideraram que o desenho urbano do bairro não propicia situações de perigo; Problema considerado generalizado na cidade de Vitória pelos moradores entrevistados; Os ambientes urbanos são utilizados e acessíveis, o que garante a segurança natural, entretanto não é suficiente; Importância do incremento de programas de policiamento de proximidade. 	
Lugares de encontro e lazer	Percebido	Diversidade / Vivacidade
Elementos Urbanos	<ul style="list-style-type: none"> Ambientes que promovem a convivência social e harmoniosa; Calçadas largas, niveladas e acessíveis; Praças com equipamentos para diversas idades. 	
Sentimento de tranquilidade	Percebido	Pertencimento / Identidade / Legibilidade
Elementos Urbanos	<ul style="list-style-type: none"> Ruas movimentadas por pedestres; Trânsito lento com fluxo contínuo; Ruas ventiladas, arborizadas e iluminadas; Ambientes que promovem a convivência social e harmoniosa. 	
Variedade de comércio, serviços e facilidades	Percebido	Diversidade / vivacidade
Elementos Urbanos	<ul style="list-style-type: none"> Variada oferta de comércio, serviços e facilidades, de diversas faixas de preços; Proximidade dos pontos de interesse, a distâncias menores que 500m, em percurso agradável e acessível. 	
Localizar-se e mover-se	Percebido	Legibilidade / Acessibilidade
Elementos Urbanos	<ul style="list-style-type: none"> Traçado das ruas de fácil compreensão e diversas opções de percursos; Proximidade dos pontos de interesse, a distâncias menores que 500m; Calçadas largas, niveladas e acessíveis; Referências visuais (canteiros centrais; pequenos centros de compras e serviços, sinalização). 	



Figura 4. Imagens do espaço urbano do bairro Praia do Canto. (a) Rotatória para orientação do trânsito. Calçadas acessíveis e sinalizadas. A tipologia de ocupação dos terrenos de esquina reduz o impacto visual da verticalização. Intenso comércio local. (b) Principal eixo viário no interior do bairro, 28 m de largura, trânsito local e de passagem. (c) Praças com equipamentos que atraem moradores e visitantes.

5 CONCLUSÕES

As dimensões urbanas, nos âmbitos morfológicos, de desenho urbano e perceptivo e a relações que são criadas ao se associarem a aspectos de valor de quem usa um determinado lugar podem ser instrumento para promover e incentivar lugares com maior qualidade ambiental urbana, promovendo vivacidade dos espaços urbanos e uma melhor qualidade de vida a seus usuários. Uma vez identificado o que é mais valorizado pelas pessoas, novos espaços e intervenções no

ambiente podem responder às reais necessidades da comunidade. Para tal, técnicas de investigação da percepção ambiental aplicadas em estudo de caso são direcionadas para subsidiar recomendações de desenho urbano de cunho contextualizado, de modo a contribuir para territórios habitacionais com maior valor ambiental urbano.

No estudo de como e por que o bairro habitacional Praia do Canto, em Vitória/ES/Brasil, mantém-se atraente ao uso e ao convívio social ao longo de décadas, observa-se que o traçado do bairro manteve-se praticamente inalterado, absorvendo o aumento populacional por meio do adensamento e da verticalização das edificações. Ou seja, ao longo dos anos, o traçado urbano deu suporte as modificações ocorridas na paisagem urbana, assim como, pode ter contribuído para vivacidade dos espaços urbanos, pelas suas características de mobilidade, permeabilidade, acessibilidade e imageabilidade.

Quando analisada a qualidade do ambiente urbano, por meio de atributos que os moradores mais valorizam em um bairro residencial, os resultados indicam que o quesito *segurança* é o mais valorizado, entretanto, não é percebido no bairro Praia do Canto. O que indica que, apesar dos ambientes urbanos serem utilizados e acessíveis não é suficiente para garantir a segurança natural, necessitando de incremento de um programa de policiamento de proximidade. Por outro lado, entre os cinco atributos mais valorizados: *lugares de encontro e lazer; sentimento de tranquilidade; variedade de comércio, serviços e facilidades; localizar-se e mover-se* são percebidos no bairro Praia do Canto, assim como, estão relacionados a: vitalidade, pertencimento, identidade. Os resultados indicam que os moradores atribuem valor aos elementos físicos do espaço urbano presentes no bairro, o que proporciona qualidade do ambiente urbano.

REFERÊNCIAS

Brown, G. & Raymond, C. 2007. The relationship between place attachment and landscape values: Toward mapping place attachment, *Applied Geography*, 27(2): 89–111.

Campos Júnior, C. 1996. *O Novo Arrabalde*. Vitória: PMV, Secretaria Municipal de Cultura e Turismo.

Carmona, M. et al. 2003. *Public places urban spaces – The dimensions of urban design*, Oxford: Architectural Press, 312p.

Castello, L. 2009. Redesigning Brownfields in Porto Alegre. In Del Rio & Siembieda, *Contemporary urbanism in Brazil beyond Brasília*, ed. V., Chapter 8: 181-197. Gainesville, Florida: University Press of Florida.

Coelho, A. 2012. Streets alive: elements that make the city. *Infohabitar: The Journal of Inhabit Group*, Year VIII, Article XXVI Series inhabit and live better, No. 417, Lisbon.

De Paoli, D. 2014. *O valor do desenho urbano na construção de bairros habitacionais*. Ph.D. Thesis (Doctor of Architecture, Technology and City). Department of Architecture and Construction. University of Campinas. Campinas, SP, Brazil. 249p.

Del Rio, V. & Oliveira, L. (org.) 1999. *Percepção ambiental: a experiência brasileira*. 2 ed., São Paulo, Studio Nobel.

Del Rio, V. & Siembieda, W. 2009. *Contemporary urbanism in Brazil beyond Brasília: xvii-xxx*. Gainesville, Florida: University Press of Florida.

DETR & CABE. 2000. *The value of urban design*. Department of the Environment, Transport and the Regions, Commission for Architecture and the Built Environment. Great Britain. 111p.

Granja, A. D. et al. 2009. A natureza do valor desejado na habitação social. *Ambiente Construído*, 9(2), 87-103, Porto Alegre.

Jenks, M. & Jones, C. 2010. *Dimensions of the sustainable city. Future city. v.2*, United Kingdom: Springer. 288p.

- Kostof, S. 2009. *The city shaped: urban patterns and meaning through history*. 9-41. London: Thames & Hudson.
- Kowaltowski, D. & Granja, A. 2011. The concept of desired value as a stimulus for change in social housing in Brazil, *Habitat International*. 35(3): 435–446.
- Lamas, J. 2011. *Morfologia urbana e desenho da cidade*. 19-61. Lisbon: Fundação Calouste Gulbenkian.
- McIndoe, G R. *et al.* 2005. *The value of urban design: the economic, environmental and social benefits of urban design*. Ministry for the Environment. Wellington, New Zealand.
- Morikawa, T. 1989. *Incorporating Stated Preference Data in Travel Demand Analysis*. Ph.D. Thesis (Doctor of Philosophy). Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge. 203p.
- Santos, M. 2000. *O espaço do cidadão*. 5 ed. São Paulo: Nobel. 142p.
- Thomson, D. *et al.* 2003. Managing Value and quality in design, *Building Research & Information*, 31(5): 334-345. London.
- Tu, K. & Lin, L. 2008. Evaluative structure of perceived residential environment quality in high-density and mixed-use urban settings: An exploratory study on Taipei City. *Landscape and Urban Planning*. No. 87: 157-171
- Tweed, C. & Sutherland. M. 2007. Built cultural heritage and sustainable urban development, *Landscape and Urban Planning*. 83(1): 62–69.

CHAPTER 17 | CAPÍTULO 17 | CAPÍTULO 17

Open spaces system for a sustainable built environment

Sistema de espaços livres para a sustentabilidade do ambiente construído

Sistema de espacios libres para la sostenibilidad del entorno construido



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Avaliação dos espaços livres de uso público da cidade de Colatina, Espírito Santo, Brasil

Vivian Albani

Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes Campus Colatina, Colatina, Espírito Santo, Brasil
vivianalbani@gmail.com

Leandro Camatta de Assis

Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes Campus Colatina, Colatina, Espírito Santo, Brasil
leandrocammatta@gmail.com

Bruna Bredofw Perim

Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes Campus Colatina, Colatina, Espírito Santo, Brasil
brunabperim@gmail.com

Bruno Giorgio D'Alessandri Martins

Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes Campus Colatina, Colatina, Espírito Santo, Brasil
bgdalessandri@gmail.com

Nayara Salera Malta

Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes Campus Colatina, Colatina, Espírito Santo, Brasil
nayarasalera@hotmail.com

ABSTRACT: The open spaces for public use are characterized by squares, gardens and parks, and their function is to provide green areas of social conviviality and leisure to the city. The urban vegetation softens the noise and temperature levels, absorbs rainwater and contributes to the preservation of the biodiversity. This study investigates the contribution of these spaces through the classification, quantification and analysis of the distribution in the city, according to the percentage of its green areas. It has been found that squares are predominant, in addition to the presence of gardens and the absence of urban parks. Also, it has been noticed that these spaces offer 1.86m² of green areas per habitant and these places are not equally distributed among the neighborhoods. Concluding, the open spaces for public use in Colatina contribute to the green areas to this city, however these places do not assist homogeneously the population, since they are spatially concentrated in a few regions of the urban zone in this city.

Keywords: Open spaces for public use; Green areas; Urban sustainability.

RESUMO: Os espaços livres de uso público são caracterizados por praças, jardins e parques, e têm função de fornecer à cidade áreas verdes de convívio social e lazer, além de serem obrigatórias por lei. A vegetação urbana ameniza os índices de ruídos e temperatura, absorve águas pluviais e contribui para a preservação da biodiversidade. Este estudo investiga a contribuição desses ambientes através da classificação, quantificação e análise da distribuição pela cidade, segundo a porcentagem de área verde. Constatou-se que há predominância de praças, além da presença de jardins e inexistência de parques urbanos. Verificou-se que esses espaços fornecem 1.86m² de áreas verdes por habitante, e não estão distribuídos igualmente entre os bairros. Conclui-se que os espaços livres de uso público de Colatina contribuem com áreas verdes para cidade, mas não assistem homogeneamente a população, por concentrarem-se espacialmente em poucos bairros da zona urbana da cidade.

Palavras-chave: Espaços livres de uso público; Áreas verdes; Sustentabilidade urbana.

1 INTRODUÇÃO

“Os espaços de lazer constituídos por praças, parques, largos e outros destinados ao encontro, convívio, descanso e ou recreio da população possuem uma importância acentuada em áreas com grande crescimento urbano” (ORTH; CUNHA, 2002, p. 2). Estes espaços têm vital importância no meio urbano pela transformação provocada pelas cidades no ambiente natural e suas consequências na ocupação desordenada, como a supressão de mananciais, a extinção da fauna e da flora local, e emissão de poluentes.

Segundo Mascaró & Mascaró (2010, p.11), a utilização da vegetação como elemento principal dos ambientes de uso coletivo nas cidades contribui para a redução dos efeitos das ilhas de calor e os ruídos excessivos dos centros urbanos. As áreas verdes contribuem, também, à melhoria da ambiência urbana, devido à formação de sombras, além da conservação da água, pela possibilidade de ampliar a absorção nas superfícies permeáveis, e da conservação da energia.

Na cidade de Colatina, a Lei nº 4227, de 12 de fevereiro de 1996, define a área mínima de espaços livres de uso público, e dispõe sobre o parcelamento de solo urbano e determina que, para a construção de um novo loteamento,

“[...] a percentagem de áreas públicas destinadas ao sistema de circulação, à implantação de equipamentos urbanos e comunitários, bem como, os espaços livres de uso público, nos projetos de loteamento, não poderá ser inferior a 35% (trinta e cinco por cento) da gleba, observada a seguinte proporção: I -5% (cinco por cento) para espaços livres de uso público; II -5% (cinco por cento) para equipamentos comunitários.” (COLATINA, 1996).

São considerados espaços livres de uso público, pela Lei nº 4227, praças, jardins, parques e demais áreas verdes que não se caracterizam como áreas de preservação permanente e como reserva ecológica. Desta forma, este trabalho levantará os espaços livres de uso público citado na lei.

Praças, jardins e parques possuem áreas verdes que fornecem sombra e amenizam o calor das ruas, dos quintais e dos edifícios. Rogers (2001, p.50) afirma que estas áreas reduzem as ondas de calor nas cidades, reduzindo a necessidade de condicionamento de ar. A vegetação ainda contribui para a minimização de ruídos, absorção de águas pluviais, redução do escoamento de enxurradas provenientes de grandes chuvas e manutenção da variedade de pequenos animais.

O conceito de sustentabilidade pode ser aplicado ao objeto “espaços livres de uso público” tomando seus requisitos básicos, e que, segundo Pereira (2008, p.2), é caracterizado por serem ecologicamente correto, socialmente justo, culturalmente aceito e viável economicamente. A sustentabilidade dos espaços livres de uso público está, ainda segundo Pereira (2008, p.24), intimamente ligada à sustentabilidade urbana. Praças e parques se inserem no tecido urbano e, além de serem zonas de lazer e encontro da população, são ambientes que trazem salubridade ao meio urbano. A quantificação dos espaços livres de uso público, quando analisados e verificados a contribuição para aspectos ambientais e de conforto da cidade, pode ser utilizada como instrumento e parâmetro de avaliação da qualidade ambiental em áreas urbanas. Isso ocorre devido a estes espaços possuírem áreas verdes e sombreadas, áreas permeáveis para drenagem urbana dentre outros aspectos.

O campo de estudo deste trabalho compreende a zona urbana do município de Colatina, situada na mesorregião Noroeste do estado do Espírito Santo, microrregião Colatina, região Sudeste do Brasil, como salientado na Figura 1 a seguir.

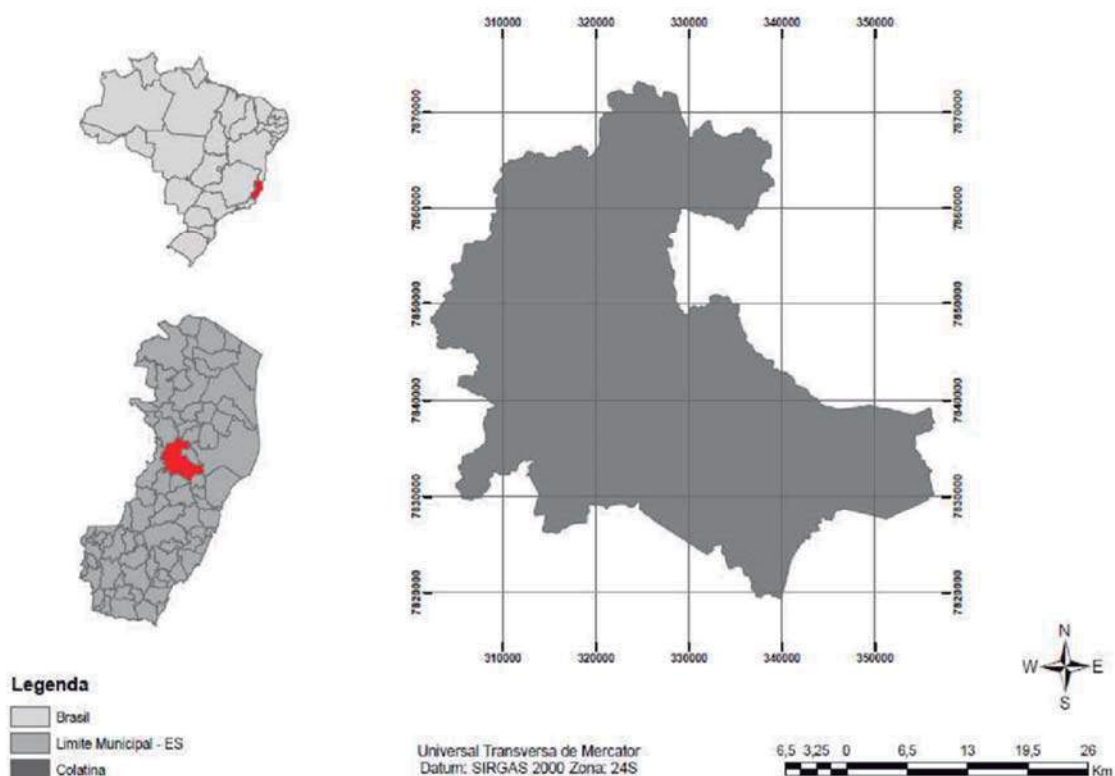


Figura 1. Localização de Colatina no Estado do Espírito Santo e no Brasil. Fonte de dados: Instituto Jones do Santos Neves (2014). Elaboração: Abrahão Alexandre Alden Elesbon e Nayara Salera Malta.

Colatina possui uma área total de 1,416,804 quilômetros quadrados, com altitudes de 40 a 600 metros, comuns à região do Vale do Rio Doce, com períodos de inverno seco. O município apresenta temperatura média de 28°C e precipitações pluviométricas, principalmente, nos meses de outubro a janeiro. Com temperaturas elevadas durante quase todo o ano, a cidade carece de espaços livres de uso público, sobretudo para amenização do calor, além dos outros benefícios proporcionados por estes espaços.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a contribuição dos espaços livres de uso público da cidade de Colatina, Espírito Santo, para a sustentabilidade urbana e fornecer dados para manutenção e planejamento adequados desses espaços.

Para avaliar a contribuição destes espaços livres presentes na cidade e sua eficiência na melhoria das condições ambientais urbanas é necessária a realização de estudos específicos. Dentre os objetivos específicos estão: classificar e quantificar os espaços livres de uso público na cidade; verificar a adequação quanto à distribuição dos espaços livres de uso público na cidade – ou seja, se há concentração espacial; quantificar a porcentagem de áreas verdes presente em praças, parques e jardins; e analisar a contribuição para a qualidade ambiental urbana dos espaços livres de uso público.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia adotada para avaliar a contribuição dos espaços livres de uso público da cidade de Colatina teve como etapa primordial o reconhecimento da questão ambiental urbana, embasada no levantamento e estudo de bibliografias referentes à temática, relacionadas à importância dos espaços livres ou referentes a análises de condições ambientais urbanas. A revisão bibliográfica auxiliou na definição dos espaços livres de uso público e de sua contribuição para aumento da

qualidade ambiental do meio urbano. Dentre os elementos que contribuem para o aumento da qualidade ambiental urbana destacam-se as áreas permeáveis, que colaboram na drenagem urbana minimizando riscos de inundações, e de áreas verdes, que auxiliam na diminuição das ilhas de calor e amenizam ruídos característicos de áreas urbanas.

Para realização do levantamento de dados referentes à classificação e quantificação dos espaços livres de uso público, analisou-se o relatório fornecido pelo Serviço Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento Ambiental (SANEAR), produzido em 2013. Foram mapeadas, posteriormente, em base cartográfica georreferenciada digital, as praças, jardins e espaços públicos. Após a identificação digital, verificaram-se *in loco* as reais condições de permeabilidade e presença de áreas verdes para cada ambiente levantado.

A verificação da distribuição das áreas levantadas teve como base a separação da cidade de Colatina em Margens Norte e Sul, referentes ao Rio Doce. Esta divisão foi utilizada pela forte referência do rio como marco da cidade, que fraciona, claramente, os espaços e parcelas da população urbana. Um mapeamento das áreas livres de uso público em base georreferenciada da cidade de Colatina foi a ferramenta utilizada para verificar a distribuição destes espaços.

4 RESULTADOS ALCANÇADOS

4.1 Classificação e quantificação dos espaços livres de uso público

A classificação tipológica dos espaços livres de uso público permitiu a identificação de praças, jardins, canteiros e trevos rodoviários. Estes termos foram definidos em função da legislação pertinente e do relatório fornecido pelo órgão SANEAR. As praças e jardins são áreas que oferecem lazer à população, além da contribuição nas questões ambientais já citadas de permeabilidade e vegetação. Canteiros e trevos rodoviários, apesar de serem considerados espaços livres de uso público, possuem característica de uso distinta das praças e jardins, pois não são consideradas áreas para o lazer.

Para a verificação da contribuição quanto à área verde dos espaços livres de uso público de Colatina, relacionaram-se as áreas verdes desses espaços e a população da cidade. Com uma população de 98,395 habitantes, os resultados apontam que: para cada habitante há 1.86 m² de área verde fornecida por praças, jardins, canteiros e trevos. Salienta-se que a área verde computada não engloba as áreas verdes de loteamentos urbanos.

De acordo com a Figura 2, é possível perceber que as praças locadas na cidade contribuem com mais da metade da área verde desses espaços, seguida pelos jardins, canteiros, trevos e outros, que são caracterizados por áreas arborizadas e travessas. Verifica-se, portanto, a predominância de praças e jardins e a inexistência de parques urbanos.

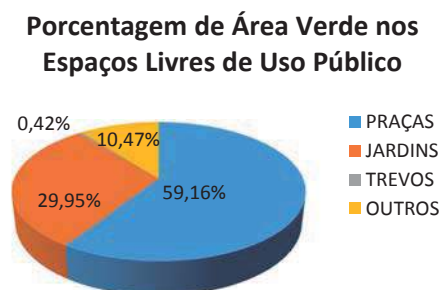


Figura 2. Gráfico com as porcentagens dos tipos de espaços livres de uso público. Fonte de dados: SANEAR, 2013. Elaboração: Bruna Perim e Bruno D'Alessandri.

4.2 Distribuição dos espaços livres de uso público

O perímetro urbano da cidade é composto por 58 bairros. Após o levantamento dos dados verificou-se que apenas 34 bairros apresentam espaços livres de uso público. Desta forma, é possível perceber a carência desses espaços em alguns bairros da cidade.

A fim de evidenciar a distribuição geográfica dos espaços livres de uso público, fracionou-se a zona urbana de Colatina tendo como orientação o Rio Doce, resultando em duas parcelas de estudo: a Margem Norte, com 17 bairros, e a Margem Sul, também com 17 bairros. A Margem Norte possui a maior população registrada, com 53,833 habitantes (cerca de 55% da população total) e na Margem Sul, 44,562 habitantes (cerca de 45% da população total).

De acordo com a Figura 3, que expõe a área de espaços livres em cada margem, é possível perceber que grande parte dos espaços livres de uso público está localizada à Margem Sul do Rio Doce – ainda que, como citado anteriormente, a Margem Norte possua a maior parcela da população urbana.

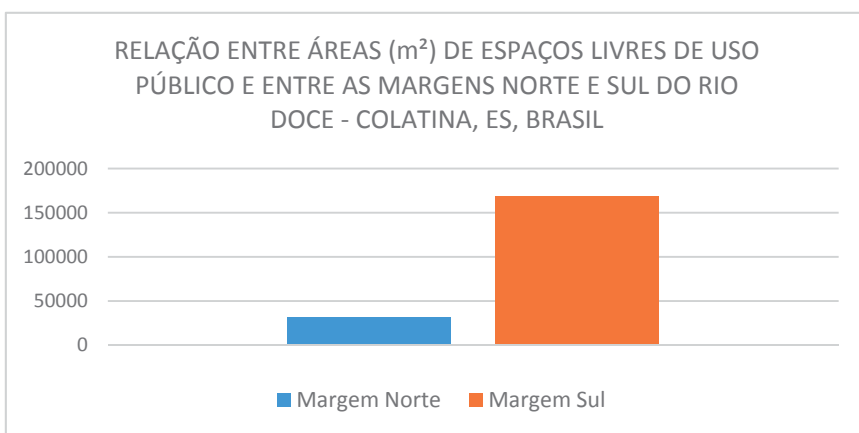


Figura 3. Relação entre os espaços livres de uso público entre as Margens Norte e Sul do Rio Doce em Colatina. Fonte de dados: SANEAR, 2013. Elaboração: Bruna Perim e Bruno D'Alessandri.

Com isso, a porcentagem de área livre de uso público por habitante é maior para Margem Sul, como vemos na Figura 4, que, por consequência, mostra a relação de áreas verdes (presentes nos espaços livres de uso público) por habitante.

RELAÇÃO DE ESPAÇOS LIVRES DE USOS PÚBLICOS POR HABITANTE

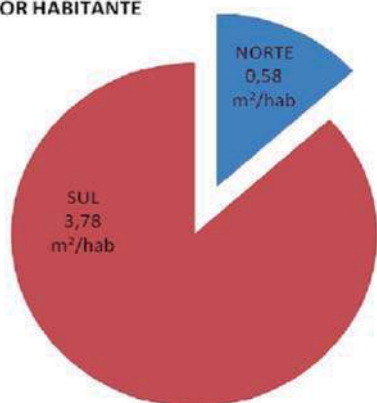


Figura 4. Relação da quantidade de espaços livres de uso público e de habitantes nas Margens Norte e Sul de Colatina. Fonte de dados: SANEAR, 2013 Elaboração: Bruna Perim e Bruno D'Alessandri.

Expecta-se que os espaços com maior número de habitantes possuam as maiores quantificações de áreas verdes presentes em praças, jardins e canteiros. Contudo, na cidade de Colatina, observa-se uma realidade inversa: A Margem Sul do Rio Doce possui 45% da população e 85% dos espaços livres de uso público. Na Figura 5, foram localizadas as praças da cidade de Colatina.

Nele também é possível perceber que a área de praças é discrepante entre as duas porções da cidade.

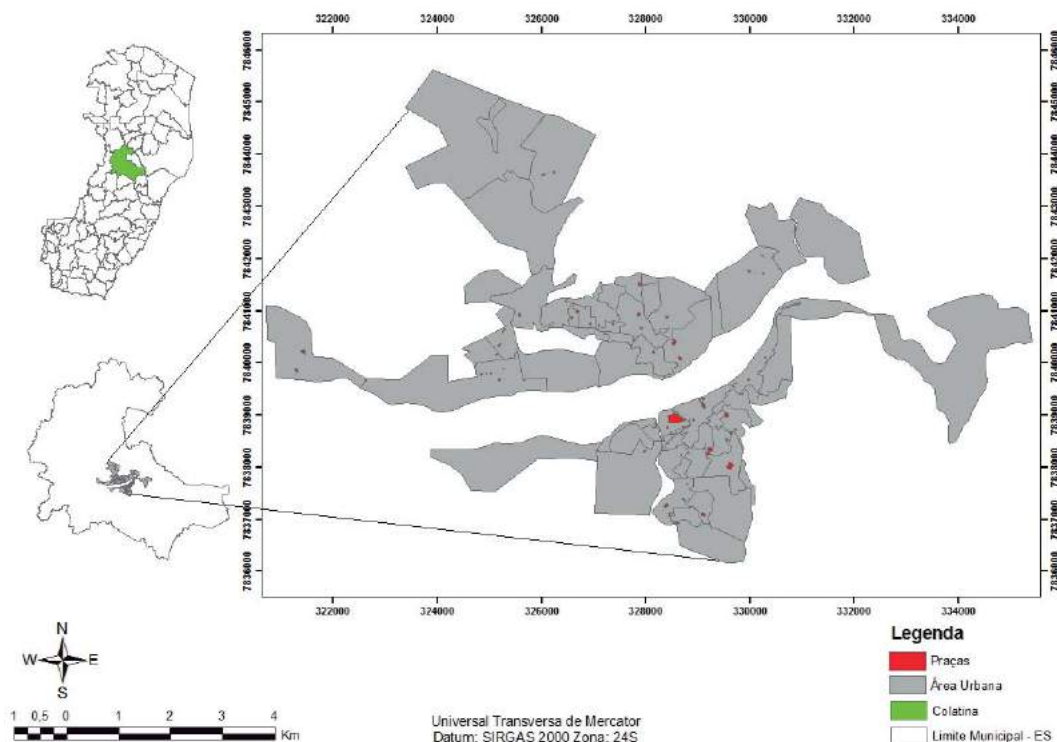


Figura 5. Distribuição de praças na cidade de Colatina – ES. Fonte de dados: SANEAR (2013). Prefeitura Municipal de Colatina (2013). Elaboração: Abraão Alexandre Alden Elesbon e Nayara Salera.

A má distribuição das praças, jardins e canteiros também ocorre entre os bairros da cidade. Principalmente na Margem Sul do Rio Doce (Figura 6), onde o centro da cidade possui mais da metade da área total dos espaços livres de uso público. Já na Margem Norte do Rio Doce (Figura 7), um único bairro possui 24% da área desses espaços .

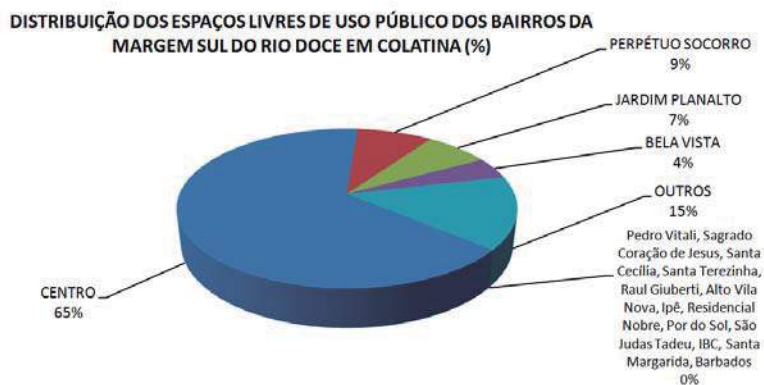


Figura 6. Distribuição dos espaços livres de uso público dos bairros da Margem Sul do Rio Doce em Colatina. Fonte de dados: SANEAR, 2013. Elaboração: Bruno D'Alessandri.

DISTRIBUIÇÃO DOS ESPAÇOS LIVRES DE USO PÚBLICO DOS BAIRROS DA MARGEM NORTE DO RIO DOCE EM COLATINA (%)

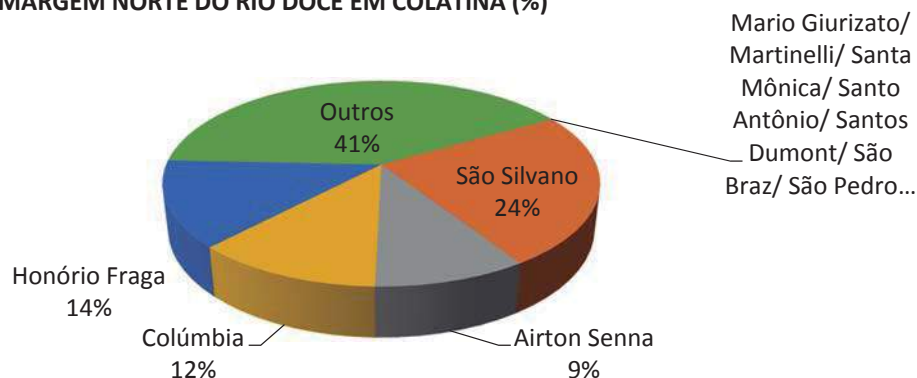


Figura 7: Distribuição dos Espaços Livres de Uso Público nos Bairros da Margem Norte do Rio Doce na cidade de Colatina (%). Elaboração: Bruna B. Perim Fonte: SANEAR (2013)

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que os espaços livres de uso público de Colatina possuem área verde que contribuem para aumento da permeabilidade urbana e diminuição de ilhas de calor e ruído para cidade. Entretanto, estes espaços não atendem homogeneamente à população, pois se concentram espacialmente em poucos bairros da cidade.

As áreas verdes locadas nos espaços livres de uso público – se comparadas ao índice de doze metros quadrados por habitante recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) – apresentam-se em quantidade insuficiente, já que o valor encontrado foi 1.86 metros quadrados por habitante da zona urbana de Colatina. Contudo, as áreas verdes existentes na cidade não estão apenas presentes nos espaços livres urbanos, mas também nas encostas, em lotes privados, em áreas de preservação e em áreas de risco, entre outras que, não foram consideradas nesta pesquisa.

No estudo, a distribuição irregular dos espaços foi um dos fatores mais evidentes. Deve-se isto à desproporcionalidade na relação quantidade de espaços livres e quantidade de habitantes por margem, e, ainda, à ausência destes espaços em alguns bairros da parcela urbana da cidade. Depreende-se, portanto, a ausência de notoriedade pública relacionada ao planejamento urbano, já que é imprescindível a previsão dos espaços livres de uso público e suas respectivas áreas verdes para que haja o crescimento organizado e saudável da cidade.

É imperativa, à cidade de Colatina, a elaboração de novos espaços livres de uso público – praças, jardins e parques urbanos –, além da revitalização dos espaços existentes – plantio e replantio de árvores, aumento da massa verde e reconfiguração dos *layouts* – para que haja contribuição efetiva destes espaços à ambiência urbana adequada e ao bem estar das comunidades presente e futura.

REFERÊNCIAS

Colatina (Município). Lei nº 4227, de 12 de fevereiro de 1996. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano do município de Colatina - estado do Espírito Santo e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.legislacaoonline.com.br/colatina/>> Acesso em: 10 de abril 2013.

Mascaró, L. & Mascaró, J.L 2010. Vegetação Urbana. 3. ed. Porto Alegre, RS: Masquatro Editora, 212 p.

Orth, D.M. & Cunha, R.D.C. 2000. Praças e áreas de lazer como ambiente construído influenciando na qualidade de vida urbana. In: ENTAC 2000, Salvador, BA. V. 01, p. 474-475.

Pereira, M.M.D.C.E. 2008. Praças públicas sustentáveis: Caso de renovação das praças. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Rogers, R. 2001. Cidades para um pequeno planeta. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

A importância metropolitana do sistema de espaços livres da região de Vitória – ES – Brasil

Eneida Maria Souza Mendonça

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória/ Espírito Santo, Brasil

eneidamendonca@gmail.com

ABSTRACT: The goal of this paper is to analyze the open spaces system's characteristics in the region of Victoria in southeastern Brazil and the importance of its relationship with the built environment underground. The object of the study area corresponds to the municipality of Vitória, capital of Espírito Santo State and urban contiguity on neighboring municipalities. The method involves urban evolution of the area, open spaces' identification and classification from examination of satellite images and field visits when it is required. The results demonstrate that the region's occupation had begun in the sixteenth century by Portuguese colonization, with significant urban development in the twentieth century. The natural features are still present, even if increasingly fragmented, with rainforest, mangroves, salt marshes, winding and rocky relief, rivers and ponds. To maintain these spaces' systemic condition, assuring its articulation, it is a challenge that contributes to the balance of metropolitan life.

Keywords: Open Spaces; Build Environment; Urban Evolution

RESUMO: O objetivo deste artigo é analisar as características do sistema de espaços livres da região de Vitória, no sudeste brasileiro e a importância de sua articulação com o ambiente construído metropolitano. A região objeto de estudo corresponde ao município de Vitória, capital do Estado do Espírito Santo e a contiguidade urbana sobre os municípios vizinhos. O método envolve evolução urbana da área, identificação e classificação dos espaços livres a partir de exame de imagens de satélite e visitas de campo, quando necessário. Os resultados demonstram que a região teve ocupação iniciada no século XVI por colonização portuguesa, com desenvolvimento urbano significativo no século XX. Os aspectos naturais são ainda muito presentes, mesmo que cada vez mais fragmentados, com mata atlântica, manguezais, restingas, relevo sinuoso e rochoso, hidrografia permeada de lagoas. Manter a condição sistêmica destes espaços, garantindo sua articulação, constitui-se em desafio que contribuiria para o equilíbrio da vida metropolitana.

Keywords: Espaços Livres; Ambiente Construído Metropolitano; Evolução Urbana

1 INTRODUÇÃO

1.1 Antecedentes, Conceitos e Metodologia

O estudo sobre o sistema de espaços livres na região de Vitória, situada no sudeste do Brasil, que motivou este artigo, teve início em 2006, a partir de proposição de pesquisa formulada em âmbito nacional pelo Laboratório QUAPÁ da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (Macedo et al., 2006). A equipe de coordenadores deste Laboratório reuniu um conjunto de pesquisadores de universidades brasileiras dispostos a investigar sobre "Sistemas de Espaços Livres e a Constituição da Esfera Pública Contemporânea: estudo de caso em metrópoles-cidades e novas territorialidades urbanas brasileiras" (Campos et al., 2012). Atualmente, a pesquisa nacional envolve diversas universidades brasileiras e avança na segunda fase do estudo, relacionando espaços livres à morfologia urbana (Lamas, s.d., Panerai et al., 1986), sob o título "Os sistemas de espaços livres na constituição da forma urbana

contemporânea no Brasil: produção e apropriação”. Cada um dos grupos de pesquisa envolvidos é denominado pela coordenação nacional de Núcleo, acrescentando-se, o nome da cidade objeto de estudo. O Núcleo Vitória, responsável pela abordagem aqui apresentada, tem suas atividades de pesquisa desenvolvidas pelo Núcleo de Estudos de Arquitetura e Urbanismo - NAU - da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

A dinâmica da pesquisa é norteadada pela coordenação nacional e conta com variações inseridas pelos Núcleos locais. Faz parte da metodologia instituída no âmbito nacional a realização de oficinas e colóquios anuais. As oficinas são realizadas nas cidades objeto de estudo, coordenadas pelos núcleos nacional e local, reunindo participantes que contribuam para o estudo acerca do sistema de espaços livres, a partir de olhares distintos e por vezes conflitantes. São convidados a participar da atividade: representantes da academia que tenham estudos e interesse sobre o tema, técnicos que atuem em órgãos municipais e estaduais na proposição, planejamento ou gestão dos espaços livres, representantes da construção civil, das associações de moradores e das grandes empresas sediadas na região. A oficina se desenvolve em três dias, sendo o primeiro de reconhecimento da área por parte da coordenação nacional, a partir de voo e por via terrestre, sempre com registros fotográficos. Os demais dias são destinados a palestras e oficina de trabalho por tema e em equipe, com os participantes orientados pelas coordenações nacional e local, a desenvolver atividade analítica e propositiva.

Os colóquios anuais, coordenados pelo Núcleo nacional, reúnem os pesquisadores dos diversos núcleos brasileiros e outros pesquisadores interessados no tema, para debate sobre as atividades em curso e programação das atividades seguintes. Trabalhos anteriores já mencionaram os colóquios e se empenharam em tratar de abordagens referentes a diversas oficinas (Miranda & Mendonça, 2010; Mendonça, 2010; Mendonça, 2014), que se constituem em instrumento que permite rápida apreensão da realidade e das possibilidades propositivas. Com o intuito de tratar neste artigo da importância do sistema de espaços livres no contexto metropolitano da região de Vitória, cabe destacar alguns conceitos relevantes. A noção de espaço livre é orientada por Magnolli (1982) correspondendo a todo espaço sem edificação. Deste modo, o espaço livre abrange espaços públicos como ruas, praças, parques, mas também, espaços privados como os espaços sem edificação nos lotes particulares e os terrenos ainda não construídos. A ideia de sistema tem como base os estudos de Milton Santos (1985, 1997) que ao se referir às redes e aos fluxos permite assimilar a contiguidade inerente ao sistema e a atentar para a necessidade de investigar as características da área de estudo nas diversas escalas. Referências também importantes no estudo foram Macedo et al. (2006) e Carneiro e Mesquita (2000), respectivamente quanto à abordagem geral da pesquisa e quanto à classificação dos espaços livres.

Diante destas noções procedeu-se a identificação dos espaços livres da região de Vitória, a partir de análise de imagem de satélite, fotografias aéreas do voo realizado durante a oficina e visitas de campo para confirmação de algumas situações. A classificação dos espaços identificados teve como referência principal Carneiro & Mesquita (2000), com adequação à realidade local, visto que estas autoras desenvolveram seus estudos sobre a cidade de Recife, no nordeste brasileiro. O mapeamento contendo a identificação e a classificação dos espaços livres da região de Vitória permite uma gama de conclusões sobre a importância da manutenção de alguns destes espaços, a necessidade de ampliação de outros e os conflitos entre a permanência destes e o processo de urbanização (Mendonça et al., 2012). Para compreensão desta realidade, vê-se como necessário contextualizar a área de estudo no que diz respeito a suas características físicas e a sua histórica de ocupação.

1.2 Área de estudo, características e breve histórico

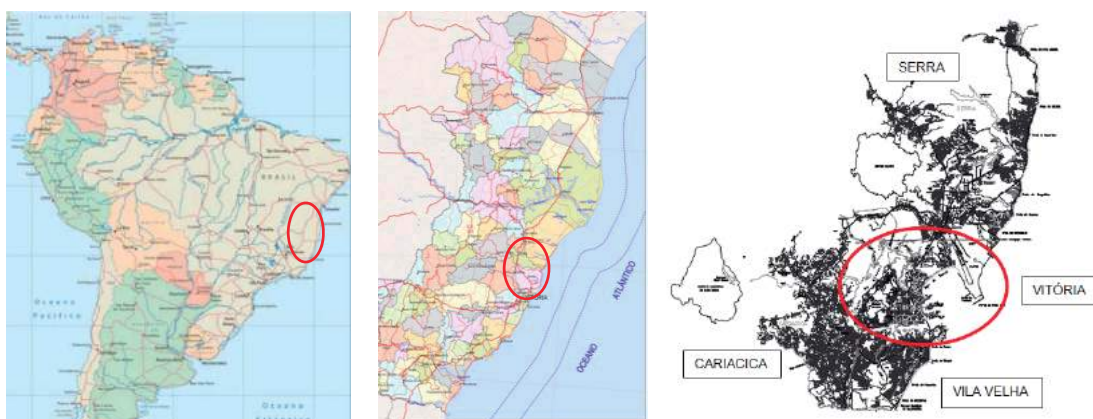
A área de estudo enfocada neste artigo refere-se à região de Vitória, que corresponde à capital do Estado do Espírito Santo, no sudeste do Brasil e parte dos municípios vizinhos (Fig. 1).

Ab’Sáber (2003) insere a região sudeste, parte do nordeste, sul e centro-oeste brasileiro no domínio da natureza denominado de “mares de morros florestados”. O estudo não intenciona tratar da totalidade da região metropolitana de Vitória, que conta com sete municípios e cerca de 1.600.000 habitantes (Brasil, 2010). A pesquisa tem como propósito abordar os espaços livres da capital e sua contiguidade urbana, envolvendo deste modo, Vitória e parte dos municípios de Vila Velha até o Rio Jucu, Cariacica até a Reserva Biológica de Duas Bocas, Serra até o Monte do Mestre Álvaro, abrangendo, porém todo o litoral. O interesse é abordar o sistema de espaços livres na região onde a urbanização se apresenta de modo mais expressivo.

Vitória, posicionada no centro da área de estudo, apresenta parte do município em ilha e parte em área continental. A ilha conta com expressiva montanha denominada Maciço Central e outros morros de menor porte, praias e extenso manguezal ao norte que alcança continuidade sobre a área continental do município e os municípios vizinhos de Serra e Cariacica. Estes também apresentam áreas montanhosas de significativo porte. Serra conta ainda com sistema hídrico com lagoas próximas ao litoral, praias e falésia. Ao sul, o município de Vila Velha, conta com relevo acentuado somente nas áreas próximas à baía de Vitória, apresentando restinga e amplo litoral de praias. Do ponto de vista da história de ocupação, Vitória encontra-se entre as cidades mais antigas do Brasil, de colonização portuguesa, no século XVI, passando a ocupar a posição de sede da capitania no lugar Vila Velha, por questões de segurança interna, referente aos índios presentes no território, e externa referente aos invasores de nacionalidades diversas (Novaes, s.d.; Oliveira, 1975).

O Espírito Santo, contou com ocupação em diversos pontos do litoral, especialmente em regiões onde se verificou a presença de jesuítas. Após expulsão destes do Brasil, e até meados do século XIX, a região não alcançou desenvolvimento econômico significativo. A partir de então, com a chegada intensiva de imigrantes europeus, especialmente, italianos, desenvolveu-se uma rede de cidades no interior; a economia se tornou mais próspera, relacionada à cultura do café (Novaes, s.d.; Oliveira, 1975). Em função do comércio e da exportação deste produto, a cidade de Vitória obteve destaque, recebendo melhoramentos e infraestrutura urbana, expandindo-se e articulando-se com os municípios vizinhos. Na segunda metade do século XX, a região passou a apresentar porte metropolitano e desenvolvimento econômico voltado à grande indústria siderúrgica (Rocha & Moradi, 1991).

Atualmente, a região conta com importante porto marítimo, exportando minério e grãos do centro oeste brasileiro, mantendo elevado potencial logístico tendo em vista sua posição central no vasto litoral brasileiro e contando com rodovias nacionais que atravessam o país de norte a sul e no sentido leste e oeste. Esta dinâmica metropolitana ao mesmo tempo em que fornece ganhos econômicos ao lugar pode comprometer a manutenção dos espaços livres atualmente existentes, bem como sua condição sistêmica. Estes são, portanto, aspectos desenvolvidos a diante.



Figuras 1: Localização da área de estudo com destaque para o Estado do Espírito Santo no Brasil, a Grande Vitória no Estado e Vitória e municípios vizinhos. (Vem tudo, 2014; IBGE, 2010).

2 ESPAÇOS LIVRES DA REGIÃO DE VITÓRIA

2.1 Características gerais

Com base na metodologia descrita, a Figura 2 reproduz o mapeamento da identificação e classificação dos espaços livres da região de Vitória. Esta classificação compreende três grupos: Espaços livres públicos de equilíbrio ambiental, Espaços livres públicos de práticas sociais e espaços livres potenciais. Os espaços livres públicos de equilíbrio ambiental abrangem em geral, áreas de significativo valor ambiental cobertas de vegetação; foram também, incluídos neste grupo os *campi* universitários e cemitérios, considerando serem espaços com vegetação, que não se enquadram nos outros dois grupos. No entanto, a característica principal deste grupo é englobar as unidades de conservação e outras áreas de valor paisagístico-ambiental (Mendonça et all., 2012).

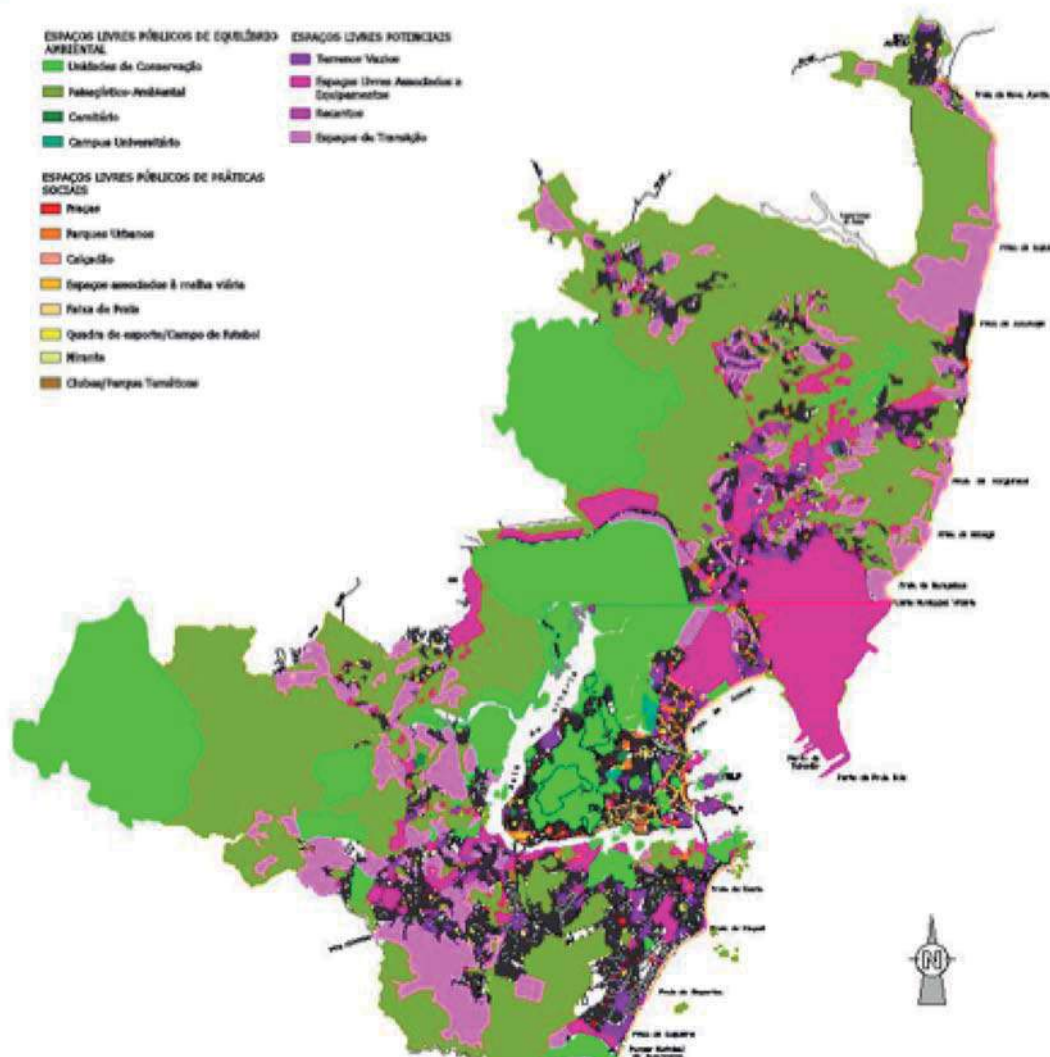


Figura 2: Sistemas de espaços livres de Vitória e municípios vizinhos. (Mendonça et all., 2012.).

Os espaços livres públicos de práticas sociais são de um modo geral, destinados à recreação, ao lazer e ao esporte. Neste grupo encontram-se praças, parques urbanos, “calçadão” - denominação atribuída às orlas marítimas urbanizadas -, espaços residuais associados à malha viária, faixa de praia – considerando aqui a faixa de areia propriamente dita e próxima ao mar, quadra de esporte, campo de futebol, mirante, clube e parques temáticos (Mendonça et all., 2012). Os espaços livres potenciais envolvem em geral, áreas privadas, que por suas

características e localização contam com potencial de transformação, com vistas a tornarem-se áreas urbanizadas, espaços livres de equilíbrio ambiental ou de práticas sociais. Encontram-se nesta classificação terrenos vazios, espaços livres remanescentes da ocupação de equipamentos como aeroporto, porto, áreas industriais, recantos e espaços de transição entre as áreas urbanas e rurais (Mendonça et al., 2012). Acompanhando o mapeamento produzido percebe-se a intensa presença na área de estudo dos espaços livres de equilíbrio ambiental, representados pelas cores em tons de verde. Esta observação remete à constatação de que são significativos os espaços livres a serem preservados, considerando suas características ambientais, merecendo atenção especial quanto ao processo de urbanização em curso, que pode modificá-los, reduzi-los e até mesmo, eliminá-los.

Também têm destaque na área de estudo os espaços livres potenciais, representados pelas cores em tons de rosa. Estes espaços estão diretamente comprometidos com o processo de urbanização tendo em vista abrigarem em grande parte áreas de expansão urbana e de transição entre o meio rural e urbano. Esta situação remete à necessidade de atenção quanto ao processo de urbanização para que a ocupação destas áreas possa ocorrer de modo a contribuir para a construção e ou manutenção do sistema de espaços livres. Notam-se ainda, com relação aos espaços livres potenciais, possibilidades de renovação ou reestruturação urbana, tendo em vista a obsolescência de áreas industriais ou portuárias. Neste caso, as diretrizes para a nova forma de ocupação devem garantir a integração do eventual novo uso proposto, com o ambiente do entorno, incluindo no que diz respeito a articulação de espaços livres.

Nota-se também, a partir do exame da Figura 2, que os espaços livres de práticas sociais apresentam dimensões bem mais reduzidas que os demais e estão concentrados no município de Vitória. A pequena dimensão é justificada por corresponderem a espaços livres de natureza distinta em relação aos anteriores, já que compreendem de um modo geral, espaços de recreação. A concentração destes espaços em Vitória permite concluir que a capital se encontra mais bem equipada que os demais municípios quanto aos espaços livres de práticas sociais, considerando quantidade e distribuição no território (Barcellos, 2009). A figura permite ainda perceber a articulação dos espaços livres, de modo a tornar nítida a presença de um sistema. No entanto, demonstra também a possibilidade de fragilidade do mesmo, considerando determinadas rupturas ocasionadas pela característica e pelo ritmo da forma de ocupação. Para uma reflexão sobre estes aspectos é importante analisar algumas especificidades deste sistema

2.2 Especificidades do sistema de espaços livres

Considerando as características físicas do sítio relativo à área de estudo, nota-se a presença de elementos naturais de valor significativo, a despeito do intenso processo de ocupação das últimas décadas. Quanto a este aspecto, um destaque importante deve ser feito ao Corredor Ecológico Duas Bocas- Mestre Álvaro, que se situa na região oeste – norte da área (Fig. 3).

O Corredor Ecológico abrange região de relevo acentuado a oeste envolvendo a Reserva Biológica de Duas Bocas no município de Cariacica e a norte envolvendo a Área de Proteção Ambiental do Mestre Álvaro no município da Serra, atingindo a nordeste região de planície envolvendo a bacia do Rio Jacaraípe e as Lagoas de Joara e Jacuném. Do mesmo modo em que o relevo se modifica, altera-se também a diversidade de fauna e flora do lugar.

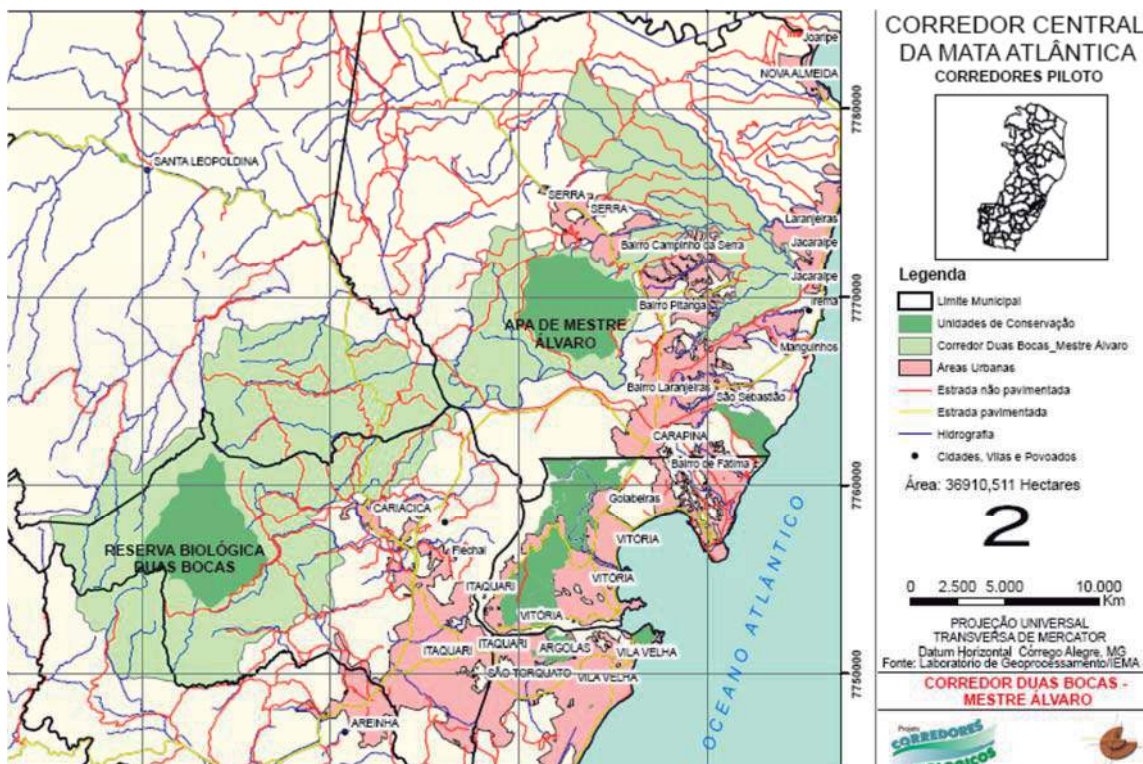


Figura 3: Corredor Ecológico Duas Bocas- Mestre Álvaro – Espírito Santo, Brasil. (SEAMA/IEMA, 2015)

A Estação Ecológica do Lameirão (Fig 4), extensa região de manguezal ao norte de Vitória, atingindo os municípios de Serra e Cariacica, constitui-se em ecossistema de relevância no contexto metropolitano. A Figura 3 permite constatar também, que mesmo considerando a amplitude e a importância do sistema de espaços livres que envolve o Corredor Ecológico, há riscos de ruptura desta contiguidade sistêmica, tendo em vista especialmente, a estreita faixa deste corredor a nordeste, entre a Área de Proteção Ambiental - APA do Mestre Álvaro e a bacia de Jacaraípe, sob pressão da ocupação urbana.



Figura 4: Estação Ecológica do Lameirão. Vitória, Espírito Santo, Brasil. Ao fundo, Monte do Mestre Álvaro no município da Serra. (SEAMA/IEMA, 2015)

3 CARCTERÍSTICAS DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

3.1 Aspectos gerais

Conforme já relatado, o processo de urbanização de Vitória desde a ocupação portuguesa no século XVI foi lento, até meados do século XIX (Novaes, s.d., Oliveira, 1975) intensificando-se a partir de então, ocasionando expansão da ocupação na região sul da ilha, onde hoje se localiza o Centro histórico do município. Esta expansão teve suporte na realização de aterros que viabilizaram a manutenção da capital em Vitória ao longo da República, instituída em 1889. Ainda no século XIX, Vitória recebeu projeto sanitaria, direcionando a expansão urbana para leste da ilha, ampliando a cidade em cerca de seis vezes (Brito, 1896, Campos Jr., 1986).

No início do século XX, foram implantadas diversas melhorias, modernizando a cidade e criando novas possibilidades de expansão. Neste contexto, se encontra a Ponte Florentino Avidos de 1928, que favoreceu a instalação de ferrovia até a capital, propiciando a permanência e melhoria do porto na ilha de Vitória. Dentre os melhoramentos urbanos se encontram também os serviços de infraestrutura urbana, como água, iluminação pública, transporte, criação de parque público, construção de *boulevard* entre outros, com o apoio do desenvolvimento econômico do Estado calcado na cultura e exportação do café (Prado, 2002).

Em meados do século XX, Vitória apresentava uma área urbana expandida a leste e oeste do Centro, que já tinha iniciado seu processo de verticalização de construções. Notava-se também a ocupação urbana em municípios vizinhos de modo contíguo a esta área central, situação que atinge proporções mais amplas nas décadas seguintes, estimulada por vários fatores. Dentre estes estão, a crise econômica ocorrida na agricultura culminando na erradicação dos cafezais, nas décadas de 1950 e 1960 e industrialização do estado com a instalação de complexos industriais de grande porte, nas décadas de 1970 e 1980 (Rocha & Morandi, 1991).

Com a transição da base econômica do estado, da agro-exportação cafeeira para a grande indústria siderúrgica, a capital adquire dimensões e problemáticas metropolitanas. Uma destas problemáticas se refere à intensificação de ocupação urbana e conseqüente redução de espaços livres.

3.2 Características atuais e tendências

Atualmente, a região metropolitana conta com outras áreas centrais, além do Centro de Vitória, com intensa ocupação do território e diversidade de comércio e serviço. Tratam-se, em geral, de áreas verticalizadas, o mesmo ocorrendo com as orlas marítimas, neste caso, porém, com predomínio de uso residencial. Percebem-se diferenças na ocupação e nas características de espaços livres, que variam conforme a localização e o período histórico de urbanização (Mendonça, 2013). Neste contexto, tem destaque o Centro de Vitória que mesmo apresentando intensa ocupação do lote e verticalização em área de expansão com traçado retilíneo, apresenta também, edificações do período colonial brasileiro em ruas de traçado sinuoso com a presença de praças. Por outro lado, bairros junto à orla, como a Praia do Canto, também verticalizado, conta com vias retas, mais largas e ocupação menos intensa do lote.

São extensos os bairros residenciais unifamiliares, variando entre os que contam com lotes pequenos e intensamente ocupados em ruas estreitas e com espaços livres públicos de recreação bastante limitados, os que apresentam terrenos amplos e ocupação rarefeita em ruas largas associadas a espaços livres públicos de lazer e contemplação e ainda, as situações intermediárias. Verifica-se com preocupação, a intensa ocupação de determinados morros, áreas de manguezal e aterros, alterando a paisagem e interferindo negativamente na estrutura e no sistema dos espaços livres.

No campo das tendências é importante registrar a expansão urbana nos municípios vizinhos à Vitória a partir da implantação de condomínios e conjuntos habitacionais, ocupando, tanto áreas

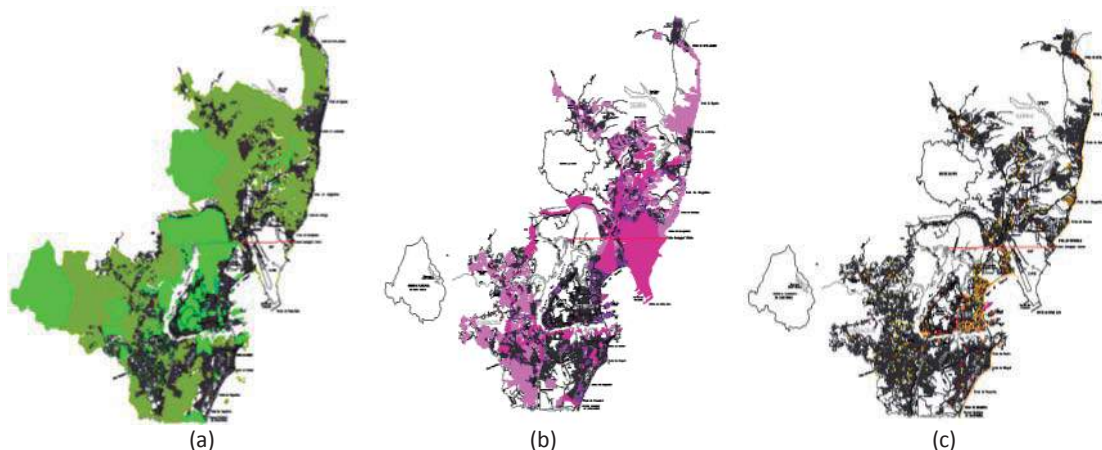
periféricas, quanto regiões intersticiais. Nota-se nestes casos, a criação de espaços livres associados às áreas residenciais, porém, privatizados e com forte ruptura em relação ao sistema de espaços livres públicos. Constata-se também, a presença de loteamentos industriais e instalações industriais de grande porte, ocupando áreas de interesse ambiental, comprometendo o sistema de espaços livres. Também atingem negativamente este sistema, ocupações denominadas espontâneas realizadas em geral por população de baixa renda para fins residenciais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando a análise da Figura 2 e decompondo-a (Figs 5), percebe-se com nitidez que os espaços livres de equilíbrio ambiental, em tons de verde, dominam de modo relevante o sistema de espaços livres na região de Vitória, sendo também bastante significativa a área referente aos espaços livres potenciais em tons de rosa. Considerando-se que este último corresponde, em grande parte, a áreas de expansão urbana e que estão próximos aos primeiros, percebem-se os riscos quanto à redução dos espaços livres de equilíbrio ambiental e a fragmentação cada vez maior de sua característica sistêmica.

Vitória, em posição central na área de estudo, mesmo sobressaindo quanto à presença de espaços livres de práticas sociais em relação aos demais municípios, apresenta uma história de ocupação em morros, manguezal e aterros, contando ainda com áreas naturais e extensas áreas livres em equipamentos de grande porte, com potencial de ocupação ou de integração ao sistema de espaços livres.

Vitória, em posição central na área de estudo, mesmo sobressaindo quanto à presença de espaços livres de práticas sociais em relação aos demais municípios, apresenta uma história de ocupação em morros, manguezal e aterros, contando ainda com áreas naturais e extensas áreas livres em equipamentos de grande porte, com potencial de ocupação ou de integração ao sistema de espaços livres.



Figuras 5. (a) Sistema de Espaços Livres de Equilíbrio Ambiental, (b) Potenciais e de Práticas Sociais de Vitória e municípios vizinhos, (c) Espírito Santo, Brasil.

Serra, ao norte da área, diante da tendência de ocupação com loteamentos industriais, condomínios e conjuntos habitacionais, realiza ocupação indevida de espaços livres, além da privatização dos mesmos. O mesmo se verifica no município de Cariacica, a oeste, mesmo que em proporção reduzida, especialmente com relação aos condomínios e empreendimentos industriais. Preocupa especialmente, em relação a estes municípios, a ruptura no corredor ecológico Duas Bocas – Mestre Álvaro.

Em Vila Velha, ao sul, a ocupação verticalizada na orla e a perspectiva de instalação de empreendimentos industriais e residenciais em espaços livres de equilíbrio ambiental constituem-se nas preocupações mais atuais.

Verificam-se assim, diante do processo de urbanização em curso, riscos de ampliação da fragmentação dos espaços livres, bem como, da gradativa eliminação dos mesmos.

Muito embora cada um destes municípios conte com plano diretor que regulamente forma de ocupação e preveja proteção das áreas consideradas de interesse ambiental, percebe-se a ineficácia destes no controle e estabelecimento de um sistema de espaços livres. Um aspecto desta ineficácia é verificado devido à transformação frequente deste tipo de norma, favorecendo determinado modelo de urbanização, sem reflexão quanto às consequências sobre o sistema de espaços livres. O outro aspecto refere-se à ausência de um plano voltado ao sistema de espaços livres, associado ao plano de ocupação, possibilidade que permitiria expectativas mais promissoras para a Grande Vitória.

REFERÊNCIAS

- Ab'Saber, A. 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial.
- Barcellos, L. N. Espaços livres públicos na região de Vitória – um estudo quanto à localização e à gestão de praças e parques. In: TÂNGARI, V. R., ANDRADE, R. de, SCHLEE, M. B. (org.) 2009. *Sistema de espaços livres: o cotidiano, apropriações e ausências*. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ.
- IBGE .- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - 2010. *Censo Demográfico 2010*. <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em 20/05/2014.
- Brito, F. S. R. de. 1896. Projeto de um Novo Arrabalde. Fac-símile de: Vitória, Comissão de Melhoramentos da Capital Rio de Janeiro: Xerox do Brasil.
- Campos Jr., C. T. de. 1996. O Novo Arrabalde. Vitória: PMV, Secretaria Municipal de Cultura e Turismo.
- Campos, A. C. A., Queiroga, E. F., Falender, F., Dedras, H. N., Akamine, R., Macedo, S. S. e Custódio, V. (org.) 2012. *Quadro dos sistemas de espaços livres nas cidades brasileiras*. São Paulo: FAUUSP.
- Carneiro, A. R. S. e Mesquita, L. de B. 2000. Espaços livres do Recife. Recife: Prefeitura da cidade do Recife/ Universidade Federal de Pernambuco.
- Lamas, J. M. R. G. (s/d) Morfologia urbana e desenho da cidade. Fundação Calouste Gulbenkian e Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica.
- Macedo, S. S., Queiroga, E. F. e Robba, F. 2006. Espaços livres e espacialidades da esfera de vida pública: uma proposição conceitual para o estudo de sistemas de espaços livres urbanos. In: VIII ENEPEA, *Livro de Actas* São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Magnoli, M. M. E. M. 1982. Espaços livres e urbanização: uma introdução a aspectos da paisagem metropolitana. Tese (Livre-docência). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.
- Mendonça,, E. M. S.. 2010. Oficinas de projeto como instrumento de reflexão sobre planejamento e gestão do sistema de espaços livres a partir das experiências do núcleo Vitória. In: V Colóquio QUAPÁ-SEL. *Livro de Actas* São Paulo: FAUUSP.
- Mendonça,, E. M. S., Silva, B. G. P., Figueiredo, M. C. B., Bettcher, R. C. 2012. Os ramais de integração do sistema de espaços livres de Vitória - ES nos municípios vizinhos In: CAMPOS, A.C.A., Queiroga, E.F., Falender, F., Degreas, H.N., Akamine, R., Macedo, S.S. and Custódio, V.(org.). *Quadro dos Sistemas de Espaços Livres nas cidades brasileiras*. 1 ed: 350-368 São Paulo : FAUUSP.
- Mendonça,, E. M. S. 2013 Sistema de espaços livres e forma urbana na ilha de Vitória, Espírito Santo, Brasil. In: PNUM 2013 Forma Urbana nos Territórios de Influência Portuguesa Análise, Desenho, Quantificação. *Livros de Actas* 978 – 993 Coimbra: Universidade de Coimbra.

Mendonça, E. M. S. 2014. Integrated approaches in Vitória workshop: a study on open space system and the urban form in Brazil. In: 21th International Seminar on Urban Form. Our common future in urban morphology ISUF *Book of Abstracts*. v. 1: 442-442. Porto: FEUP,

Miranda, C. L. P. De; Mendonça, E. M. S.. 2010. Oficina de projeto como atividade interativa em pesquisa: experiências acerca do Sistema de Espaços Livres – Núcleo Vitória. In: 10º Encontro Nacional de Ensino de Paisagismo em Escolas de Arquitetura e Urbanismo no Brasil. *Livro de Actas* Porto Alegre: FAUPUCRS.

Novaes, M. S. de. S.d. História do Espírito Santo. Vitória: Fundo Editorial do Espírito Santo.

Oliveira, J.S. de. 1975. História do Estado do Espírito Santo. 2ª ed. Vitória.

Panerai, P.; Castex, J.; Depaule J.-C. 1986. Formas urbanas: de la manzana al bloque. Barcelona: Editorial Gustavo Gili,

Prado, M. M.. 2002. A modernidade e seu retrato. (dissertação de mestrado) Salvador: Universidade Federal da Bahia.

Rocha, H. C.; Morandi, A. M. 1991. Cafeicultura e Grande Indústria: a transição no Espírito Santo - 1955-1985. Vitória: Fundação Ceciliano Abel de Almeida.

Santos, M. 1985. Espaço e método. São Paulo: Nobel.

Santos, M 1997. A natureza do espaço. Técnica e tempo. Razão e emoção. 2ª Ed. São Paulo: Ed. Hucitec.

Infraestrutura verde - estratégia para regeneração de espaços livres e qualidade do ambiente construído

Daniella do Amaral Mello Bonatto

Federal University of Espírito Santo - UFES, Department of Architecture and Urbanism, Vitória/ES, Brasil

daniella.bonatto@ufes.br

ABSTRACT: Open spaces are structural elements of the urban landscape and morphology. They structure the space and are the main support for the meeting space and the urban experience. However, urban development has caused loss of open spaces, reducing urban quality, degradation of landscapes and natural environments, and the exacerbation of bioclimatic problems. Regenerate the open spaces, implant landscapes balanced deploy and control the negative effects of urbanization are requirements for maintaining living conditions. From literature on the topic, this paper aims to discuss the importance of the quality of open spaces and green infrastructure as a planning and urban design which can qualify them. The methods used involved national and international literature on open spaces, sustainability, resilience, green and urban health infrastructure as well as case studies. The conclusion is that green infrastructure planning and urban design able to qualify and regenerate the free spaces strategy.

Keywords: open spaces systems; greenways; urban resilience; sustainability; urban health.

RESUMO: Os espaços livres são importantes elementos estruturadores da morfologia e paisagem urbana, estruturam o espaço e são o principal suporte para o encontro e a vivência urbana. Todavia, a evolução urbana tem ocasionado perda de espaços livres, diminuição da qualidade urbana, degradação da paisagem e dos ambientes naturais, além do agravamento de problemas bioclimáticos. Regenerar os espaços livres, implantar paisagens equilibradas e controlar os efeitos negativos da urbanização constituem requisitos para a manutenção das condições de vida. A partir de pesquisa bibliográfica sobre o tema, este trabalho objetiva argumentar sobre a importância da qualidade dos espaços livres e da infraestrutura verde como estratégia de planejamento e desenho urbano capaz de qualificá-los. Os métodos utilizados envolveram pesquisa bibliográfica nacional e internacional sobre espaços livres, sustentabilidade, resiliência, infraestrutura verde e saúde urbana, bem como estudos de caso. Conclui-se que a infraestrutura verde é estratégia de planejamento e desenho urbano capaz de qualificar e regenerar os espaços livres.

Palavras-chave: sistemas de espaços livres; infraestrutura verde; resiliência urbana; sustentabilidade; saúde urbana.

1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade os espaços livres, especialmente as praças, têm sido importantes elementos estruturadores da forma urbana, criando o sistema que lhe dá suporte e vitalidade. Lamas (1990) divide os espaços livres em duas categorias: “ruas e avenidas” - destinadas à circulação e “praças e parques” - projetados para a permanência. Ele define praça como o “lugar intencional do encontro, da permanência, dos acontecimentos, de práticas sociais, de manifestações de vida urbana e comunitária e de prestígio, e, conseqüentemente, de funções estruturantes”. O autor observa, ainda, que a definição de praça implica a “estreita relação do vazio (espaços de permanência) com os edifícios, os seus planos marginais e as fachadas”, que definem os limites das praças e qualificam seu entorno imediato (Mascaró & Bonatto, 2014).

A partir do século XVII observa-se uma preocupação crescente com os espaços livres públicos e a vegetação nas áreas urbanas e limítrofes, preocupação essa que pode ser verificada na produção do espaço urbano e de formulações teóricas. Como exemplos pode-se apontar: a *Place des Vosges* e a *Place Dauphine*, em Paris (primeira década de 1600); o Plano Haussmann (1853) criando uma hierarquia de áreas arborizadas integradas e divididas nas categorias de bulevares, praças, jardins públicos e parques urbanos; o Plano de Cerdá para a expansão de Barcelona (1859); a Cidade Linear de Soria Y Matta (1882), com forte arborização viária; as ideias de Camillo Sitte em seu livro “Construção das Cidades Segundo seus Princípios Artísticos” (1889), que valoriza os espaços públicos, principalmente suas praças e jardins, dotados de arborização, enfatizando seu papel como espaços de proteção e seu caráter unificador na cidade; a Cidade Industrial de Garnier (1901), que exaltava os espaços verdes como elementos isoladores das distintas funções e usos; “As cidades jardins de amanhã” (1902), de Howard e suas aplicações na implantação de cidades inteiras ou de bairros residenciais, influenciando a produção urbana em diversos países; ou mesmo a cidade modernista e as ideias da Carta de Atenas (1933), na qual a importância das áreas verdes é considerada fundamental, sobretudo para dar suporte às atividades de lazer e à implantação de equipamentos públicos coletivos.

Todavia, a evolução urbana tem mostrado, com maior agravo a partir da segunda metade do século XX, diversos e profundos efeitos negativos sobre as cidades - a perda de espaços livres, a diminuição da qualidade urbana, a degradação da paisagem e dos ambientes naturais, bem como o agravamento de problemas de ordem bioclimática.

Ao mesmo tempo em que as áreas livres públicas estruturam o espaço urbano, são o principal suporte espacial para o encontro e a vivência urbana. A degradação do espaço urbano - observada pela redução de áreas públicas de lazer, deficiência na arborização urbana, excessiva impermeabilização do solo, aumento da temperatura e criação de ilhas de calor, danos ambientais diversos, diminuição da qualidade da ambiência urbana e perda de qualidade de vida – constitui um problema que extrapola a esfera física/espacial, mas atinge o cerne mesmo da sociedade, visto que desencoraja o uso da rua e dos espaços livres como locais de encontro necessários para a manutenção das práticas sociais, cuja importância foi bem discutida no trabalho de Jane Jacobs, “Morte e Vida de Grandes Cidades” (1961).

2 A VEGETAÇÃO NAS ÁREAS URBANAS

As massas vegetadas e a infraestrutura verde prestam diversos serviços ambientais - produção de alimentos, manutenção da qualidade da água, controle de erosão, qualidade do solo, qualidade do ar, regulação de enchentes, valores estéticos, recreação e ecoturismo e regulação climática (O’Reily et al, 2013).

A rede viária tradicional, asfaltada, é a maior responsável pela impermeabilização do solo urbano e pela formação de ilhas de calor. O sombreamento por arborização urbana é desejável e necessário, por grande efeito sobre o microclima, sendo mais eficiente do que marquises e outros elementos horizontais. A vegetação atua sobre os elementos climáticos, contribuindo para o controle da radiação solar, temperatura, umidade, ação dos ventos, ação da chuva e da poluição – sendo condição necessária para a resiliência urbana. A forma de atuação das massas vegetais vai variar com o tipo de vegetação presente, seu porte, idade, época do ano, formas de associação (se isoladas ou em conjunto; se com uma única espécie ou várias misturadas; diversidade de porte, de copa e folhagem) e dos recintos urbanos no seu entorno. A folhagem de uma árvore absorve e transforma a radiação solar, diminuindo a radiação que chega às superfícies. Sob a cobertura vegetada a umidade relativa do ar é maior, devido à evapotranspiração, o que não ocorre no sombreamento por edifícios. A temperatura sob uma cobertura vegetada é mais fresca, sendo entre 5 e 10 °C mais baixa que nas áreas ensolaradas (Mascaró & Mascaró, 2009).

Portanto, a presença de massas vegetadas é fundamental para garantir condições mínimas de conforto ambiental em áreas urbanizadas: auxiliam o trabalho preventivo em relação aos problemas ambientais, conferindo maior resiliência frente às alterações climáticas e impactos negativos dos processos de urbanização; promovem a regeneração de espaços já degradados; e podem qualificar os espaços livres de ruas, praças e parques, configurando um ambiente urbano agradável e atrativo.

A infraestrutura verde tem se mostrado apropriada para a requalificação urbana e ambiental em áreas urbanas, constituindo elemento de planejamento e desenho que possibilita integrar esses dois enfoques. Sendo assim, torna-se necessário explicitar o que é infraestrutura verde, seus benefícios e aplicações, demonstrando sua importância para o planejamento e o desenho urbanos.

3 PLANEJAMENTO A PARTIR DO CONCEITO DE CORREDORES VERDES URBANOS

As cidades vêm sendo urbanizadas e planejadas com base no planejamento tradicional - pautado no zoneamento e regulamentação do uso do solo, com excessiva ênfase na infraestrutura cinza. De forma que, quando se fala em infraestrutura, é na infraestrutura cinza que se pensa – sistema viário, água, esgoto, drenagem, iluminação. Esse tipo de infraestrutura é monofuncional e possui excessivo enfoque no sistema viário.

O planejamento ambiental, por seu turno, costuma tratar apenas da definição de áreas de preservação e de restrições de uso, observando a preservação da fauna e da flora, sem, entretanto, considerar seu potencial para suporte a atividades humanas de esporte, lazer e turismo. As áreas livres e verdes recebem tratamento pontual e não são entendidas e tratadas como um sistema de espaços livres, de suporte das áreas urbanizadas.

No que concerne à arborização, mesmo em casos onde o município possui um Plano de Arborização Urbana, muitas vezes não é aplicado conforme o previsto e recomendado, sendo alvo de cortes de verba sempre que se faz necessário enxugar custos.

Na administração pública é comum a secretaria de planejamento e desenvolvimento urbano trabalhar separada e sem diálogo com a secretaria do meio ambiente, reforçando aos enfoques setoriais e a briga histórica entre a preocupação ambiental e a preocupação urbana, por muito tempo consideradas incompatíveis. O planejamento urbano tradicional, portanto, trabalha isoladamente, desarticulado do planejamento ambiental e mesmo da paisagem, reforçando essa dicotomia. Por outro lado, o planejamento ambiental também não encontra força suficiente para se sobrepor e orientar as intervenções no espaço, enfrentando dificuldade de trabalhar integrado com o urbano e prevenir a fragmentação da paisagem.

Embora a infraestrutura cinza seja fundamental para que uma cidade funcione minimamente, pode comprometer drasticamente a paisagem urbana e a qualidade do ambiente construído se for privilegiada ou tomada isoladamente de uma abordagem que considere as questões ambientais no seu planejamento. A infraestrutura viária, interfere negativamente nas dinâmicas naturais, ocasionando diversos problemas urbanos de origem ambiental, tais como supressão de áreas naturais, formação de ilhas de calor, inundações e alagamentos por conta da impermeabilização do solo, desmoronamentos, entre outros.

Esse entendimento tem levado à valorização da infraestrutura verde e a movimentos como o “*Grey to Green*”, na Europa e América do Norte, que promovem uma transformação na forma de realizar o planejamento urbano, considerando a infraestrutura verde como necessária na transformação das cidades, da paisagem urbana, da interface entre urbano e rural.

Infraestrutura verde corresponde a redes de espaços verdes, água e sistemas ambientais, dentro, ao redor e além de áreas urbanas. Ela inclui árvores, parques, jardins, beira de estradas, loteamentos, cemitérios, florestas, rios, áreas alagáveis e costeiras (CABE, 2014).

3.1 Corredores verdes

Ahern (2002) salienta que, embora haja entendimento comum sobre os benefícios da proteção dos elementos e redes naturais, há pouco consenso sobre o termo “greenways”, o qual tem sido aplicado a uma ampla gama de conceitos, planos e estratégias, resultando em limitação da comunicação e troca de conhecimento sobre o tema. Encontramos na literatura brasileira a tradução para “infraestrutura verde” ou simplesmente a “corredores verdes”.

Infraestrutura verde diz respeito a redes multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, interconectados (incluindo ruas, bem como propriedades públicas e privadas) que estruturam a paisagem, formando corredores e manchas. Tem como objetivo estabelecer uma conexão entre as áreas naturais vegetadas, bem como as áreas construídas, podendo integrar as paisagens natural e construída e melhorar as urbanas e naturais. Deve, para tanto, ser considerada componente das redes de infraestrutura urbana e planejada conjuntamente, de forma a integrar o planejamento urbano e o planejamento ambiental.

Ahern (2002) define corredores verdes como “sistemas e/ou redes de áreas protegidas manejadas para múltiplos usos: proteção da natureza, manutenção da biodiversidade, dos recursos hídricos, recreação e proteção dos recursos culturais e históricos”. Frischenbruder & Pellegrino (2006) consideram corredores verdes os espaços abertos lineares que desempenham diversas funções ecológicas como conexão entre fragmentos de vegetação, proteção dos corpos hídricos, conservação da biodiversidade, manejo das águas das chuvas, promoção de múltiplos usos pela população (recreação, transporte), promoção da coesão social.

Charles Little, autor do livro *Greenways for American* (1995) apresenta um conjunto abrangente do que podem ser considerados corredores verdes: um espaço linear ao longo de um corredor natural (como rio, vales junto a córregos, margens de estradas de ferro convertidas em áreas de lazer, canais); qualquer caminho natural ou paisagístico para passagem de pedestres ou ciclovias; uma conexão aberta ligando parques, reservas naturais, elementos culturais ou locais históricos entre si ou com áreas habitadas; localmente, certas faixas ou parques lineares designados como avenidas-parque (*parkways*) ou cinturões verdes (*greenbelts*) (apud Ahern, 2002).

Cabe, entretanto, salientar, que há uma distinção de propósito na implantação de infraestrutura verde com fins de preservação de ecossistemas e com fins de suporte às atividades humanas. A preservação de ecossistemas requer estudos mais detalhados e simulações, a fim de se evitar que a conexão dos espaços verdes leve à exposição acentuada de espécies. Já o suporte para as atividades humanas envolve áreas verdes e molhadas com escala menor, comumente com ecossistemas menores e menos complexos. Pode-se, portanto, trabalhar o conceito de corredores verdes de diversas formas, propósitos e escalas. Neste artigo enfocamos os corredores verdes para suporte às atividades humanas.

3.2 Benefícios dos corredores verdes

Ahern (2002) faz uma síntese dos benefícios apontados por diferentes bibliografias segundo categorias de benefício da infraestrutura verde: i) Lazer - oportunidades de recreação baseadas nos recursos naturais, especialmente ao longo dos corredores através de paisagens rurais e urbanas (Tzolova, 1995); ii) Proteção dos Recursos Históricos e Culturais - vinculação de recursos culturais e históricos, particularmente aqueles com fortes associações à paisagem natural (Little, 1990; LaCour, 1991; Smith & Hellmund, 1993; Fabos et al, 1993); iii) Desenvolvimento urbano - utilização estratégica de vias verdes para controlar e definir a interface urbano-rural (MacKaye, 1928; Ryder, 1995; Walmsley 1995); iv) proteção, restauro e gestão dos recursos hídricos, incluindo as planícies aluviais, corredores de fluxo, de recarga/descarga, áreas subterrâneas e zonas úmidas (Binford & Buchenau, 1993; Ndubisi et al, 1995); v) Biodiversidade – os corredores verdes podem ser uma estratégia de planejamento através da proteção, criação, articulação e gestão de habitats.

Cabe, entretanto, destacar que os corredores verdes urbanos possuem propósito e características um tanto diferentes que os corredores verdes com o propósito de preservação da biodiversidade. A área urbana e supressão de áreas verdes, bem como a pouca disponibilidade de áreas livres impõem uma escala menor aos corredores verdes urbanos, que aproxima a presença do homem e dificulta a presença e manutenção de certas espécies animais. Os corredores verdes para fins de preservação da biodiversidade requerem estudos e projeções específicas.

Por outro lado, se tomarmos os corredores verdes urbanos, como suporte às atividades humanas, pode-se dizer que a existência ou implantação de corredores verdes conforma um ambiente com maior resiliência urbana, entendida como a capacidade que determinada cidade tem de reagir às agressões e adversidades – o que envolve diretamente suas características físicas, seu sistema de espaços livres – distribuição e qualidade. Neste sentido, os benefícios que pode trazer são: maior adaptação às mudanças climáticas, por reduzir as ilhas de calor urbano, diminuindo a temperatura e aumentando a umidade do ar; melhoria da qualidade do ar, auxiliando na captura de CO₂; melhoria os sistemas de drenagem de águas pluviais; favorecimento das atividades de lazer; promoção do bem estar físico e mental; melhoria da paisagem, do ambiente urbano e da qualidade de vida, tornando os ambientes construídos locais mais agradáveis e atrativos.

3.3 Planejamento a partir do conceito de corredores verdes e alguns exemplos de aplicações

Ahern (2002) define “greenway planning” como uma ação estratégica que integra teorias da ecologia da paisagem com teorias e métodos de planejamento da paisagem que focam na implementação de uma rede de corredores verdes de áreas protegidas, mantidas para múltiplos usos compatíveis. Aponta a eficiência estratégica e espacial dos corredores verdes para a proteção e manejo de terras devido ao fato de que os recursos naturais não são distribuídos aleatoriamente, mas concentrados em corredores.

O trabalho de Forman & Godron (1986) introduziu os termos chaves no estudo da ecologia da paisagem: manchas, corredores e matrizes ou zonas de amortecimento. As manchas são áreas relativamente pequenas, com alguma homogeneidade – como vegetação nativa, plantações e mesmo ocupações humanas - que têm estrutura e função diferente à da paisagem do seu entorno. Os corredores são uma superfície linear homogênea que geralmente têm certas funções acentuadas devido à sua forma linear, e que se distingue do entorno. A matriz é o elemento mais extenso da paisagem, corresponde a uma superfície homogênea sobre a qual estão dispostas as manchas e os corredores (Bentrup, 2008; Hellmund & Smith, 2006; Forman & Godron, 1986).

A infraestrutura verde utiliza soluções que trabalham de forma incorporada com espaços vegetados – naturais e construídos - e os ciclos hidrológicos, promovendo a preservação da paisagem e qualidades naturais, prestando serviços ecológicos e dando suporte às atividades humanas. As manchas e corredores de vegetação constituem elementos fundamentais para a manutenção da biodiversidade, a qualidade da paisagem natural e construída e a preservação dos serviços ambientais e de suporte às atividades humanas de lazer. Um exemplo de esquema conceitual de corredores verdes para áreas urbanizadas é apresentado por Bentrup (2008), mostrando a conexão na paisagem urbana, ligando áreas naturais, zonas de amortecimento e espaços livres urbanos, atendendo a diferentes usos e funções.

Falar na multifuncionalidade da infraestrutura verde ou corredores verdes significa falar dos serviços ecológicos que ela presta, do aspecto estético, da função de escoamento de águas pluviais e de suporte para atividades humanas de lazer e esporte. A infraestrutura verde qualifica a paisagem, através de suas massas vegetadas, de diferentes tamanhos e configurações, promovendo a qualidade do ambiente onde está implantada.

A despeito de todas as evidências sobre os benefícios da implantação da infraestrutura verde e

vasta lista de casos de sua implantação, sobretudo nos EUA e na Europa, seu uso é pouco observado no Brasil e mesmo os estudos são escassos.

No Brasil a pesquisa e proposição sobre infraestrutura verde tem crescido, sobretudo nos núcleos universitários. Para citar alguns exemplos, a pesquisa do estado da arte permitiu levantar diversos trabalhos com estudos de caso e proposições para cidade de São Paulo-SP (PMSP/DEPAVE, 2012), Passo Fundo-RS (Mascaró & Bonatto, 2013), Alegre-RS (Souza, 2012), Serra-ES (Luchi et al, 2011), Itá-SC (Souza, 2009), Vitória-ES (Penteado & Alvarez, 2007). Entretanto, sua implantação ainda não se difundiu conforme o necessário. Para ilustrar a capacidade da aplicação de infraestrutura verde para a requalificação do espaço urbano, sobretudo os espaços livres, apresentaremos a seguir dois exemplos implantados.

Um exemplo de implantação no interior de S. Paulo foi a renaturalização do Córrego Tijuco Preto e da nascente do Córrego São Rafael, na cidade de S. Carlos-SP (Anelli 2007). Este projeto estava inserido em um plano mais abrangente – O Plano de Drenagem Urbana de São Carlos, que visava amenizar e resolver os diversos problemas que a cidade enfrentava, tais como drenagem inadequada dos loteamentos, erosões e inundações. O projeto foi implantado pela Secretaria de Obras, à época que estava à frente um Arquiteto Urbanista, professor da USP, tendo participação de outros professores. O córrego está localizado em área loteamento e se encontrava tamponado no ano de 2001 (fig. 1).



Figura1. (a) Córrego Tijuco Preto tamponado (2001) (b) Tijuco Preto após a renaturalização (2008).

Esta área entre o final do loteamento e uma área de reserva abriga uma nascente que estava toda erodida devido à infraestrutura de drenagem ineficiente. A obra visou estabilizar as erosões com um sistema de manta geotêxtil e desvio das águas pluviais, permitindo que a vegetação crescesse para proteger os olhos d'água (fig. 2).

Os exemplos implantados em São Carlos contribuíram para a redução do problema de enchentes e erosão, como permitiram uma requalificação das áreas livres no entorno dos córregos, além da melhoria ambiental da área.



Figura2. (a) Estabilização das encostas e escadas para dissipar a energia das águas pluviais e evitar erosões na área verde existente à jusante (b) Renaturalização da nascente do córrego S. Rafael poucas semanas depois do final da obra (c) Vista aérea da renaturalização da nascente do S. Rafael, cerca de um ano após a obra

Outro exemplo de infraestrutura verde para drenagem de águas pluviais foi a implantação em 2012, pela Prefeitura Municipal de São Paulo, de um sistema de jardins de chuva em São Paulo, no Horto do Ipê, com o objetivo de reduzir o impacto que a impermeabilização das obras poderiam gerar, o que seria um agravante dos problemas da região da Bacia do Pirajussara, que já

apresentava mais de 70% de impermeabilização (PMSP/DEPAVE, 2012). Esse sistema foi implantado com a premissa de trazer uma compensação hídrica ambiental para a cidade. O jardim é dividido em três partes, com pedras e vegetação para reduzir a velocidade da água, separadas por vertedores (fig. 3) e utiliza mantas geotêxteis sobre a camada de pedrisco.

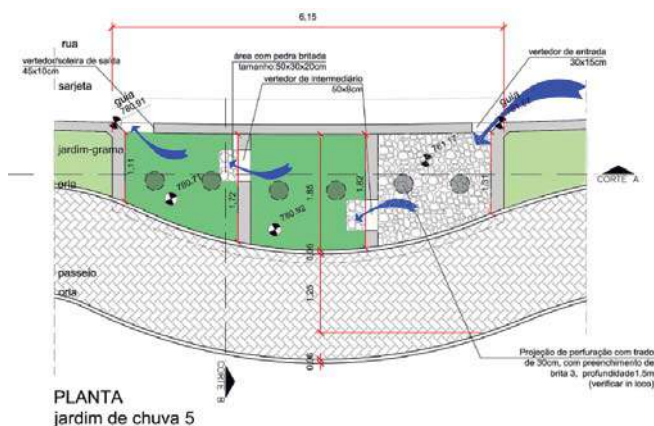


Figura 3. Planta de jardim de chuva. (PMSP/DEPAVE, 2012).



Figura 5. Fotos da obra. (PMSP/DEPAVE, 2012).

A avaliação do jardim de chuva feita pelo Departamento de Áreas Verdes da Prefeitura Municipal de São Paulo através de vistoria em dias de chuva indica que os compartimentos foram bem dimensionados e que a água era infiltrada já no primeiro vertedor, de brita, não havendo excesso de água no jardim.



Figuras 6. Fotos do jardim de chuva já implantado. (PMSP/DEPAVE, 2012).

As estratégias implantadas apresentadas aqui constituem exemplos de melhoria das condições ambientais e urbanas, melhoria das dinâmicas hídricas e regeneração urbana. Contribuem, ainda, demonstrando que já possibilidade de (re)pensar nossas cidades a partir dos princípios da ecologia da paisagem, em que se baseia a infraestrutura verde, bem como de efetivamente implantar soluções de infraestrutura verde nas cidades brasileiras, desmistificando-as como aplicáveis somente em “países desenvolvidos”, da Europa e EUA por exemplo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos problemas com os sistemas de espaços livres são observados nas cidades contemporâneas: escassez de áreas verdes; espaços livres públicos em pequena disponibilidade e mal distribuídos; arborização urbana deficiente e mal distribuída, bem como a dificuldade de se verificar a existência de critérios técnicos utilizados na sua implantação; variações nas dimensões das calçadas, sendo algumas estreitas demais; vegetação das calçadas em conflito com edificações e redes de infraestrutura urbana; destacando-se a desqualificação urbana, notadamente sob o ponto de vista da arborização.

A manutenção adequada das condições de vida nas cidades depende da regeneração dos espaços livres, da existência de paisagens equilibradas entre o construído e os vazios e do controle dos efeitos negativos da urbanização acentuada, o que contribui ainda para a preservação dos ambientes naturais.

No que concerne ao planejamento, o desafio está em tomar-se a paisagem como um todo – a natural e a construída – e em se criar a interface necessária para o planejamento que integre as necessidades urbanas e ambientais, o suporte às atividades humanas e a manutenção da qualidade ambiental.

Nesse sentido a infraestrutura verde se configura como uma estratégia de planejamento que alia a preocupação com a qualidade e funcionalidade do suporte natural e do ambiente construído. Possibilita a requalificação dos espaços livres – a rua, as praças e parques, bem como as áreas de preservação, especialmente as mais inseridas na malha urbana - reforçando-os como fundamentais para a resiliência urbana, a qualidade de sua ambiência, a qualidade de vida e a manutenção das relações sociais. A existência de espaços livres com qualidade – em quantidade e distribuição adequada, com a devida arborização e permeabilidade urbana adequada às dinâmicas pluviométricas locais – favorece o pedestrianismo, as atividades ao ar livre, a interação social e as saúdes individual e urbana.

A bibliografia e os exemplos de implantação no Brasil demonstram que a infraestrutura verde é uma estratégia promissora para integrar os planejamentos urbano e ambiental, possuindo grande potencial para o alcance da regeneração urbana e da qualidade de sua ambiência, qualificando os sistemas de espaços livres e promovendo uma maior resiliência em áreas urbanas.

Conclui-se, ainda, que ampliar a compreensão sobre o espaço urbano, sobre a relação indissociável entre paisagem natural e paisagem construída, entre o desenho urbano tradicional e o desenho urbano com conexões na paisagem são condições para a sustentabilidade urbana, mas também, e antes, para a própria formação do arquiteto urbanista e dos planejadores urbanos. Desta forma, além de trabalhar a infraestrutura verde no campo do planejamento da paisagem, entendemos que é preciso que seja incorporada no ensino de planejamento e desenho urbano, de forma a contribuir para as transformações necessárias a partir da base, a partir de quem planeja as cidades. Cabe aos pesquisadores propormos soluções factíveis e disseminar experiências implantadas, de forma a ampliar o conhecimento sobre as potencialidades da infraestrutura verde para a regeneração do ambiente construído.

REFERÊNCIAS

Ahern, Jack. 2002. *Greenways as Strategic Landscape Planning: Theory and Application*. Wageningen: Wageningen University.

Anelli, Renato L. S. 2007. *Recuperação de cursos d'água e nascentes associados à revisão da ocupação viária estrutural de fundo de vale em São Carlos-SP (2001-2005)*. In Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais do Parcelamento do Solo. APP Urbana 2007 *Livro de Actas*

Bonato, Daniella A.M. 2014. *Corredores verdes e resiliência urbana: entre o planejamento urbano e o planejamento*

da paisagem. In 12º Encontro Nacional de Ensino de Paisagismo em Escolas de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. *Livro de Actas* Vitória : UFES. <http://enepea2014.wix.com/enepea> Acessado em 02/09/2014.

Bentrup, Gary. 2008. Conservation buffers: design, guidelines for buffers, corridors, and greenways. Asheville: Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station.

Commission for Architecture and the Built Environment - CABE. 2011. Sustainability. In Web archives - National Archives. <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110118095356/http://www.cabe.org.uk/sustainability>

Prefeitura Municipal de S. Paulo/DEPAVE – Departamento de Parques e Áreas Verdes. 2012. Prêmio As Melhores Práticas de Estágio na PMSP 6ª edição. São Paulo: DEPAVE.

Forman, R.T.T.; Godron, M. 1986. Landscape ecology, New York:John Wiley and Sons.

Ferreira, L. S. et al 2013. Diretrizes de Infraestrutura Verde Para o Desenho Urbano: um exercício de planejamento paisagístico na área da Luz, São Paulo. In *Revista LABVERDE* 6: 191-218. Sao Paulo.

Franco, M. A. R. 2010. Infraestrutura Verde em São Paulo: o caso do Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos. In *Revista LABVERDE* 1:135-154. Sao Paulo

Frazão, D. M. M. et al 2012. Infraestrutura Verde e Jardim de Chuva. In Prêmio As melhores Práticas de Estágio na PMSP (6), São Paulo.

Frischenbruder, M.T.M & Pellegrino, Paulo. 2006. Using greenways to reclaim nature in Brazilian cities. In *Landscape and Urban Planning*. Vol. 76,Nos. 1-4, :67-78. Elsevier.

Hellmund, P.C. & Smith, D.S. 2006. Designing Greenways – Sustainable landscapes for nature and people. Washington : Island Press.

Lamas, J. M. R. G. 1990. Morfologia urbana e desenho da cidade. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian.

Lima, Suelen S. M; Dornellas, Wagner A.; Alberto, Klaus C. 2013. Áreas verdes urbanas e saúde da população: uma revisão de pesquisas experimentais. In IV Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e I Encontro Nacional de Tecnologia Urbana. –SIMPGEU/ENTUB. *Livro de Actas*. Rio de Janeiro: UFRJ.

Luchi, Ana Luiza R.; Collodetti, Renata; Caser, Karla. 2011. Proposta de Infraestrutura Verde: estudo de casos em Serra-ES. In VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis-Euro-ELECS (7), *Livro de Actas* Vitória: UFES.

Mascaró, Juan J.; Bonatto, Daniella A. M. 2014. O sistema de espaços livres de Passo Fundo-RS: escassez e descontinuidade. In IX Colóquio Quapá-Sel Forma Urbana contemporânea brasileira: espaços livres, produção e apropriação. *Livro de Actas*. Vitória, ISBN 978-85-8089-027-3.

Mascaró, Lúcia & Mascaró, Juan J. 2009. *Ambiência urbana - Urban environment*. 3a. ed. Porto Alegre: + 4 Editora.

O’Reily, Érika M.; Magalhães, Vinícius M.; Rossi, Angela Maria G. 2013. O impacto da infraestrutura verde na qualidade de vida e no meio ambiente. In IV Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e I Encontro Nacional de Tecnologia Urbana. –SIMPGEU/ENTUB. *Livro de Actas*. Rio de Janeiro: UFRJ.

Penteado, H. M.; Alvarez, C E. 2007. Corredores verdes urbanos: estudo da viabilidade de conexão das áreas verdes de Vitória. In *Paisagem e Ambiente*, v. 24 : 57-68.

Ribeiro, Maria Eliana J. 2010. Infraestrutura verde: uma estratégia de conexão entre pessoas e lugares – por um planejamento urbano ecológico para Goiânia. Tese (mestrado). São Paulo: FAUUSP.

Souza, Daniele T. P.2012. Corredores verdes: uma abordagem para o seu planejamento em municípios de pequeno porte. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto Alegre: UFRGS.

Souza. Fabíola B.. 2009. Uma infraestrutura verde para áreas em urbanização junto a reservatórios: o caso de Itá (SC). Dissertação. São Paulo: FAUSP.

Suzumura, G. Y. R. 2012. Hipóteses de Infraestrutura Verde Para Criação do Parque Linear Brás-Lapa. In *Revista LA-BVERDE* 5: 52-74.

Espaços livre e urbanização brasileira: da conservação ambiental à esfera pública

Eugenio Fernandes Queiroga

Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Projeto, São Paulo, Brasil
queiroga@usp.br

ABSTRACT: This paper discusses how the valuation of environmental issues expressed by successive advances in Brazilian federal legislation, has ensured the conservation of environmental interest areas and what their relations with the public sphere in urban areas. The 1988 Constitution has allocated specific chapter on environment and led to the appreciation of environmental issues, including in urban areas. In 1989, federal law has imposed the implementation of the Forest Code in urban areas, especially in relation to areas of permanent preservation - APPs. Such APPs constituted on reserved open spaces in urban areas, but not always effectively, to its primary purpose, whether for public appropriations. Normative resolutions sought to reconcile the APPs to urban demands. In 2000, it's establishing the National System of Conservation Units, with repercussions in the urban environment. The contemporary urbanization is a complex mosaics, several spaces for environmental conservation may also contribute to the public sphere.

Keywords: Areas of Permanent Preservation; Urban Areas; Urbanization; Environmental Conservation

RESUMO: Discute-se como a valorização de questões ambientais, expressa por sucessivos avanços na legislação federal brasileira, vem garantindo a conservação de espaços livres de interesse ambiental e quais suas relações com a esfera pública nas áreas urbanas. A Constituição de 1988 destinou capítulo específico sobre o meio-ambiente e induziu à valorização da questão ambiental, inclusive em meio urbano. Em 1989, lei federal impôs a aplicação do código florestal em áreas urbanas, sobretudo em relação às áreas de preservação permanente – APPs. Tais APPs se constituíram em espaços livres reservados em meio urbano, porém nem sempre de maneira eficaz, seja para sua finalidade precípua, seja para apropriações públicas. Resoluções normativas procuraram conciliar as APPs às demandas urbanas. Em 2000, institui-se o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, com rebatimentos no meio urbano. A urbanização contemporânea constitui mosaicos complexos, diversos espaços destinados à conservação ambiental podem contribuir também para a esfera pública.

Palavras-chave: Áreas de Preservação Permanente; Meio Urbano; Urbanização; Conservação Ambiental

1 INTRODUÇÃO

Em 2006 iniciou-se pesquisa sobre sistemas de espaços livres – SELs - em cidades brasileiras, constituindo a Rede Nacional de Pesquisa QUAPÁ-SEL, formada por pesquisadores de universidades de todas as macrorregiões do país. A Rede QUAPÁ-SEL é coordenada pelo Laboratório Quadro do Paisagismo - Lab-QUAPÁ - da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - FAUUSP. Um primeiro projeto foi concluído em 2011, relacionando SELs e a esfera pública contemporânea. Atualmente está em curso projeto que investiga SELs na constituição da forma urbana brasileira, tendo como estudos de caso trinta e cinco cidades e metrópoles de todas as macrorregiões do país, de cidades médias (Santa Maria – RS, São Carlos – SP, Campos dos Goytacazes – RJ, Uberaba – MG, Uberlândia – MG, Campina Grande – PB entre outras), metrópoles regionais (Maringá – PR, Baixada Santista – SP, Sorocaba – SP e Campinas –

SP), capitais e metrópoles estaduais (Florianópolis – SC, Curitiba – PR, Belo Horizonte – MG, Vitória – ES, Salvador – BA, Maceió – AL, Recife – PE, João Pessoa – PB, Natal – RN, Fortaleza – CE, São Luís – MA, Belém – PA, Macapá – AP, Manaus – AM, Rio Branco – AC, Palmas – TO e Campo Grande – MS), até as grandes metrópoles nacionais (São Paulo – SP, Rio de Janeiro – RJ e Brasília – DF). O projeto conta com apoio de várias agências de fomento à pesquisa (CNPq, FAPESP, FAPERJ, FAPEMIG entre outras). Vários procedimentos de pesquisa são adotados, cotejando e formulando princípios teóricos mediante revisão bibliográfica, produção de cartografia temática realizada a partir de imagens de satélite e de dados censitários e realizando colóquios para o debate com dezenas de pesquisadores da Rede QUAPÁ-SEL.

Esse trabalho faz reflexão sobre parte dos dados já sistematizados da pesquisa QUAPÁ-SEL, discutindo como a valorização de determinadas questões ambientais, expressa por sucessivos avanços na legislação federal, vem garantindo a conservação de espaços livres de interesse ambiental e quais suas relações com a esfera pública nas áreas urbanas. Trata-se de resultados relativos às cidades pesquisadas que, embora sejam significativas do quadro urbano brasileiro, não permitem ultrageneralizações para o vasto território nacional (8,5 milhões de km²), para suas mais de 5,5 mil cidades.

A partir de meados dos anos 1970, iniciado o processo de reestruturação técnico-produtiva, acelerou-se a modernização da cidade brasileira, com a consolidação do veículo automotor como principal meio de locomoção de pessoas e do transporte de carga, com o crescimento da população urbana para além do verificado nas metrópoles nacionais da época (São Paulo e Rio de Janeiro), com a disseminação de condomínios e loteamentos fechados, com a criação de inúmeros parques urbanos e naturais, com a disseminação de processos de urbanização fragmentada e dispersa em diversas partes do país. No que tange às questões ambientais, houve introdução do viés ecológico tanto na agenda política, como na legislação e no cotidiano de várias empresas e estratos da população.

O início do século XXI mostra consolidação de todos esses processos e a constituição de uma cidade brasileira é muito diferente daquela que se tinha nos anos 1950 e 1960. As cidades investigadas apresentam, via de regra, uma ocupação do solo muito grande, são muito frequentes os tecidos urbanos com menos de 30% de espaços livres intraquadra, as construções horizontais, casas, lojas e pequenos prédios, ocupando a quase totalidade das suas quadras. Parte considerável das praças não está instalada ou são mal mantidas, muitas estão ocupadas por escolas, creches, centros de saúde, favelas e etc. As ruas com calçadas ora estreitas, ora mal mantidas, ora arborizadas, ora inexistentes não são, em sua grande maioria, confortáveis para a circulação do pedestre.

Por outro lado, a legislação urbanística tem conseguido se efetivar em extensas áreas urbanas das grandes cidades, com algum controle da verticalização, com o surgimento de espaços livres intraquadra, com a destinação de áreas de estoque para espaços livres de uso público em projetos de loteamento, com a adoção, ainda que modesta, de índices de permeabilidade urbana e com o controle da poluição visual (de modo pontual em algumas grandes cidades).

2 DAS ÁREAS VERDES AOS SELS

No Brasil as expressões áreas verdes, espaços livres públicos, espaços livres de recreação e lazer, apresentam entendimento diverso seja no âmbito das legislações municipais, seja, inclusive, no meio acadêmico, gerando dificuldades na realização de estudos comparados, bem como no avanço da capacitação de quadros técnicos municipais, tão importantes para a formulação de políticas públicas e para o avanço da legislação urbanístico-ambiental.

A legislação urbanística federal sobre parcelamento do solo (Lei nº 6766/79) estipulou a necessidade de destinação pública a, no mínimo, 35% da área a ser loteada. Neste percentual estão incluídos o sistema viário, os espaços destinados a equipamentos públicos comunitários

(escolas, creches, postos de saúde, entre outros) e os espaços livres de uso público (praças, parques e similares). Embora a lei federal nº 9785/99 tenha revogado esses valores, delegando aos municípios definir tais percentuais, no universo pesquisado nenhuma cidade possui norma que permita a destinação de espaços públicos inferiores ao estipulado pela Lei nº 6766/79. Em muitos municípios os espaços livres de uso público são denominados “áreas verdes públicas” ou “sistema de áreas de lazer”, reduzindo conceitualmente sua complexidade, multifuncionalidade e sua dimensão potencial como espaços para a realização esfera pública política. Vale lembrar que nem todo espaço livre de uso público deve ser uma área verde (área de solo permeável com forte presença de vegetação), bem como nem toda área verde pública deve se prestar ao uso público irrestrito, tais como as Reservas Biológicas e as Estações Ecológicas (unidades de conservação ambiental legalmente estabelecidas no Brasil, acessíveis apenas a pesquisadores com aprovação prévia de seus projetos de pesquisa).

O Código Florestal de 1965 previa, entre outras, como áreas de preservação permanente (APPs), os cursos d’água e faixas lindeiras com larguras variáveis em função de largura dos córregos e rios, partindo-se de faixas mínimas de 30m de cada lado. Entretanto essa determinação não era considerada para as áreas urbanas, onde valia o estipulado pela Lei nº 6766/79, faixas *non aedificandi* de 15m para cada lado dos cursos d’água, independentemente da largura do leito, permitindo a construção, entre outras, de vias de fundo de vale. Mesmo essas larguras inferiores eram comumente desrespeitadas em cidades mais dinâmicas, sendo alvo de ocupações para os mais diversos fins: favelas, usos comerciais, estacionamento, entre outros. Até meados da década de 1980 a agenda ambiental para o meio urbano era ainda tímida no país, mesmo com os inúmeros impactos que os padrões correntes de urbanização já implicavam, notadamente nas estações chuvosas, com alagamentos e deslizamentos de terra.

A última Constituição do Brasil (1988) se constituiu em marco institucional fundamental para a área ambiental, destinando capítulo específico sobre o tema e induzindo a valorização da questão ambiental, inclusive no meio urbano. Prova disso foi a aprovação, já em 1989, da Lei Federal nº 7.803 impondo a aplicação do Código Florestal para as áreas urbanas, sobretudo no que tange às APPs fluviais e às APPs de encostas íngremes (declividades superiores a 100%). Tais APPs constituíram importantes espaços livres reservados em meio urbano. Com a aplicação paulatina, ainda que parcial, do Código Florestal nas áreas urbanas, finalmente taludes estreitos junto aos cursos d’água, bem como encostas muito íngremes deixaram de ser doadas nos novos loteamentos como parte integrante dos sistemas de lazer. A aplicação do Código Florestal no meio urbano nem sempre vem ocorrendo de maneira eficaz, ainda se observam sérios desvios de função, seja por construções indevidas realizadas por pessoas independente de seu estrato de renda, seja no despejo ilegal de resíduos sólidos, abandono de veículos, móveis e etc., seja, ainda que em menor número de cidades, na continuidade de construções de avenidas de fundo de vale, desrespeitando claramente o referido Código.

O processo de ocupação ilegal das APPs vem desacelerando nas cidades pesquisadas. Em quase todas elas há programas de conservação ambiental que vão desde o simples cercamento e reflorestamento evitando sua ocupação indevida, como em São Carlos e Campinas, até a desocupação de áreas e a constituição de implantação de parques lineares, como em Sorocaba, São Paulo, Uberlândia e Rio Branco. O reflorestamento e o cercamento, embora atendam ao disposto no Código Florestal, é medida, via de regra, bastante inadequada para o contexto urbano (fig. 1). Boa parte de tais APPs encontram-se nas periferias das cidades, contribuindo para a fragmentação de tecidos urbanos, dificultando deslocamentos cotidianos, aumentando a sensação de insegurança em locais onde a criminalidade é maior, comparativamente às áreas mais centrais e consolidadas.



Figura 1. Cercamento de APPs em área urbana de São Carlos – SP.

Segundo o Código Florestal, as APPs – rurais ou urbanas – deveriam se constituir em áreas florestais sem nenhuma apropriação humana, visando a integridade florestal. Tal proibição de uso humano parece trazer mais malefícios que benefícios no meio urbano. Nas cidades é sem dúvida pertinente a existência de fragmentos e corredores florestados, mas concebê-los de maneira totalmente isolada das áreas urbanas de seu entorno não apenas é ruim para os usos urbanos, como para a própria manutenção da situação florestal, suscitando usos ilegais diversos. Felizmente o entendimento de que certos graus de apropriação humana controlada das APPs urbanas podem colaborar para sua conservação e para a qualificação da vida urbana, levou o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA – a baixar resolução normativa (RN 369/2006) que permite utilizá-las “excepcionalmente” como parques urbanos de baixo impacto ambiental, com até 5% de área impermeabilizada e até 15% de área ajardinada, ficando os restantes 80% como áreas (re)florestadas. Em 2012, a nova lei de proteção da vegetação nativa (Lei Federal nº 12.651/12) ampliou os casos em que pode ser suprimida a vegetação nas APPs, permitindo a implantação de infraestrutura pública destinada a esportes, lazer e atividades educacionais e culturais ao ar livre em áreas urbanas e rurais consolidadas.

Em 2000, a Lei Federal nº 9985 instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), com rebatimentos em inúmeras cidades brasileiras que apresentam em seu interior ou em suas imediações manchas ou matrizes de biomas razoavelmente conservados. A referida lei definiu com clareza e lógica sistêmica as unidades de conservação (UCs), segundo diferentes graus de proteção (integral ou de uso sustentável). Assim, há UCs acessíveis somente a pesquisadores, tais como as Reservas Biológicas e as Estações Ecológicas, outras, ainda de proteção integral, mas de maior acessibilidade pública, como os Parques Nacionais, Estaduais e Naturais Municipais. No conjunto de UCs de uso sustentável há permissão para utilização controlada de recursos naturais, entre elas as Reservas (Extrativistas, da Fauna e de Desenvolvimento Sustentável) e UCs mais complexas, como as Áreas de Proteção Ambiental – APAs – que apresentam território mais heterogêneo, com diferentes graus de restrição de usos.

O novo aparato legal estimulou o poder público nos seus diferentes níveis (federal, estadual e municipal) a criar e gerir de maneira mais adequada as UCs, novas ou pré-existentes. Várias são as cidades que contam com Parques Naturais Municipais, alguma possuem Parques Estaduais (Belo Horizonte, São Paulo, Natal, Manaus e Vitória, entre outras) e mesmo parques nacionais, como é o caso do Rio de Janeiro, com o Parque Nacional da Tijuca encravado no meio urbano. Além dos serviços ambientais prestados por tais UCs, elas se constituem em importante elemento de conscientização e valorização ambiental, dada a proximidade que apresentam ao cotidiano de vários municípios, bem como enquanto referencial imagético das cidades ou dos seus limites.

A agenda ambiental e todo seu aparato legal motivou inúmeras municipalidades a implantar parques lineares fluviais. É certo que boa parte deles não segue as restrições impostas pelas leis de proteção da vegetação nativa e pelas resoluções CONAMA, mas muitos deles veem contribuindo para melhoria da qualidade de vida das respectivas cidades, ampliando as oportunidades de espaços livres de convívio e lazer públicos, estimulando a prática de atividades

físicas e desportivas, melhorando microclimas, contribuindo para a drenagem urbana, para o transporte ciclovitário, para a presença de fauna silvestre no meio urbano, entre outros.

Em municípios como Sorocaba (estado de São Paulo) e Rio Branco (estado do Acre), por exemplo, tais parques começam a se constituir em importantes elementos não só do sistema de áreas verdes, bem como, por seu caráter urbano mais complexo, do sistema de espaços livres público como um todo das respectivas cidades. Não se tratam de projetos muito sofisticados, são executados com poucos recursos, mas possuem amplo aceite e uso da população, bem como prestam serviços ambientais. Mesmo não reconstituindo áreas florestais de maneira mais significativa conforme o que determina a lei, a presença de vegetação e água evoca a seus usuários certa imagem de natureza, contribuindo para a percepção da natureza, valorizando-a como elemento integrante da cidade, da qualidade de vida urbana (fig. 2).



Figura 2. Parque Campolim em Sorocaba – SP. (Macedo, 2008).

Diante da complexidade da urbanização contemporânea brasileira, com aumento de diferentes demandas de utilização de espaços livres, com a sofisticação da legislação ambiental, bem como com a pressão de agentes econômicos sobre os recursos ambientais e urbanos, entende-se fundamental compreender e propor espaços livres de maneira sistêmica, compreendendo as interações entre seus vários subsistemas (viário, uso público, áreas verdes, unidades de conservação e outros), bem como o desejável caráter multifuncional que vários espaços livres apresentam ou podem possuir para qualificar os espaços da cidade, superando falsas dicotomias entre cidade e natureza, entre esfera pública e conservação ambiental.

3 CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E ESFERA PÚBLICA

Segundo a concepção marxista, a natureza (primeira) transforma-se em natureza segunda pela ação do trabalho humano. Com a transformação do meio ecológico em meio técnico e, no período contemporâneo, em meio técnico científico informacional (Santos, 1994), as ações humanas já se fazem presentes, direta ou indiretamente, em toda a biosfera. Evidentemente os fenômenos naturais – físico, químico, biológicos e ecológicos – estão presentes também por todo o planeta, das savanas e florestas, aos campos cultivados, às cidades e megalópoles.

Não se trata de oposição entre humanidade e natureza, nem se imagina que as relações entre processos sociais e os fenômenos do suporte biofísico se constituem de maneira “naturalmente” dinâmica. É necessária atenção à complexidade das relações sociais que produzem os territórios, que contribuem na dinâmica da natureza segunda. Se o mundo é público, na acepção de Arendt (1991), a natureza segunda também o é, a despeito das formas sociais de propriedade que geram expropriações e desigualdades.

A natureza (segunda) torna-se cada vez mais mercadoria com o avanço das relações capitalistas de produção. A escassez de recursos naturais e os impactos sobre a economia causados por relações pouco seguras entre processos socioeconômicos e processos naturais vêm aumentando custos e criando sérias deseconomias ambientais, valorizando-se economicamente, assim, o “ecológico”. O “valor” da natureza impõe-se a partir dos países

centrais do capitalismo, construindo-se a ideologia do “desenvolvimento sustentável” (Custódio et al., 2010) Uma nova tecnoesfera mais “verde”, “limpa”, vem se estabelecendo gradualmente nos territórios, com forte apoio da psicoesfera (Santos, 1996) que a legitima, criando-se mais um mito do capitalismo (Souza, 2006), fundamental para renovar seu padrão de acumulação. Forma-se uma nova etapa de acumulação, ditada pelos países capitalistas centrais, com novas contradições, a começar por uma reapresentação da ideologia do equilíbrio, agora “sustentável”, evidentemente pouco provável de se atingir diante de relações sociais de produção intrinsecamente forjadas no desequilíbrio, na desigualdade, da escala microeconômica à geopolítica das nações e blocos econômicos.

Evidentemente não se concebe ser “contra a natureza”, mas há que ser crítico diante do “fetichismo da natureza” produzido pelo atual estágio do capitalismo. Propõe-se, então, considerar a noção de natureza em sua dimensão pública, ou seja, de todos, a despeito da existência, ou não, de propriedades privadas que a fragmentam, impactam e transformam. A natureza, enquanto objeto de interesse público, deve ser tema da esfera pública, deve ser entendida como objeto político, social, sem que sua complexidade sirva de pretexto para tornar-se assunto exclusivo de ciências específicas, mas pertinente a todos, sem empobrecimento de sua complexidade, sem tabus ou mitos como o da “natureza intocada” (DIEGUES, 2008), que norteou grande parte da legislação ambiental brasileira desde 1934, quando se publicou o primeiro Código Florestal brasileiro.

É possível compreender a dimensão pública da natureza enquanto uma das funções sociais da propriedade, seja ela privada ou pública. Não se trata de sobrepor ao social uma natureza idealizada, virgem, primeira, mas de uma natureza segunda, onde o trabalho humano é reconhecido, assim como os processos naturais (biofísicoquímicos). O SNUC se constituiu em importante peça legal neste sentido, mas a questão ambiental não se limita, evidentemente, às unidades de conservação, nem mesmo às zonas ambientais previstas em planos diretores regionais ou municipais. A questão ambiental é assunto que atravessa todo o território, ambientalmente protegido ou não.

Os diferentes espaços vegetados ou mesmo apenas permeáveis (dunas móveis, por exemplo), mais ou menos processados pela sociedade, integram o sistema de interesse ambiental de um dado recorte regional. Não se pode desconsiderar uma rotatória gramada, uma rua arborizada, sequer um teto jardim. Evidentemente, como tais espaços apresentam diferentes propensões a continuar com seus atributos ambientais, trata-se de um sistema bastante dinâmico, pondo em questão posturas ambientalista fundadas apenas em legislações proibitivas, restritivas a ocupações e usos do solo. É necessário não só limitar, mas também estimular ações ambientalmente adequadas e processos participativos de gestão do território, não tratando isoladamente a questão ambiental.

A presença mais forte de vegetação em praças, parques urbanos e congêneres, associada à permeabilidade do solo, já desempenha importante papel ambiental (para a drenagem pluvial e para a amenização microclimática). De forma análoga, muitas unidades de conservação apresentam alguma área que se presta ao lazer público, bem como várias Áreas de Preservação Permanentes (APPs) apresentam-se associadas a parques, portanto também se prestando ao convívio público. Não se recomenda, desse modo, dissociar os sistemas de espaços de convívio e lazer do sistema de espaços de interesse ambiental em análises visando proposições de qualificação de um ou doutro sistema, ainda que, sem dúvida, existam espaços livres que pertençam isoladamente mais a um ou a outro sistema.

Vale enfatizar a natureza multifuncional que caracteriza os espaços livres públicos, sobretudo os de uso comum do povo. Por outro lado, deve-se observar que espaços livres de interesse para a conservação ambiental e ecológica podem se situar em propriedades privadas; o sistema de espaços livres de interesse ambiental inclui espaços públicos e privados.

É preciso envolver os espaços livres privados na discussão e na proposição sobre o ambiente urbano e sobre sistemas de espaços livres. Os processos naturais no urbano são decorrentes da interação entre condicionantes externos e locais (Spirn, 1995). No âmbito local, os espaços livres urbanos, independentemente de serem privados ou públicos, podem apresentar importante papel nos diversos processos ambientais, em função de suas características físicas, formais, de distribuição e de suas conexões. O sistema de espaços livres – públicos e privados - de interesse ambiental é tema para o debate na esfera pública política, bem como sua qualificação pode enriquecer a vida *em* público, parte integrante da esfera pública geral (Queiroga, 2012).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A urbanização contemporânea brasileira constitui mosaicos por vezes bastante complexos e fragmentados. Entre tantos desafios que se colocam para a qualificação socioambiental do quadro urbano brasileiro estão:

- a necessária compatibilização das normativas ambientais e urbanísticas;
- a criação de canais participativos com maior empoderamento popular, bem como a valorização dos quadros técnicos para fazer frente à pressão de grupos privados que direcionam o ordenamento jurídico ambiental e urbanístico para o atendimento de suas demandas em detrimento do interesse público;
- a solução para conflitos da produção do espaço urbano que se realizam ilegalmente, mas que são integrantes do sistema predatório do capitalismo periférico, constituindo “contravenções sistemáticas” no dizer de Maricato (1996).

A dimensão pública dos espaços não se resume aos espaços tradicionalmente apropriados pela esfera pública política, nem àqueles que se prestam à vida *em* público (esfera pública geral), mas inclui, entre outros, a relevância pública de todo o patrimônio ambiental, esteja ele em propriedades públicas ou privadas (Queiroga, 2012). A percepção e o uso adequado desse patrimônio nas bordas ou no interior das áreas urbanas podem contribuir para sua conservação na medida em que potencializam o aumento da consciência pública sobre sua importância, pela efetiva experiência de quem os vivencia ou os percebem.

Por outro lado tais áreas são, também, potencialmente educadoras, pois ampliam o escopo dos bens de interesse público-ambiental, ampliam a noção de coisa pública – *res-publica*, onde a propriedade e a apropriação privada devem, ou deveriam, se submeter ao interesse público, educando proprietários e usuários do patrimônio ambiental. Não se trata de processo simples, livre de contradições e descontinuidades, mas fundamental para um país ainda marcado por uma cultura e política de raízes patrimonialistas (Faoro, 1998), por uma economia capitalista periférica, onde apenas no século XXI viu iniciar um processo de redução de suas imensas desigualdades sociais.

Espera-se que a dimensão pública dos espaços de interesse ambiental seja cada vez mais compreendida e estimulada por políticas públicas realmente interessadas na qualificação socioambiental. Se, a título de exemplo e esperança, Rio Branco, capital do economicamente modesto estado do Acre, vem conseguindo excelentes resultados na qualificação de seu sistema de espaços públicos, fica claro que a questão não é econômica, mas política.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Lab-QUAPÁ da FAUUSP e aos pesquisadores da Rede Nacional de Pesquisa QUAPÁ-SEL, pela rica interlocução, ao CNPq e à FAPESP pelos diversos auxílios à pesquisa recebidos.

REFERÊNCIAS

Arendt, H. 1991. *A condição humana*. Rio de Janeiro: Forense Universitária.

- Brasil. 1965. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Brasília: Presidência da República, Casa Civil.
- Brasil. 1979. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979.. Brasília: Presidência da República, Casa Civil.
- Brasil. 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Emenda Constitucional nº 68 de 21 de dezembro de 2011. Brasília: Senado Federal,
- Brasil. 1989. Lei 7.803, de 18 de julho de 1989. Brasília: Presidência da República, Casa Civil.
- Brasil. 1999. Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999. Brasília: Presidência da República, Casa Civil
- Brasil. 2000. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Brasília: Presidência da República, Casa Civil.
- Brasil. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília: Presidência da República, Casa Civil
- Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. 2006. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006 Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Custódio, V. et. al. 2010. Da questão ambiental ao par ideológico “desenvolvimento sustentável e sustentabilidade”: contribuições para um paisagismo crítico. In: *ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE PAISAGISMO EM ESCOLAS DE ARQUITETURA E URBANISMO NO BRASIL 10 Livro de Actas*. Porto Alegre: PUCRS.
- Diegues, A. C. 2008. *O mito moderno da natureza intocada*. São Paulo: NUPAUB.
- Faoro, R. 1998. *Os donos do poder: formação do patronato político brasileiro*. São Paulo: Globo.
- Maricato, E. 1996. *Metrópole na periferia do capitalismo: ilegalidade, desigualdade e violência*. São Paulo: Hucitec.
- Queiroga, E. 2012. *Dimensões públicas do espaço contemporâneo: resistências e transformações em territórios, paisagens e lugares urbanos brasileiros*. Tese (Livre-docência em Arquitetura e Urbanismo) São Paulo : Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo,.
- Santos, M. 1994. *Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico informacional*. São Paulo: Hucitec.
- Santos, M. 1996. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Hucitec.
- Souza, M. A. 2006. *Meio ambiente e desenvolvimento sustentável: as metáforas do capitalismo*. <http://www.territorial.org> . Acesso em: 22 jul. 2010.
- Sprin, A. 1995. *O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade*. São Paulo: EDUSP.

Estratégias para a transformação da paisagem das ilhas em urbanização

Barbara Irene Wasinski Prado

Universidade Estadual do Maranhão, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, São Luís, Maranhão, Brasil

barbaraiwp@gmail.com

ABSTRACT: This paper discusses some urban-landscape strategies to transform the islands landscape. Like a cultural practice, the urbanization is applied on the mainland and on the islands indiscriminately, but this process should be distinguished in the islands, because it amplifies the natural insular vulnerability and causes adverse effects at various scales. In the islands are more negatives consequences. The process of transformation of the urban landscape dispenses with the implementation of structures for mobility and residence of people in a given space. The formulation of hits and settlements it's based on the fragmentation of ecosystems, in modelling soil and the replacement of landscape elements of fauna and flora, that affect the nature and the society. The quality of the insular condition can be decayed with some type of the urbanization, increasing the vulnerability of the people and living organisms of the islands. It is necessary develop strategies for theirs landscape.

Keywords: island, landscape, urbanization.

RESUMO: Este estudo discute a complexidade dos aspectos culturais, ecológicos e ambientais (com ênfase nos elementos geofísicos) aspectos geofísicos, culturais, ambientais e ecológicos relacionados à urbanização das ilhas. A urbanização é uma prática cultural que se aplica no continente e nas ilhas de forma indiscriminada, porém tal processo deveria ser diferenciado nas ilhas, já que a urbanização amplifica a natural vulnerabilidade insular, causando efeitos adversos em diversas escalas. As consequências negativas podem ser maiores, pois a transformação da paisagem que as torna urbanas, prescinde da implementação de estruturas (assentamentos e sistemas de circulação), que se baseiam na fragmentação de ecossistemas, alteração do modelado do solo e substituição dos elementos paisagísticos da fauna e da flora. Tais transformações afetam mutuamente a natureza e a sociedade, conseqüentemente, a qualidade da condição insular pode decair conforme a urbanização que se aplica, aumentando a vulnerabilidade das pessoas e dos organismos vivos. Isto demanda estratégias para a urbanização das ilhas.

Palavras-chave: ilha, paisagem, urbanização

1 INTRODUÇÃO

Neste estudo se discute o processo de transformação da paisagem insular por meio da urbanização. Aqui se enfatiza que há uma complexidade de relações ambientais (especialmente geofísicas), culturais e ecológicas das ilhas, que podem desenvolver-se da micro à mesoescala. Os processos culturais como a urbanização, a mineração e a agricultura, estão dentre as operações mais impactantes ecológica e ambientalmente. Quase toda a ação humana de produzir, consumir e descartar, se processará ainda sobre a maior parte da superfície dos territórios (embora hajam exemplos de criação de superfícies sobre o mar, como o caso das ilhas artificiais). Esta investigação surge com a percepção do recrudescimento acelerado da urbanização das ilhas, porções de terra delimitadas por águas que sofrem demandas de superfície, por uma população cada vez mais crescente. Atualmente quase sete bilhões de habitantes vivem no planeta produzindo, consumindo e descartando, sendo mais de 50% deles

a população urbana, que está situada numa faixa de até 60 quilômetros da costa marinha. Quase um bilhão de pessoas vivem em altitudes de até um metro acima do nível do mar (PNUD, 2009). Provavelmente até 2025 existirão quase cinco bilhões de moradores de cidades dos quais, dois terços deles estarão situados em cidades de países pobres (Global Urban Observatory apud Koolhaas; Mau, 1995). Isto significa que cada vez mais, os efeitos negativos da urbanização acelerada estarão muito além das capacidades de reposição dos ecossistemas existentes e remanescentes na faixa da costa marinha, devendo, por isso, serem prevenidos ou mitigados.

Aqui se entende que uma ilha é como um mundo em miniatura, como ensina Diegues(1998), que concentra em si mesma uma gama de complexidade que no continente pode estar dispersa ou difusa e que nas ilhas encontra-se mais isolada e concentrada. As ilhas e suas paisagens são totalidades em si mesmas, e como tais são sistemas em sistemas inter-relacionados. Introduz-se a reflexão sobre uma paisagem ativa das ilhas, que cambia transformações infinitamente, e em escalas variadas, da micro a mesoescala (Prado, 2011). Para esta discussão retomou-se a reflexão sobre a noção de paisagem no estudo da transformação nas ilhas, rediscutindo-a (paisagem) no campo da Arquitetura e Urbanismo, principalmente da disciplina Urbanismo Paisagístico. A paisagem sistêmica é uma totalidade - indivisível, unívoca, inviável ou inadmissível de divisão ou interpretação por unidades. Aqui não se adotam as unidades de paisagem como aspectos metodológicos admissíveis, já que o preceito fundador da Teoria da Complexidade dos Sistemas é a inexistência do sistema divisível. Bem explica Morin (2005) a esse respeito, quando se divide o sistema ele se desfaz.

2 METODOLOGIA

A pesquisa teve por objetivo estudar estratégias urbano-paisagísticas para a transformação da paisagem das ilhas, considerando-se a complexidade dos aspectos culturais, ecológicos e ambientais (com ênfase nos geofísicos) das ilhas, neste processo. A pesquisa é explicativa, pois descreve as características ou fenômenos das especificidades estudadas, incluindo a observação sistematizada. A abordagem é qualitativa para descrever os fenômenos, interpretá-los e estabelecer atribuições de significados a eles. O método é combinado, embora tenha como alicerce a análise morfológica da paisagem. Há o cotejamento entre as teorias que se alinham à Teoria da Complexidade dos Sistemas, que contribuem para compreender as ilhas e suas paisagens ativas, quanto às suas dinâmicas interacionais, que possibilitaram explicar os fenômenos sistêmicos, naturais e culturais que se desenvolvem em ilhas.

A questão central a ser respondida era: como a transformação da paisagem das ilhas ocorria em relação à urbanização? A hipótese inicial era de que a urbanização das ilhas acentuava a transformação das superfícies e borda insular, reduzindo com isso suas fronteiras em círculo e, portanto, sua finitude. À medida que se urbaniza, os efeitos dessa urbanização contribuem para diminuir o tamanho das ilhas e mais recursos são demandados para manter a superfície, a fauna, a flora e sua população. A transformação da paisagem insular pela urbanização é um processo urbano-paisagístico com caráter sociocultural, com variáveis ecológicas e ambientais determinantes (recorte analítico). Cabe explicar que desde o início deste estudo, entendeu-se que os termos ecológico e ambiental não conferiam a mesma qualidade para as variáveis, principalmente porque as alterações ambientais não representam necessariamente alterações favoráveis ecologicamente.

A inovação trazida aqui foi o estudo da paisagem ativa das ilhas e os efeitos da urbanização articulando-se as Teorias da Reparação do Urbanismo Paisagístico articuladas às teorias alinhadas à Teoria da Complexidade dos Sistemas (Prado, 2011). Das Teorias da Reparação do Urbanismo Paisagístico ou Urbanism Landscape, apresentadas por autores como Corner (1999) e Wall (1999), extraiu-se a noção da superfície ativa, a compreensão das estruturas urbanas flexíveis no Urbanismo Paisagístico, a aplicação do estudo da paisagem em múltiplas escalas, ou como sugere Waldheim (2006), estudada como uma lente para compreender a realidade

urbana. A reflexão a respeito do processo de urbanização à luz das teorias do urbanismo paisagístico colaborou para construir as propostas de estratégias de práticas urbano-paisagísticas voltadas a transformar a paisagem das ilhas. Nesse caso, não mais como apenas uma superfície envolta por águas, mas localizando o sistema teórico que bem representaria sua localização quanto ao meio (água e ar) e observando as ilhas como obstáculos ao meio, a partir da Teoria da Dupla Fenda de Young (Colweel, 2007).

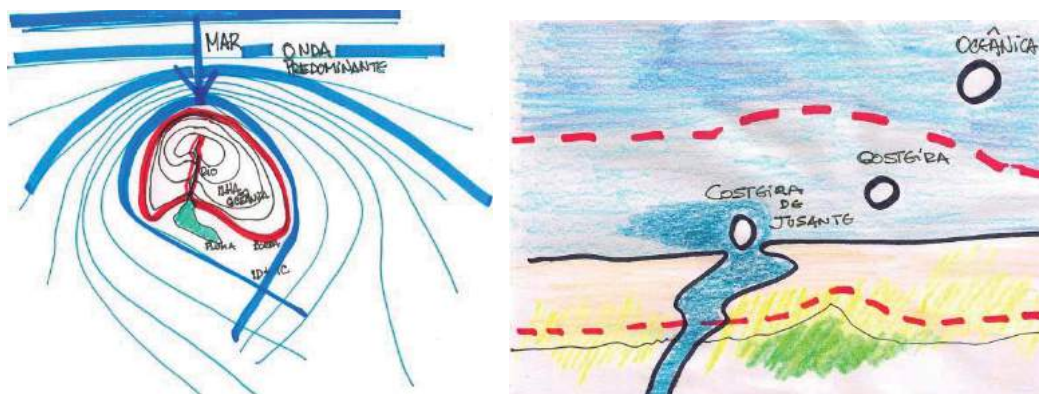


Figura 1 – A ilha como um obstáculo ao meio foi colocada aqui em condição análoga às entrefendas da Experiência da Dupla Fenda de Young. Nessa experiência do século XIX, Young demonstrou a propagação das ondas, ao lançar um elemento na água em um recipiente livre. Em seguida repete a operação com aplicação de uma barreira, que faz as ondas iniciais rebaterem na barreira e formar interferências em sentido contrário na ondulação original. Repete a operação deixando uma fenda na barreira demonstrando que a ondulação inicial renasce a partir da fenda. Repete novamente deixando duas fendas e uma porção de barreira entre elas, e demonstra que a ondulação inicial renasce a partir das duas fendas formando interferências construtivas e destrutivas na parte posterior da barreira entre as fendas. A analogia dessa barreira entrefendas e as ilhas foi estabelecida e confirmada em observação de imagens de satélite e aéreas de ilhas em diversas regiões e localizações. Fonte: Barbara Prado (2011) a partir de Young (1961).
 Figura 2 – Categorização das ilhas conforme sua localização em relação ao continente. Identificou-se neste estudo três posicionamentos das ilhas em relação à costa e ao sistema de rios internos e externos, que correspondem a diferentes efeitos relacionados à forma insular seja no processo de agradaciação do litoral, seja nos tipos de interferências construtivas e destrutivas desenvolvidas nas águas e no ar (a partir de Young, 1961). As bordas nas ilhas oceânicas, em geral vulcânicas e/ou formadas por rochas, recebem sedimentos que se acumulam, vindos pelas correntes marinhas e pelas areias de grandes desertos, que são dissipadas no ar pelos ventos. Tais ilhas perdem sedimentos através de suas bacias de drenagem ou bacias hidrográficas; nas ilhas costeiras, os sedimentos trazidos pelo mar nos movimentos de agradaciação do litoral continental, se mesclam na borda como os de seus rios internos; e nas ilhas costeiras de jusante, ilhas costeiras situadas em águas marinhas na saída de grandes rios, cujas bordas sofrem influências diretas do mar, de seus rios internos como também por seus rios externos, como ocorre em Cingapura, São Luís ou Vitória. Fonte: Barbara Prado (2011) a partir de Muehe (2002), Dias (2004) e outros autores.

Para estudar as ilhas, considerou-se 90 delas em diversos pontos do planeta, e entre elas as ilhas do Maranhão, no Brasil, o objeto empírico. Os critérios de seleção das ilhas de estudo foram estabelecidos a partir de: a) quantidade de dados e informações disponíveis em referências primárias (física e virtual), b) notícias jornalísticas de fenômenos que haviam ocorrido em ilhas, como terremotos, vulcões, temporais, inundações, mudanças climáticas, etc..., durante a realização dos estudos; c) bibliografia científica com explicações da ocorrência desses fenômenos; e a revisão bibliográfica de algumas intervenções urbano-paisagísticas em ilhas. Da revisão referencial chegou-se a algumas conclusões preliminares que serviram para reorientar nosso estudo. Uma delas foi a categorização das ilhas conforme sua localização em relação ao continente; a seguir a discussão da questão ecológica, especialmente com os efeitos da migração e extinção de fauna e flora, seja pela perturbação ou degradação ambiental. E finalmente as consequências ambientais da urbanização em ilhas, como a supressão de vegetação e mudança climática, relação entre a urbanização e redução de água potável, ilheidade frente à carestia e a poluição.

3 ALGUNS ASPECTOS AMBIENTAIS (GEOFÍSICOS) DAS ILHAS MARINHAS

O senso comum compreende o objeto geográfico - a ilha - como uma porção de terra cercada pelas águas. O limite entre o solo e a água é a fronteira das ilhas. Elas são concentrações da complexidade sistêmica. Uma ilha por si só, representa a totalidade, onde aspectos ambientais, ecológicos, culturais se interrelacionam. Considerou-se aqui as ilhas oceânicas, ilhas marinhas costeiras e ilhas marinhas costeiras em jusante. As ilhas oceânicas estão distantes do continente e seu acesso é embarcado. As marinhas costeiras situam-se na plataforma continental e seu acesso varia conforme a distância da ilha ao continente (embarcados e por pontes). Já as costeiras de jusante são aquelas situadas na plataforma continental, mas que recebem influência direta dos grandes estuários continentais. Podem ser acessadas por embarcações e pontes. Na manutenção de sua borda ou fronteira influenciam, não somente os movimentos do mar, mas também os movimentos dos rios que desaguam no mar.

Analisando-se o processo de urbanização, compreende-se que ela produz intervenções que contribuem para a perda de solos, que repercutem em alterações do perfil praial e da linha da costa insular. No caso das ilhas este efeito reduz a superfície delas: por escoamento de sedimentos (efeito descendente) e por acentuar a agradação na fronteira. As interferências na paisagem das bacias (hidrográficas e de drenagem) deslocam sedimentos que por sua vez repercutem nas bordas das ilhas incrementando o processo da agradação. Dias (2004) considera que a urbanização é a maior responsável pelo deslocamento de sedimentos e afirma que 85% do escoamento global advém desta operação. As planícies costeiras, estuários e deltas fluviais e restingas são formas geomorfológicas passíveis de influência pelas marés.

A agradação é a dinâmica de perdas e ganhos do processo de acumulação de sedimentos e de erosão do litoral. As ondas e os ventos são os agentes dessa dinâmica natural do litoral em razão do clima. O fenômeno de agradação do litoral é um processo natural, do movimento de sedimentos ao longo da costa no sentido das correntes oceânicas, promovendo a erosão e a acumulação. Na acumulação, os sedimentos são trazidos pelo mar e ar e retidos, provocando o engordamento das praias. As areias provêm de onde as ondas são mais fortes ao longo da costa favorecidas pela erosão nos períodos chuvosos. A acumulação que forma as dunas se desenvolve em praias de baixa energia, em geral, onde as águas são mais calmas e a quantidade de sedimentos é maior do que o mar pode afogar. Isto forma o alargamento dos cordões litorâneos que acabam protegendo a planície costeira, como os bancos, dunas costeiras, manguezais e demais espaços praias, não representando exclusivamente a destruição das praias (USACE, 2002; MUEHE, 2007).

As dunas, em geral, se formam frontais, podendo se apresentar em deflação quando associadas a maior velocidade do vento, e a ficarem instáveis, tornam-se dunas móveis. Quanto mais distantes da zona de alimentação, maiores as alturas das dunas e maior deposição de areia no período seco (Souza, 2005). Em função das tempestades constantes pode haver déficit de areia em certas partes da costa e o respectivo recuo da linha da costa que avança terra adentro, ou seja, ocorre a erosão do litoral. A erosão resulta do trabalho tectônico das rochas e dos "continentes que formam sedimentos transportados pelas águas e ar (Muehe, 2007). Os dois processos concomitantes da agradação alteram a linha da costa formando as diferentes feições praias (costões rochosos, as falésias, praia, restinga, duna, marismas, manguezal, planícies de marés, recifes de coral etc.). Nas falésias, a erosão ocorre inicialmente na sua base, pois a ação do mar a escava e provoca o deslizamento das paredes verticais. Conforme o tamanho dos grânulos dos sedimentos, vão se formando, ao longo da costa, dunas, praias em orlas abrigadas e manguezais (próximos aos estuários) (Muehe et al., 2003). Muehe (2007) ensina que o produto da erosão da falésia é a areia que forma a duna (acumulação) e que os grãos mais finos misturados com a matéria orgânica no deslocamento, é o material que forma o mangue (acumulação). Aquilo que se opera na falésia rebate na duna e no mangue consecutivamente, no sentido das correntes predominantes do mar, sendo sempre um processo compensatório e

sistêmico. Porém, os grandes movimentos de terra nas superfícies mais altas deslocam sedimentos que chegam ao mar amplificando o processo natural. O desmatamento e a modificação da geometria das superfícies expõem os solos e favorece a lixiviação. Neste processo há perda de solos (sedimentos) que se deslocam pelas superfícies livres de anteparo e pelos cursos d'água, até o litoral. Lá, os sedimentos acentuam a agradação e a alteração do perfil praias. As alterações pontuais nas feições praias têm reflexo sistêmico ao longo da borda. Tais fenômenos ocorrem tanto na costa continental, quanto na insular, mas modificações da condição ambiental nas superfícies das ilhas alteram sua finitude. Outro agravante para a redução da finitude das ilhas é a elevação do nível do mar, em função das mudanças climáticas globais que têm levado linha da costa para dentro das ilhas (UNFPA, 2007). As ilhas são, portanto, hipervulneráveis aos movimentos de alteração das fronteiras, seja pelo deslocamento descendente dos sedimentos, pela agradação e pelo aumento do nível dos mares.

4 ALGUNS ASPECTOS CULTURAIS E AMBIENTAIS DAS ILHAS

Alguns autores têm se debruçado para investigar o espaço e a cultura insular, destacam-se Bonnemaïson (2005) e no Brasil, Diegues (1998). Bonnemaïson estudou as sociedades insulares do Pacífico e Diegues a relação entre o território, a natureza e o lugar, nas ilhas. Tais autores também adotaram o uso do termo "ILHEIDADE" para falar sobre o comportamento da sociedade insular. O termo - ÎLÉITE- (neologismo francês) foi introduzido por Moles (1982), para tratar do insulamento social de um grupo em relação à cidade, mas o termo retornado em Bonnemaïson caracterizou a experiência sociocultural do cotidiano das ilhas¹.

A Ilheidade é um fenômeno identitário que está relacionado ao espaço geográfico, à paisagem, à sociedade, à cultura e ao modo de vida insular, relativo à distância das ilhas às outras terras. A ilheidade representa comportamentos únicos em cada grupo social, que se desenvolve a partir da maritimidade (Bonnemaïson, 2005). O fenômeno da maritimidade está relacionado à percepção dos ilhéus quanto ao grau de independência e de autossuficiência frente aos recursos que possuem para o desenvolvimento do cotidiano insular (Diegues,1998). A Ilheidade, como noção, parte do olhar sobre os insulamentos na cidade e passa o olhar por sobre os insulamentos em ilhas. E aqui tal olhar, se aplica como uma categoria de análise da paisagem, para compreender o processo de transformação das ilhas-cidades. Nesse sentido, a Ilheidade é a redescoberta dos próprios ilhéus, de si mesmos como seres integrantes de uma paisagem insular, numa condição insular única, que colabora ou corrobora para o desenvolvimento de práticas socioculturais que podem ser mais sustentáveis ou não, conforme o grau de percepção dos ilhéus a respeito de sua insularidade (ou ainda dos atores que atuam nelas).

Apesar do desenvolvimento do fenômeno da ilheidade ser fundamental, e aparentemente inerente ao cotidiano das ilhas, nem toda sociedade insular o introjeta ou desenvolve. Como consequência, tal ausência da ilheidade pode levar a sociedade insular a práticas socioculturais nem sempre aplicáveis ou compatíveis às ilhas. Entre as que se destacam, aponta-se aqui a urbanização. Na atualidade, as ilhas estão sendo cada vez mais urbanizadas em muitos países (com muita intensidade especialmente em países pobres) e, também no Brasil. Com isso, muitos casos de degradação ambiental e ecológica vem ampliando o risco para as populações ilhéus. Quanto à urbanização, do tipo de ilhas oceânicas, marinhas costeiras ou marinhas costeiras de jusante, cada uma delas demanda estratégias específicas. Em muitos casos a falta do reconhecimento da condição insular se reflete em maior vulnerabilidade para os ilhéus e para biota insular. Como se considera que a vulnerabilidade é inerente à vida, aplica-se aqui a hipervulnerabilidade para designar os riscos oferecidos aos ilhéus em relação: aos limites

¹ A versão em inglês do termo Ilheidade é Islandness, e foi cunhada por John Agnew, da UCLA, na introdução da obra póstuma de Joel Bonnemaïson, Culture and Space: Conceiving a New Cultural Geography de 2002 (PRADO,2011). Seu sentido, corretamente, se remete à perda de ilha, especialmente considerando-se os efeitos das mudanças climáticas globais.

fronteiriços das ilhas, aos limites de superfícies, limites de recursos naturais, aos limites de importação de recursos (entre outros), à capacidade de prover-se de água potável, como também à falta das necessárias adaptações ecológicas para sustentar a vida das ilhas-cidades.

5 ALGUNS ASPECTOS ECOLÓGICOS E AMBIENTAIS DAS ILHAS

A Teoria da Complexidade dos Sistemas enfatiza, não somente as organizações dos sistemas, mas o conjunto de elementos em composições complexas que são também totalidades em interação (Morin, 2005). Os sistemas apresentam modos relacionais distintos e podem ser abertos ou isolados, já que os sistemas fechados praticamente inexistem no universo. Os sistemas isolados realizam trocas de energia e matéria limitadamente, tendendo a um sistema aberto. Os sistemas abertos realizam trocas com outros sistemas, onde ocorrem fluxos intensos de recursos e de energia e alta produção residual, que são constantes e vitais para os organismos vivos. Os sistemas abertos são sempre coesos, pois sempre se comunicam e sempre se realimentam. Os sistemas abertos apresentam quatro propriedades fundamentais da autoregulação: três qualidades intrínsecas e uma qualidade extrínseca dos organismos vivos. A primeira propriedade intrínseca é que todos os organismos alteram seus ambientes absorvendo energia livre e excretando produtos com perda de alta entropia para ordenar a manutenção de uma baixa entropia interna (input-output). A segunda é que os organismos crescem e se multiplicam potencialmente e exponencialmente, assegurando uma resposta positiva intrínseca à vida (quanto mais vida há, mais vida será gerada). E a terceira propriedade é que cada variável ambiental tem um alcance para o qual o desenvolvimento de um organismo específico é o limite máximo (Lovelock, 1988). A propriedade extrínseca dos organismos vivos é a existência no planeta de diferentes tipos de vida com exatas replicações e variações hereditárias, que se desenvolvem e competem por recursos, sendo que os tipos de vida que deixam mais descendentes podem dominar o ambiente (Lenton, 1998).

Ecologicamente, pode-se exemplificar tal comportamento sistêmico na relação entre algumas ervas nativas pioneiras e ervas exóticas invasoras, quando esta última é inserida no habitat da nativa pioneira. As nativas pioneiras apresentam a primeira e a segunda propriedade intrínseca, assim como a propriedade extrínseca em seu habitat. À medida que a exótica invasora é introduzida, desenvolve um crescimento que domina, levando a nativa pioneira a manifestar sua terceira propriedade intrínseca, o limite de sua existência frente ao processo da invasão biológica. Também é possível explicar o efeito do adensamento populacional sobre um determinado ecossistema através da Teoria das Ilhas Biogeográficas. Ela ensina que vários ecossistemas estão instalados nas regiões biogeográficas (seja continente ou ilha). As Ilhas Biogeográficas funcionam como um sistema aberto, pois tanto a migração, quanto a extinção são processos de regulação da diversidade das espécies numa biota insular e, são inversamente proporcionais entre si. Tem como variáveis o grau de isolamento, o modelado do terreno e a dimensão da superfície, e estas variáveis respondem pelas diversas relações e arranjos ecológicos das paisagens (McArthur; Wilson, 1967).

Considera-se que as ilhas biogeográficas podem ser também ilhas de vidas isoladas e por isso análogas ao funcionamento ecológico das ilhas, marinhas (oceânicas, costeiras ou costeiras em jusante). Nesse sentido, do ponto de vista ecológico e ambiental, considera-se que as ilhas compõem sistemas abertos relativamente isolados no espaço da maritimidade e, apresentam superfícies ativas com fronteiras permeáveis e limites oscilantes.

6 URBANIZAÇÃO

Do ponto de vista do Urbanismo, considera-se aqui que, o conceito de sistema isolado pode ser muito interessante para ser aplicado como um princípio projetual no tratamento das ilhas e incorporado nas práticas urbano-paisagísticas. Com ele se estabelece uma alta eficiência do espaço paisagístico e demanda baixa de manutenção para a conservação ambiental,

consequentemente baixa entropia (input-output) (SPIRN, 1995). Lembra-se a explicação de Spirn (1995) para o projeto de parque, por exemplo. Para atender a baixa entropia as entradas de recursos tão poucas quanto as saídas, a entrada (input) de espécies que precisem de pouco replantio, especialmente vegetais perenes que precisam de pouca água, pouca fertilização e pouca poda para se desenvolver e se conservar, devem gerar também poucos resíduos de poda ou de folhagem caída – output, regulando entradas e saídas de matéria e energia.

Exemplo da regulação entre entradas e saídas vem em outro exemplo, como o da ilha de Cingapura, onde as culturas agrícolas são praticamente inexistentes (representam 1% da economia), sendo admitidas somente, em função da condição insular e escassas reservas de água, culturas aquelas que dependem minimamente de água, como as de xerófitas e de orquídeas para exportação, ou de plantas e vegetais sob técnicas hidropônicas. A escassez de água rebate na vida insular e nas práticas socioculturais, desde a produção de ovos, criação de aves ou de peixes para consumo humano ou de peixes ornamentais, até mesmo no paisagismo, todos obtidos a partir de técnicas de conservação e reciclagem de águas. Em Cingapura, a propaganda nacional enfatiza a reafirmação da consciência de que os recursos naturais são severamente limitados e de que há uma alta densidade populacional, demandando uma grande quantidade de água e superfície (Singapore Government, 2011).

A essência da urbanização é a transformação das paisagens em paisagem urbana formando arranjos paisagísticos com elementos diferenciados e comuns, como cita Spirn (1995,29). Tais arranjos paisagísticos não estão dissociados dos elementos socioculturais e variam de espaço a espaço, construindo uma lógica formal que caracteriza a paisagem como urbana. A morfologia complexa da paisagem urbana, pode ser estudada através de seus quatro elementos principais (categorias de análise) conforme Prado (2002, 33): os elementos geofísicos, os fauno-florísticos, a sociedade e os artefatos (os constructos humanos que transformam a paisagem).

Enfatiza-se aqui, a formação dos acessos e dos assentamentos como operações fundamentais da urbanização. Como é um processo que modifica as paisagens através da fragmentação, modelação, e construção (de infraestrutura e edificação), substitui com estas operações de padrões homogêneos, as paisagens por paisagens urbanas. Elas requerem, em geral, o desmatamento, a modificação da geometria das superfícies (terraplanagens, cortes e aterros, formações de plataformas e declives) e a configuração dos acessos e de assentamentos. Se por um lado, tais operações permitem a formação do habitat humano, por outro, acarretam a degradação ecossistêmica. Com a perda da fauna e flora endêmica, a substituição ecossistêmica ao longo do tempo pode levar até a extinção, conforme a urbanização se caracteriza e espalha.

A urbanização cria um novo ecossistema, o urbano, ao mesmo tempo em que suprime outros, promovendo a decadência de fauna silvestre (aves, mamíferos, insetos diversos, anuros e outros) e povoando com fauna urbana (pombos, cães, gatos e ratos, baratas, moscas e muitas pragas urbanas). A disseminação e o aumento demográfico das espécies urbanas, em geral, é apontada como um risco aos ecossistemas endêmicos das ilhas (Wu e Vankat, 1995).

Os padrões homogêneos da urbanização (fragmentação-modelação-construção) têm sido aplicados indistintamente, tanto no continente quanto nas ilhas. De modo geral, a criação do acesso e fixação humana, como operações essenciais da urbanização, promovem o dano ambiental e ecológico em qualquer de seus graus de impacto (perturbação, degradação, extinção). Projetar e construir as estruturas urbanas em ilhas, portanto, prescinde de práticas que apresentem menores riscos às populações (segurança, bem-estar e saúde); à biota, à qualidade dos recursos ambientais, às condições do meio ambiente (estéticas e sanitárias); às atividades sociais e econômicas. A urbanização excessiva desregula as trocas térmicas e altera o clima urbano nas ilhas (neste caso aumentando a formação das ilhas de calor nas ilhas), com a alta impermeabilização dos solos, uso de grandes superfícies polidas e refletoras, uso de energia

para aquecimento entre outras (Murphy et al., 2007). Tais alterações climáticas também contribuem para a alteração ecossistêmica (Wu; Vankat, 1975).

Nesta pesquisa identificou-se um fenômeno persistente na literatura, que é a homogeneização das paisagens litorâneas. Poucos autores têm feito uma distinção entre ilha e continente, tanto em relação ao comportamento das feições praias, quanto em relação às práticas urbano-paisagísticas aplicadas nestas superfícies. Muitas intervenções à beira d'água são aplicadas como sendo pontuais, apresentando estruturas rígidas em superfícies móveis. A construção de estradas ou intervenções paralelas à beira d'água ou junto à linha da costa, em muitos casos (waterfront) formam estruturas rígidas em superfícies naturalmente móveis, mas que merecem estruturas flexíveis. Tais intervenções pontuais rebatem em outros pontos ao longo da costa demonstrando que o manejo inadequado das margens de cursos d'água e do litoral têm repercussão sistêmica. Um "waterfront" é sempre um "waterfront", no continente ou nas ilhas, porém as urbanizações nelas não devem ser destituídas de compromissos com a paisagem ativa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Urbanismo Insular, antes de tudo, deve fazer frente a dois dos mais negativos aspectos da urbanização, aqueles projetos que criam condições que vulnerabilizam a condição insular e aqueles que estilizam o cotidiano dos ilhéus. Ignorar a condição insular no desenho urbano das ilhas e no processo de urbanização é, portanto, inadmissível, já que se conhecem os efeitos da degradação que afetam o ambiente, a fauna e flora, assim como as condições de vida da sociedade. É importante ressaltar que as alterações da superfície insular pela urbanização alcançam espessuras amplas da biosfera, impactando também nas suas bordas. A manutenção da qualidade das superfícies insulares tem importância fundamental na finitude, uma vez que as alterações pontuais numa feição praias repercutem de forma sistêmica ao longo da borda.

A abordagem da costa continental e insular tem sido indistinta em textos acadêmicos, imprensa e normas legais. Identificamos em alguns poucos documentos, a exigência de um tratamento diferenciado às ilhas, face às suas peculiaridades, como foi o caso dos gestores portugueses da região dos Açores e Madeira que exigem uma abordagem diferenciada na política da União Europeia (Política Marítima Europeia). Outros estudos ainda em construção, estão organizados por Gagliardi (2009). Também por isso, defende-se que a urbanização insular deve ser distinta da continental. Do ponto de vista ecológico, discutiu-se a condição insular de fauna e flora, apresentando os efeitos negativos da urbanização sobre elas, assim como as alterações ecossistêmicas e climáticas. Evidenciou-se que no tratamento da superfície insular devem ser considerados, os efeitos da fragmentação de ecossistemas e a distância das ilhas à outras terras. Quanto mais distantes situam-se, maiores se tornam as necessidades de conservação ecológica e ambiental.

A gestão da superfície e a conservação das águas, principalmente com a proteção das nascentes, cursos e alagados, topos de morros e dunas, são condições fundamentais, já que a quantidade de água é um limitador do tamanho das entidades urbanas (CASTELLS, 2000). E nas ilhas-cidades é fator de risco à própria sobrevivência ilhoa, que depende de sistemas de abastecimento eficientes e custosos. A transformação da paisagem insular pela urbanização tem relação direta com a suficiência de água potável que a entidade urbana pode ser capaz de prover. Estabelecimento de áreas non-aedificandi, ou controles rigorosos das águas, são práticas urbano-paisagísticas adotadas em muitas ilhas, como as gregas, japonesas ou Cingapura, por exemplo. A limitação de recursos, da água, energia e acessibilidade, assim como a ausência de ilheidade, predispõe ilhéus a uma suscetibilidade de desconhecidas cascatas de efeitos, que envolvem desde as perdas biológicas relacionadas à perturbação e degradação ambiental, quanto os efeitos da mudança do clima insular (MURPHY et al. 2007), ou mesmo da alteração das qualidades das superfícies e dos ecossistemas sobre tais superfícies (SPIRN, 1995).

Quando a sociedade de ilhéus reconhece a condição insular, a partir dela, adota e exige práticas urbano-paisagísticas que representem o desenvolvimento humano e a elevação do modo de vida do cotidiano insular, reduzindo a vulnerabilidade que as ilhas impõem. Quando não, há o ciclo de degradação e a falta de controles em relação à água e aos dejetos, que amplifica os problemas ambientais e as perdas ecológicas. Ilhas com baixo desenvolvimento apresentam plantações de subsistência e águas contaminadas, com desenvolvimento de doenças decorrentes desse quadro. Voltadas apenas à superação econômica e de emprego, a partir de infraestruturas básicas construídas sem interesse na proteção ambiental e ecológica das ilhas, como ocorre em Lagos, República Dominicana, Kiribati ou Nauru, ou como era a Cingapura dos anos 60.

A incipiência de uma cultura insular, ou até de uma negação da ilheidade, afetam as condições ecológicas e ambientais e aceleram os processos de agradação e degradação, com consequências desfavoráveis para o clima, a fauna, a flora, como também para os estoques de água, importante questão nutriz e formal em relação às ilhas, que são também as superfícies que apresentam maior biodiversidade. Adensar sobre algumas superfícies e preservar outras, como as bordas, podem ser uma possibilidade de convivência do sistema natural e do sistema cultural. Deve-se proteger os solos da degradação, e onde houver degradação, recuperar. Tal recuperação necessita de plantio cauteloso onde a terra foi removida, especialmente de espécies pioneiras endêmicas das ilhas, evitando as exóticas invasoras, que dominam a paisagem e reprimem o crescimento das nativas. O turismo, como atividade econômica muito frequente nas ilhas tem se mostrado como um dos processos que mais acarretam pressões da ocupação ou de sobre-exploração dos recursos naturais, produzindo grandes alterações paisagísticas.

REFERÊNCIAS

- Berthalanffy, L.. 1975. Teoria geral dos sistemas. Rio: Vozes.
- Bonnemaison, J.. 2005. Culture and space: conceiving a new cultural geography. Translated Josée Pénot-Demetry. London: I.B.Tauris, 154 p.
- Capra, F.. 2005. O ponto de mutação. São Paulo: Pensamento-Cultrix.
- Castells, M.. 1999. A sociedade em rede: a era da informação: economia sociedade e Cultura. São Paulo: Paz e Terra.
- Colwell, C.. 2007. Physics Lab online: resource Lesson: physical optics: interference and diffraction patterns. Acesso em: 14 nov. 2007. Disponível em: <http://dev.physicslab.org/Document.aspx?doctype=3&filename=PhysicalOptics_InterferenceDiffraction.xml>.
- Corner, J. (Org.). 1999. Recovering landscape: essays in contemporary landscape architecture: 287 p. Nova York: Princeton Architectural Press.
- Dias, J. A.. 2004. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos. Faro: Universidade do Algarve
- Diegues, A.C.; Rosman, P.C.. 1998. Caracterização dos ativos ambientais em áreas selecionadas da Zona Costeira Brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente
- Diegues, A.C.. 1998. Ilhas e mares simbolismo e imaginário. São Paulo: Hucitec
- Duomenge, F.. 1987. Geografia dos mares. São Caetano do Sul: Difusão Editora, 308 p.
- Forman, O.. 1996. Landscape ecology principles in landscape architecture and land use planning. Mimeografado.
- Frame, M.; Mandelbroit, B. 2007. A panorama of fractals and their uses. Disponível em: <<http://classes.yale.edu/Fractals/Panorama/welcome.html>>. Acesso em: 13 jul.
- Fundo De População Das Nações Unidas - UNFPA. 2007. Situação da população Mundial 2006-2007: desencadeando o potencial do crescimento urbano: relatório do III Fórum Urbano Mundial do UN-Habitat. Brasília, DF, p. 102.

- Gagliardi, P.. 2009. Organizations as Designed Islands. Institute of Island Studies, University of Prince Edward Island, Canada. *Island Studies Journal*, Vol. 4, No. 1, pp. 43-52
- Lenton, T.; Lovelock, J.E. 2000. Daisyworld is darwinian: constraints on adaptation are important for planetary self-regulation. *J. theor. Biol.*, n. 206, p. 109-114,
- Lorenz, E.N. 1986. On the existence of a slow manifold. *Journal of the atmospheric Sciences*, v. 43, n. 15, p. 1547-1557,
- Lovelock, J.E. 1988. A Terra como um organismo vivo. In: WILSON, E.O. (Org.). *Biodiversidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira,
- Mcarthur, R; Wilson, E.O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton: University Press,
- Metzger, J.P.. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P. et al. (Orgs.). 2003. *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p. 49-76.
- Morin, E.; LE Moigne, J.L.. 2000. *A inteligência da complexidade*. São Paulo: Pirópolis,
- Morin, E.. 2006. *Introdução ao pensamento complexo*. Porto Alegre: Sulina, 120p.
- Muehe, D.. 2007. *Erosão e progradação do litoral Brasileiro*. Rio de Janeiro: UFRJ
- Murphy, D.J.R. et al. 2007. The relation between land-cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico. In: *URBAN ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 7.*, San Diego: Proceedingn..., San Diego: American Meteorological Society, 2007. 7 p. Disponível em : <<http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/126931.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2008.
- Prado, B.I.W.. 2002. *A Ponta D'Areia na São Luís do Maranhão: as formas e arranjos da paisagem em transformação*. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Prado, B.I.W..2011. *Paisagem Ativa das Ilhas*. Tese de Doutorado em Urbanismo. Rio de Janeiro: PROURB/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 313 p.
- Programa Das Nações Unidas Para O Desenvolvimento - PNUD. 2009. *Relatório de Desenvolvimento Humano 2009: ultrapassar barreiras: mobilidade e desenvolvimento humanos*. New York
- Região Autônoma Dos Açores. 2006. Governo Regional. Um contributo açoriano para a futura política marítima europeia. Disponível em: <http://www.azores.gov.pt/NR/rdonlyres/6FD1473B-BA62-4F93-984F-073E8F231F92/158396/31azorean_pt.pdf>.
- Singapore Government. 2011. Singapore. Home. Disponível em: <<http://www.gov.sg/government/web/content/govsg/classic/home>>. Acesso em: 15 mar. 2011.
- Souza, R.B.(Org.). 2005. *Oceanografia por satélites*. São Paulo: Oficina de Textos336 p.
- Spirn, A.W.. 1995. *O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade*. São Paulo: Edusp, 345 p.
- Stratford, J.A.; Robinson, D.. 2005. Distribution of neotropical migratory bird species across an urbanizing landscape. *Urban Ecosystems*, n. 8, p. 59-77, Mar.
- United States Of America Army Corps Of Engineers - USACE. 2005. *Coastal engineering manual*.
- Waldheim, C. 2002. *Landscape urbanism: a genealogy*. PRAXIS Journal, n. 4, p. 4-17.
- Waldheim, C. 2006. *The landscape urbanism reader*. New York : Princeton Architectural Press,
- Wall, A. 1999, *Programming the urban surfaces*. In: CORNER, James (Org.). *Recovering Landscape: essays in contemporary landscape architecture*: p. 233-250. Nova York: Princenton Architectural Press.
- Wu, J.; Vankat, J. L. 1995. *Island biogeography: theory and applications*. In: NIERENBERG, William A. *Encyclopedia of environmental biology*. San Diego: Academic Press, v. 2. p. 371-379.

Os sistemas de espaços livres e o meio ambiente urbano – sobre um projeto de pesquisa nacional

Macedo, Silvio Soares

Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Projeto, laboratório QUAPÁ – Quadro do Paisagismo no Brasil.

ssmduck@usp.br

ABSTRACT: Urban open spaces system meaning squares, streets, avenues, parks, courtyards, mangroves, etc; and we can consider this system like one of the most important infrastructures of the city. During the last decades of the 20th century and in the first years of our century the Brazilian cities grew and changed hardly with new expansion frontiers in the central part of the country and with the creation of dozens of metropolitan areas. At this time a new morphological pattern was developed and a new kind of open spaces system was created. This paper focuses a research process which studies the Brazilian contemporary urban open spaces systems and the urban form in their main cities and metropolis. Since 2006 the Quapa Laboratory of Departamento de Projeto da FAUUSP has developing researches about this matter with a network of Brazilian researches and it'll present the researches methodologies and the results of the four first years of a new research started in 2012 named "Open spaces systems and the contemporary Brazilian urban form".

RESUMO: Sistema de espaços livres urbanos corresponde a todos os espaços livres de uma cidade, sejam eles praças, ruas, largos, quintais, parques, bosques, florestas de mangue, terrenos vazios e principalmente as ruas e avenidas por onde corre grande parte do cotidiano urbano. Consideramos por este motivo o sistema de espaços livres de cada cidade como um dos seus mais importantes tipos de infraestrutura devido justamente a este caráter fundamental no cotidiano urbano. A urbanização brasileira durante todo o século XX, em especial na sua segunda metade passou por um processo de grande expansão, sendo abertas novas fronteiras urbanas na região central e norte do país, se constituindo neste período as principais metrópoles do país, em 2014 são mais de uma dezena as regiões metropolitanas e as cidades com mais de 200.000 são comuns por todo o país, entre elas Rio de Janeiro, Curitiba, Recife, Brasília, Porto Alegre, Belo Horizonte, etc. Neste universo se delinea um novo quadro morfológico e um tipo de sistema de espaços livres altamente complexo, diversificado e variável de acordo com o porte, com a função e a localização da cidade, processo este que estamos estudando desde 2006, a partir da constituição da rede nacional de pesquisa QUAPÁ Sel, que envolve mais de 20 centros de pesquisa brasileiros, coordenados pelo Laboratório QUAPÁ da FAUUSP – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP. Esta participação tem como finalidade mostrar os resultados obtidos neste processo de pesquisa explicitando o papel dos espaços livres na cidade brasileira, desde os seus atributos para da vida cotidiana até suas implicações de caráter ambiental e o seu papel estruturador da forma urbana.

1. INTRODUÇÃO

Trata-se de Projeto Temático que visa investigar as relações entre os sistemas de espaços livres e a produção da forma urbana das cidades brasileiras na atualidade. Dá continuidade à Rede Nacional de Pesquisa QUAPÁ-SEL estabelecida a partir de 2006, que objetiva entender o papel dos principais agentes da produção do objeto investigado – do espaço concebido ao espaço vivido e estabelecer critérios de qualidade que considerem as especificidades locais – do clima às manifestações culturais – e as possibilidades de arranjo dos espaços livres e edificados integrantes do sistema espacial quanto às suas formas, funções e apropriações. O objeto é complexo: não são os espaços livres nem a forma urbana em si, mas as relações que se

estabelecem entre ambos que constituem o foco desta pesquisa. Tais relações constituem um sistema, apresentam uma estrutura e uma organização que contém em seu interior, dialeticamente, as relações que a estabelecem e que a desestabilizam. Impõe-se uma abordagem crítica para apreender o processo socioespacial de constituição das formas, e o que é comum à produção do espaço a nível nacional e para cada local investigado.

Não se pretende um criar manual da boa forma urbana, mas sim estabelecer princípios teóricos e consolidar métodos de avaliação contribuindo para as diversas escalas de planejamento e de projeto do espaço urbano, com ênfase na vida pública.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Compreender as principais estruturas da forma urbana e sistemas de espaços livres da cidade brasileira de modo a se ter uma visão geral e após estabelecer uma crítica do principal conjunto de formas urbanas da cidade brasileira, até hoje desconhecido em sua totalidade, o que é fundamental para futuras ações e estudos e estabelecer procedimentos de análise qualitativa e critérios de avaliação dos sistemas de espaços livres e formas urbanas no que tange:

- (1) ao seu potencial desempenho para o estabelecimento da vida pública;
- (2) ao grau de obsolescência e vitalidade de diferentes tipos de espaços livres e formas construídas;
- (3) ao entendimento de significados cotidianos e simbólicos;
- (4) à sua contribuição ambiental: drenagem, microclima, macroclima, estabilidade do solo, conservação e dinâmica ecológica (manguezais, dunas, florestas urbanas, cerrados, etc.);
- (5) a discussão de alternativas projetuais dos espaços livres existentes e suas relações com tecidos urbanos preexistentes.

Pretende-se ainda gerar material gráfico e iconográfico específico, que contribuam para este estudo, para o acervo do Laboratório QUAPÁ e dos centros de pesquisa parceiros, de modo a colaborar neste estudo, em estudos correlatos e a demandas do público em geral.

Estão em desenvolvimento as seguintes atividades:

2.1 - A construção de um referencial metodológico para a análise das relações entre os sistemas de espaços livres e forma urbana.

Desde o início do grupo QUAPÁ sel estabelecemos um padrão, reuniões semanais e obrigatórias dentro do grupo São Paulo, fato este que possibilita uma evolução continua do trabalho. As reuniões se desenvolvem na forma de “brain storn”, de debates programados, de apresentações de temáticas específicas, de relatos de oficinas e viagens, para revisão de mapeamentos, na discussão de estudos de caso e ainda servem para estabelecimento de estratégias de ação, estabelecimento de normas e padrões gráficos e para a discussão de textos.

Novos conceitos têm sido estabelecidos e acreditamos e um grande avanço, que está facilitando o nosso processo de trabalho, foi o fato de adotarmos a ideia da forma urbana como materialidade. No caso entendemos ser esta uma a pesquisa desenvolvida predominantemente por arquitetos e paisagistas que tem sua atividade pautada na concepção e construção de estruturas materiais para um futuro e adotar forma como materialidade e também ainda como resultado de um processo social em constante evolução, acabou sendo um resultado natural do processo de discussão.

Ficaram também claras as escalas de abordagem, que em um processo de revisão bibliográfica se mostrou compatível coma as escalas adotadas pelas diferentes escolas de estudos da paisagem, da morfologia e do desenho urbano, que seriam as escalas da cidade, do bairro e da

rua. Uma quarta escala ainda é considerada a da cidade no território, para nós fundamental no entendimento da sua inserção no contexto da macro paisagem ,com todas as implicações recorrentes, seu relacionamento com o suporte físico e a dinâmica ambiental local,escala típica do planejamento e da ecologia da paisagem, campos de estudo do paisagismo, disciplina de origem de boa parte dos pesquisadores.

2.2 - estabelecimento de critérios de avaliação destas relações – forma – espaços livres.

Adotam-se os seguintes critérios de avaliação:

I – conhecimento dos agentes produtores, suas escalas e formas de atuação, no caso o Poder Público, as empresas e empresários e a população em geral.

II- entendimento e especificação dos tipos morfológicos existentes em cada cidade, objeto de todos os mapeamentos em andamento e de atividades específicas em cada oficina.

Foram criados uma série de mapas temáticos que estão sendo construídos para todas as cidades em estudo – enfatizando respectivamente recuos de edificações, portanto formas de espaços livres intralote e intraquadra, porcentagem de arborização intraquadra, que nos ajuda a mostrar a importância ou não da vegetação de porte na constituição da estrutura morfológica intraquadra e de principais tipos morfológicos existentes, criados a partir da relação espaço livre-espaço construído/volumes edificados.

Os mapas de tipos por sua vez nos permitem gerar uma série de outros, que permitem uma rápida visualização da estruturação morfológica de cada cidade, considerando-se como referencia dois tipos básicos de volumetria construída – horizontal e vertical.

III- caracterização e avaliação do sistema de espaços livres de cada cidade, tanto no âmbito público, como privado, suas características, tipos de espaço e formas de apropriação e suas interfaces com a estrutura morfológica existente.

IV – entendimento do papel da legislação urbanística e ambiental, tanto nos processos de parcelamento, como nas restrições ambientais.

2.3 - formulação de sistemas de variáveis que orientem ações propositivas de qualificação da forma e dos espaços livres urbanos

Este objetivo começa a ser alcançado com a delimitação dos primeiros critérios de avaliação dos sistemas de espaços livres, de acordo com o esquema a seguir, no qual foram estabelecidas duas categorias de avaliação, de padrões necessários/básicos e qualitativos. O primeiro esquema mostra uma primeira tomada de posição sobre critérios de avaliação de um sistema de espaços livres, sendo que o que o item atributos – necessários e qualitativos é básico em tal processo.

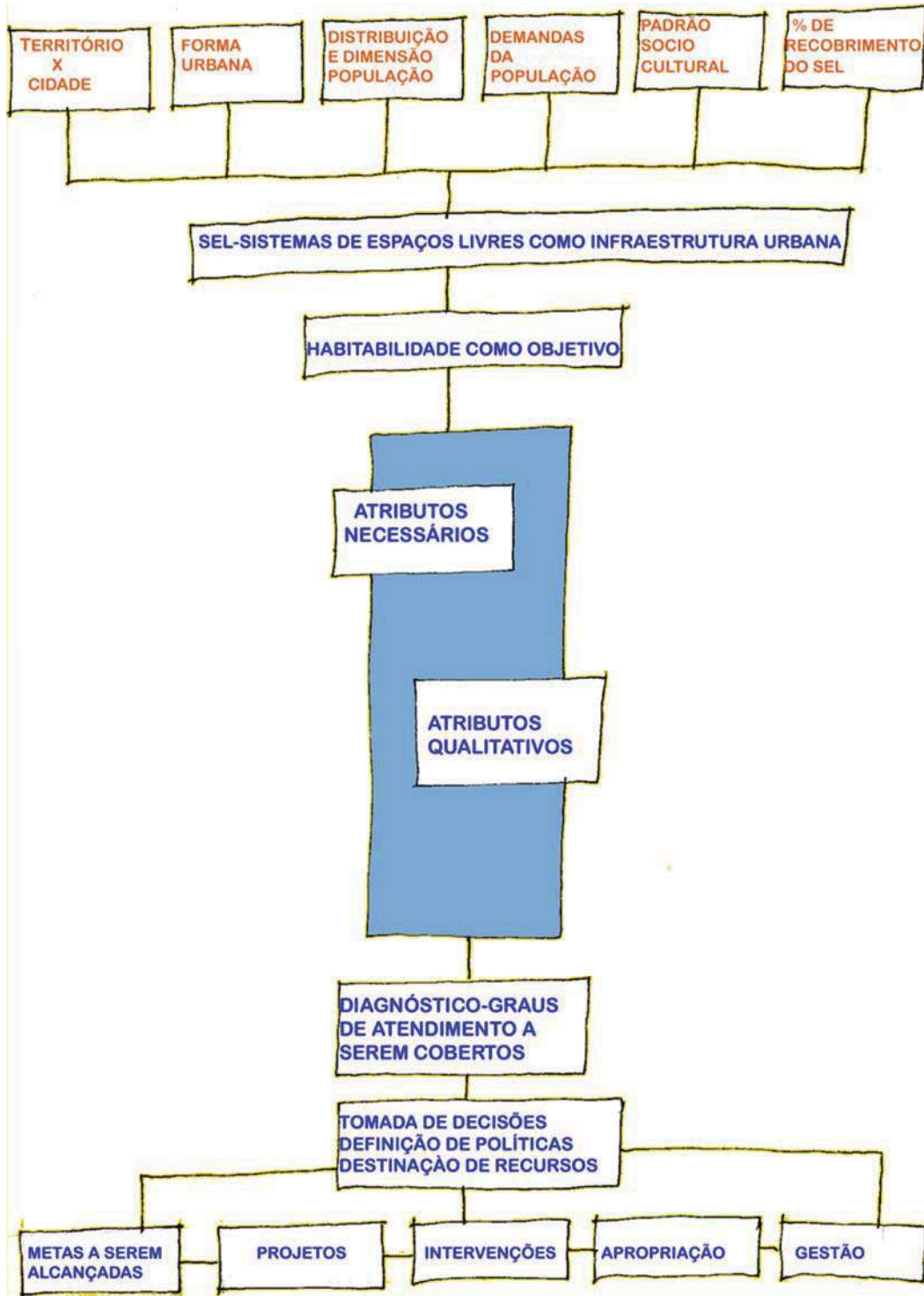


Figura 1: Esquema gráfico produzido por Silvio Macedo, 2014

O próximo esquema abre as diversas caixas em subitens e aquelas correspondentes aos atributos trazem um conjunto de pontos estruturais na qualificação de um sistema.

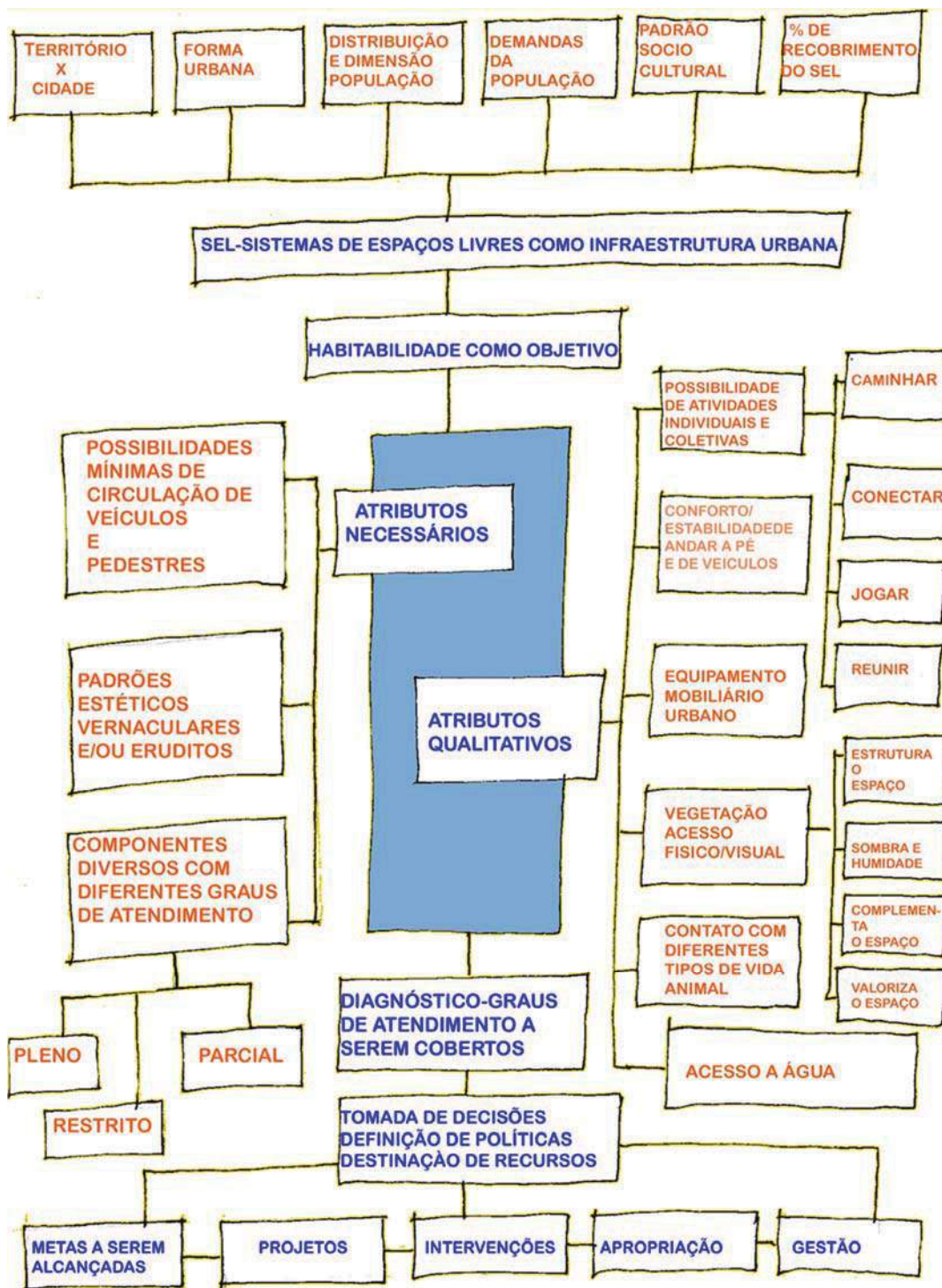


Figura 2: Esquema gráfico produzido por Silvio Macedo, 2014.

No tocante a avaliação da forma urbana os seguintes resultados podem ser apontados:

- o recorrente processo de construção do lote urbano, que tem a maioria da sua área ocupada pelo edifício, que no caso das pequenas e médias edificações passam por processos constantes de ampliação, sendo os espaços livres reduzidos ao mínimo, com um constante favorecimento da impermeabilização urbana. Nas áreas de alta renda a impermeabilização do solo é grande nos pátios e corredores, sendo a piscina um elemento comum em todos os setores de alta renda.

- o estabelecimento de extensas áreas de reservas, verdadeiros estoques de terras designados como APPs urbanas ao longo dos corpos d'água urbanos, que objetivam de fato a conservação da vegetação lindeira eventualmente existente.
- a extrapolação dos coeficientes de aproveitamento oficiais, por meio de artifícios legais pelo mercado imobiliário.
- o estabelecimento de vetores de expansão urbana ao longo de rodovias e anéis viários, a constituição de extensos trechos urbanos dispersos, em especial na região de Campinas, na Grande Vitória, em Brasília, no vetor Oeste e ao norte da metrópole São Paulo.
- a continuidade de um processo de expansão urbana, extremamente fragmentado, na periferia das grandes e médias cidades, favorecido pelo programa Minha Casa Minha Vida, pela suburbanização das classes média e alta, que passa a habitar condomínios e loteamentos fechados, pelo estabelecimento de shopping centers e out lets, centros de logística e parques industriais ao longo das estradas enfim com a consolidação, a partir da segunda metade do século XX do automóvel, do caminhão e do ônibus como os principais meios de locomoção e transporte no país. A relação automóvel/habitante chega comumente a 1/2 nas mais diferentes cidades, chegando a 1/1 em alguns centros urbano.

O programa Minha Casa Minha Vida consiste em um programa federal, iniciado em 2009, que tem como finalidade, a construção de habitações populares em larga escala, já chegando em 2015 a mais de um milhão e meio de unidades construídas, em parcerias com governos municipais e a iniciativa privada.

- a incompetência das redes viárias de grande parte das cidades de suportar o aporte dos novos veículos, em constante ascensão em número, associada à incompetência e por vezes falta de interesse/e ou recursos do Poder Público em adequar a estrutura viária urbana a este novo perfil. Por outro lado outras formas de transporte de massa ainda estão longe de serem viáveis, como o metro ou os sistemas de transporte rápido por ônibus, também por falta de interesse, recursos ou investimentos de fato.
- a indigência dos espaços de circulação de pedestres, calçadas em especial, em geral de pequenas dimensões.
- o espraiamento da verticalização por amplos setores da malha urbana dos principais centros urbanos, em um porte nunca antes visto, em função do novo tipo de configuração do mercado imobiliário nacional de grande e médio porte, que consegue, com incentivos oficiais e com a abertura de capital nas Bolsas, ampliar seus recursos e grau de atendimento.
- a consolidação de três figuras urbanas importantes: o condomínio horizontal fechado, que pode ser residencial, comercial e industrial, a quadra condomínio vertical (também fechada) e o loteamento fechado.
- o espraiamento e o grau de abrangência dos shoppings centers, comuns em todas as cidades de médio e grande porte.

2.4 - estabelecimento de princípios de dependência entre os sistemas de espaços livres e as estruturas construídas

Partimos do pressuposto que esta relação é total e pode ser representada, pelo menos em sua estrutura por mapas temáticos e esquemas gráficos e esta tem sido a nossa tentativa ao criar novos tipos de mapas e gráficos.

Desenvolvemos durante o ano uma série de gráficos e diagramas que pretendem auxiliar neste objetivo e que neste próximo ano deverão ser mais bem calibrados.

Paralelamente consideramos que não se pode prescindir de formas tradicionais de avaliação e representação como mapas figura-fundo e mapas cadastrais – nem sempre disponíveis e atualizados e o uso de mapas convencionais de uso de solo, zoneamento, transportes, etc. como apoio aos nossos estudos.

2.5 - o estabelecimento dos tipos de implicação entre o sistema de espaços livres e a forma urbana existente e os processos de degradação ambiental em andamento

Este é um assunto que continua se mostrando recorrente em todos os nossos processos de análise, especialmente quando se avalia a existência e distribuição de espaços públicos de recreação e lazer como parques, praças e jardins e quando se constata por mapeamentos e documentação fotográfica as altas taxas de impermeabilização existentes, tanto nos espaços públicos, ruas em especial, como no espaço intraquadra. Pode-se afirmar que se está delineando um fato importante, isto é a existência de um padrão, que recobre todo o país, que é o do tecido urbano muito construído, fato este que de fato caracteriza a cidade brasileira, seja seu tecido urbano de características horizontais, verticais ou mista, com poucos espaços livres intraquadra, com espaços públicos de recreação e lazer reduzidos, com baixos índices de arborização sendo ainda o principal espaço público a rua/via pública.

2.6 - verificação do papel dos agentes públicos e privados que levam à configuração dos fenômenos detectados em 1, 4 e 5.

A ação de Estado se expressa tanto por benefícios econômicos, financiamentos, linhas de crédito para habitação ou novos empreendimentos comerciais, de serviços e industriais, como por operações urbanas, normas edilícias restritivas ou moderadas, investimentos em estradas e avenidas, linhas de metro, construção de parques, praças e jardins, estabelecimento de áreas de conservação e preservação, apoio a construção de estádios, centros esportivos, etc. que valorizam áreas antes de pouco valor. Estas abrem novas frentes para a ação do mercado imobiliário de todos os portes, como para atividades comerciais e de serviços, que por sua vez promovem a transformação dos mais diversos setores urbanos ou a criação de novas áreas, tanto no interior, como nas bordas da mancha urbana ou ainda possibilitando a extensão e expansão da mancha urbana por extensas áreas de um modo contínuo ou descontínuo.

A ação dos agentes privados pode ser mensurada de diversas formas de acordo com sua atuação.

Na atuação do mercado imobiliário que está intimamente associado ao processo de verticalização da cidade brasileira, que juntamente com o processo de loteamento é já há muitas décadas um dos principais fatos geradores da transformação da paisagem urbana brasileira e da criação de novas formas de espaços livres privados. Estes ao mesmo tempo em que são regulados por uma legislação urbanística consistente e bastante eficiente nas grandes cidades, passa por um processo de transformação com o surgimento de novos produtos do mercado imobiliário, possibilitados pelo grande aporte de recursos no setor, devido à captação de valores no mercado de ações e a transformação e o crescimento de uma série de empresas que passam com a disponibilidade de recursos a racionalizar sua produção e a expandir o porte e a abrangência de seus investimentos, como quadras verticais e condomínios horizontais de grande porte.

Paralelamente surgem grandes empresas de atuação nacional e o estado/governo federal cria o programa Minha Casa Minha Vida que cria facilidades financeiras para a criação de extensas áreas urbanas, muitas fechadas por muros e verticalizadas.

O fato é que a verticalização no Brasil está diretamente associado à produção de generosos espaços livres e de bastante qualidade, muitos tratados paisagisticamente e cuja criação, na maior parte das cidades é favorecida por normas edilícias. São então são produzidas milhares

de áreas de práticas esportivas e de recreação infantil, muitas em meio a jardins elaborados (no caso de áreas de classe média e alta). Está também associada à alteração de significativas áreas urbanas em termos de extensão e porte, configurando paisagens que são símbolos de progresso e modernidade, tanto de áreas destinadas à habitação como de áreas destinadas a atividades centrais, cujas torres por vezes estão cercadas de jardins e praças corporativas.

3. ATIVIDADES EM ANDAMENTO

(1) revisão da bibliografia para o aprofundamento da fundamentação teórica – em contínuo trabalho de revisão, com consulta de novos autores, tanto aqueles referentes a morfologia urbana, como sobre os espaços livres e suas formas de apropriação e sobre os agentes produtores da forma urbana

(2) revisão da bibliografia referente ao “estado da arte”- em andamento

(3) leitura das legislações urbanística e ambiental referentes aos estudos de caso –

(4) realização de oficinas temáticas – que objetivam uma interação e um aprofundamento entre o trabalho dos pesquisadores do grupo de São Paulo e os grupos setoriais de pesquisa

Cada oficina segue a seguinte estrutura padrão:

- primeiro dia – sobrevoo e visita de campo por terra, com o apoio de nossos parceiros locais. Esta visita e este sobrevoo são fundamentais, tanto para uma documentação fotográfica geral e abrangente, como para a compreensão total da morfologia, da estrutura viária e do tipo de espaços livres de cada cidade.



Figura 3: Vista geral da cidade de São Carlos, tomada em sobrevoo, mostrando os limites de sua mancha urbana e o seu crescimento urbano fragmentado e extensivo. Foto: Silvio Macedo, 2014.

- segundo dia – apresentação organizada pelo grupo local em que especialistas ligados a universidade, ao Poder Público e a sociedade apresentam reflexões e sínteses sobre as seguintes temáticas: sistema de espaços livres, legislação urbanística e ambiental, gestão e implantação de espaços públicos, investimentos do Poder público e do mercado imobiliário e forma urbana. Após esta atividade se faz uma divisão dos participantes em quatro grupos de trabalho, que sobre o material reunido pelo grupo local e o mapeamento produzido pelo grupo de São Paulo analisam a cidade sobre quatro pontos de vista/um por grupo: sistemas de espaços livres, legislação ambiental e urbanística, investimentos públicos e privados e tipologias urbanas.

- terceiro dia – continuidade dos trabalhos e ao final do evento após a apresentação dos trabalhos de cada grupo é feita uma síntese pelos participantes da oficina e pelo grupo de São Paulo, sobre a forma da cidade e seu sistema de espaços livres, que em geral resulta em um esquema gráfico feito sobre mapas. A partir dos resultados alcançados solicita-se ao grupo local a geração de um texto que aprofunde e sintetize o que foi estudado durante a oficina.

4. RESULTADO ESPERADOS

- a formulação de quadro teórico-conceitual atinente à realidade atual das grandes cidades brasileiras e, com maior aderência, evidentemente, às cidades e metrópoles selecionadas para esta pesquisa – processo em andamento e em constante aprimoramento.

- o estabelecimento de método de análise de relações entre sistemas de espaços livres e forma urbana aplicáveis à realidade nacional – já desenvolvido e em processo natural de aperfeiçoamento, tanto pelas oficinas, como mapeamentos e discussões de fundo metodológico.
- a constituição de amplo quadro nacional referente às relações entre os atuais processos de produção dos sistemas de espaços livres e das formas urbanas e os padrões formais estabelecidos em cada cidade derivados dos procedimentos vernaculares e de mercado e ainda da legislação urbanística e ambiental existente.
- o entendimento do comportamento climático nas cidades avaliadas e as supostas respostas destas a tal contexto climático, isto é os padrões de espaços livres e formas existentes e sua adequação a tais contextos.
- a proposição de sistema de critérios de avaliação da qualidade dos sistemas de espaços livres e formas urbanas considerando seu potencial para a vida urbana e seu desempenho ambiental/a formulação de críticas gerais e específicas sobre o assunto a partir de parâmetros de análise que considerem sistemicamente as variáveis envolvidas, evitando-se, portanto, a formulação de “manuais da forma urbana
- o fortalecimento da Rede Nacional QUAPÁ-SEL e de procedimentos de pesquisa que consideram a contribuição multidisciplinar e interdisciplinar – atividade cotidiana, que tem nas oficinas, colóquios e trabalhos conjuntos o seu cerne e que se constitui em atividade contínua do processo de pesquisa.
- a formação e o aperfeiçoamento de pesquisadores em diferentes níveis (da iniciação científica ao pós-doc)
- a publicação de resultados parciais em revistas científicas da área e em eventos científicos; - a publicação final de livro com divulgação dos resultados.

5. ABRANGÊNCIA DOS TRABALHOS

Os estudos da pesquisa estão voltados para uma rede ampla de cidades brasileiras, capitais e cidades de porte médio como: Belém, Belo Horizonte, Brasília, Campina Grande, Campos de Goytacazes, Campinas, Campo, Grande, Cuiabá, Curitiba, Florianópolis Fortaleza, Goiânia, João Pessoa, Jundiá, Limeira, Maceió, Macapá Manaus, Maringá, Natal, Palmas, Porto Alegre, Recife, Ribeirão Preto, Rio Branco, Rio de Janeiro, Salvador, São Carlos, São Luís, São Paulo, Santos, Sorocaba, Teresina, Uberlândia, Umuarama e Vitória.

Complementação do banco de dados do laboratório QUAPÁ – em constante processo de atualização com a inserção de fotos aéreas e mapeamentos.

6. CONCLUSÕES

Após quatro anos de atividades, quatro colóquios realizados e 15 oficinas temáticas em diversas cidades do país, como Recife, Belém do Pará e Santo, os resultados tem sido expressivos, pois grande parte dos objetivos da pesquisa forma alcançados, ou estão em processo de elaboração.

Conseguimos hoje depreender o papel do Estado e da iniciativa privada na configuração da forma da cidade e de seu sistema de espaços livres, estamos com metade dos mapas temáticos já prontos e em processo de análise e principalmente conseguimos detectar as principais novas formas em desenvolvimento, suas localizações e distribuição. Destacam-se : os loteamentos e condomínios fechados, os novos parques tradicionais ou lineares, as praias urbanizadas com suas calçadas generosas, o espraiamento da verticalização e sua configuração, as avenidas e estradas ladeadas de shoppings centers e estabelecimentos comerciais dependentes do automóvel e os grandes empreendimentos residenciais destinados a população de baixa renda,

ao longo de estradas e rodovias, como síntese uma cidade ainda predominantemente horizontal, com um sistema viário bastante incompetente para abrigar a crescente frota de veículos, densamente construída e com escassos espaços livres de recreação e conservação

REFERENCIAS

Arendt, H. (2008), *A Condição Humana*. Rio de Janeiro: Forense Universitária.

Aguiar, Douglas; NETTO, Vinicius (Orgs.). *Urbanidades..* Rio de Janeiro: Folio Digital: FAPERJ, 2012. CARLOS, Ana Fani A. (Org.) *A reprodução do espaço urbano*. São Paulo: Contexto, 2010.

Custódio, Vanderli. *Escassez de água e inundações na Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo: Humanitas, 2012.

Ferreira, João Sette Whitaker (coord). *Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano*. LABHAB, FUPAM, 2012.

Ledrut, Raymond. *La form et sa signification dans la société*. Paris: Librairie des Meridiens, 1984

Macedo, Silvio S. et al. *Os sistemas de espaços livres e a constituição da esfera pública contemporânea no Brasil*. Projeto Temático. São Paulo: FAUUSP, 2007

Magnoli, M. M. *Espaços livres e urbanização: uma introdução a aspectos da paisagem metropolitana*. Tese de livre docência. São Paulo: FAUUSP, 1982.

Queiroga, Eugenio. *Dimensões públicas do espaço contemporâneo: resistências e transformações de territórios, paisagens e lugares urbanos brasileiros*. 2012. 284 p. Tese (Livre-docência em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Reis Filho, Nestor G. *Notas sobre a urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano*. São Paulo: Via das Artes, 2006

Santos, Carlos Nelson F. dos (1985) org. *Quando a rua vira casa: a apropriação de espaços de uso coletivo em um centro de bairro*. São Paulo: Projeto.

Santos, Milton. *Da totalidade ao lugar*. São Paulo: EDUSP, 2005.

Villaça, Flávio. *Reflexões sobre as cidades brasileiras*. São Paulo: Studio Nobel, 2012

Espaços públicos urbanos: o centro urbano

Alina Gonçalves Santiago

Federal University of Santa Catarina, Department of Architecture and Urbanism, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil.
alinagsantiago@hotmail.com

Gabriel Santiago Pedrotti

Federal University of Santa Catarina, Department of Architecture and Urbanism, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil.
gabrielpedrotti@gmail.com

ABSTRACT: The current trend of urban centers revaluation is accompanied by the renewal of public open spaces. These spaces have a vocation to be more appropriate for users to the extent that meet quality concepts such as comfort, safety, diversity of interesting visuals, clear indications of orientation and dispositions, sociability and diversity of uses. Are the urban interventions that have adopted these concepts a guarantee of success? How is the involved population have been reacting? The objective of this study is to verify the permanence and use of a public space in downtown Florianópolis / SC. Through observation and interviews it was possible to identify, especially the predominant uses and permanence are related to present activities and do collaborate to environmental sustainability.

Keywords: open spaces, public spaces, appropriation, use.

RESUMO: A tendência atual de revalorização dos centros urbanos vem acompanhada da requalificação dos espaços livres públicos. Estes espaços tendem a ser mais apropriados pelos usuários na medida em que atendem aos conceitos de qualidade, como conforto, segurança, diversidade de pontos de visuais interessantes, claras indicações de orientação e destinações, sociabilidade e diversidade de usos. Será que as intervenções urbanas que vêm adotando estes conceitos são garantia de sucesso? Como a população envolvida tem reagido? O objetivo deste estudo é verificar a permanência e uso de um espaço público no centro de Florianópolis/SC. Através de observação e entrevistas foi possível identificar, sobretudo que os usos predominantes e a permanência estão relacionados às atividades presentes e colaboram para a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: espaços livres, espaços públicos, apropriação, uso.

1 CONCEITUAÇÃO

1.1 Praças

Ao longo do tempo, as praças adquiriram diferentes feições, indo da ágora grega – espaço central e vital, símbolo da presença popular nas atividades política e comercial, até as mais diferentes atividades urbanas contemporâneas. No Brasil, segundo Reis Filho (1968) a presença de praças e largos vem de longa data, lembrando os primeiros séculos da colonização e ocupando a posição de valorizadores do espaço com função organizacional. Esses espaços sempre são foco de atenção dos poderes políticos e administrativos urbanos, atraindo para seus arredores as edificações mais representativas de cada época. Marx (1980) reforça que as praças no Brasil colonial estavam associadas aos adros das igrejas, servindo para reunião de pessoas e diversas atividades, não só religiosas como também as de recreio, comércio, políticas e militares.

De acordo com Robba & Macedo (2002), a praça brasileira ainda é uma figura urbana pouco conhecida em sua essência tanto por seus usuários como criadores, e as configurações mais recorrentes são a praça jardim, ou a praça de esportes. Vaz (2003) trata a praça pública, em particular a praça pública central, como cenário onde os usuários atuam nos papéis de ator e

espectador e os indivíduos que penetram sobre o lugar e a ação que se tem passado são imediatamente submissos à condição de estar em público.

A apropriação acontece pelo uso, seja pelo contato físico ou visual com o espaço e buscamos descobrir como é esse uso em praças públicas em diferentes situações geográficas, culturais, histórica, entre outras condicionantes. As ações de apropriação contêm a ideia de movimento, que caracteriza o ato de conhecer, como um processo permanente e sem fim de aproximação entre os indivíduos e/ou fenômenos. Cada espaço tem uma utilidade urbanística definida e usos específicos que indicam como as pessoas se apropriam desses lugares especiais que a cidade lhes oferece. Portanto, a vivência nas praças, as diferentes manifestações humanas e os diversos usos que a praça oferece aos usuários são importantes indicadores de urbanidade.

De maneira geral, as praças brasileiras são abandonadas, mal cuidadas, ou sem manutenção regular, o que pode mostrar uma falta de vitalidade para a sua apropriação devido a estrutura social vigente, segregada ou artificial. Serpa (2007) sugere que os espaços acessíveis a todos vão sendo apropriados de modo seletivo e diferenciados pelos diferentes agentes e grupos.

Em suma, as classes sociais têm interesses e necessidades distintas, o que determina diferentes formas de apropriação de um espaço coletivo enquanto espaço público. Neste contexto, as diferentes formas de apropriação presentes nos diferentes tempos e espaços por olhares, usos e redes de sociabilidade fazem da praça o palco possível da vida urbana.

1.2 Espaço livre público

Vários autores definem espaços livres, mas Magnoli (2006) salienta que as intervenções humanas sobre a paisagem urbana se expressam sobre o solo em espaços edificados e não edificados. Macedo (1995) define os espaços livres como todos aqueles espaços não contidos entre as paredes e tetos dos edifícios construídos pela sociedade para sua moradia e trabalho. Portanto, o espaço livre é todo o espaço não ocupado por um volume edificado (espaço-solo, espaço-água, espaço-luz) ao redor das edificações a que essas pessoas têm acesso. A compreensão do espaço livre público refere-se ao espaço não edificado nas cidades, locais de interação social, onde podem ocorrer trocas e encontros entre as pessoas, onde circulam e exercem atividades de lazer ou trabalho. Assim, a palavra *livre* refere-se à dimensão espacial, e a palavra *público* refere-se à dimensão social. Para ser público implica em acessibilidade irrestrita, sem barreiras e onde indivíduos de diferentes grupos sociais possam frequentá-los livremente independentes das diferenças sociais, culturais ou econômicas. Pode-se dizer que os espaços livres são áreas não edificadas e parcialmente edificadas com nula ou mínima proporção de elementos construídos e/ou de vegetação – avenidas, ruas, passeios, vielas, pátios, largos, etc.- ou com presença efetiva de vegetação – parques, praças, jardins, etc. – com funções primordiais de circulação, recreação, composição paisagística e de equilíbrio ambiental, além de tornar viável a distribuição e execução dos serviços públicos.

O público compreendido por Arendt (2003) diz respeito ao que pode ser visto e ouvido por todos nós, o próprio mundo, pois é comum a todos e diferente do lugar que nos cabe dentro dele. Segundo Habermas (1983) O uso corrente de público e esfera pública denuncia uma multiplicidade de significados concorrente. Assim entendemos espaço público como dependente do perfil social, cultural, político e econômico da sociedade; como o principal local de reprodução da vida coletiva.

2 RECORTE DE ESTUDO

2.1 Praça XV de Novembro

Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina situa-se no sul do Brasil, no centro do litoral do Estado de Santa Catarina, entre a latitude 27° sul e longitude 48° oeste. É constituída por uma porção continental e uma porção insular, com uma área de aproximadamente 436,5 Km². A área

insular - Ilha de Santa Catarina paralela à costa continental tem 54 km (no eixo norte-sul) e 18 km (eixo leste-oeste).

As primeiras ocupações pela colonização portuguesa datam de 1673 com a fundação do povoado Nossa Senhora do Desterro na península insular próxima à baía sul. O núcleo foi estruturado militarmente, construída a Igreja Matriz e a casa do Governo, assim como foi incentivado o desenvolvimento da agricultura e regulado um pequeno comércio. A ocupação da ilha foi a partir de freguesias que se transformaram nos núcleos no território insular, ligados por trilhas terrestres e marítimas. A construção da Ponte Hercílio Luz em 1926 faz a ligação terrestre ilha – continente, hoje em restauração. Outras duas pontes foram construídas nos anos setenta, Pontes Pedro Ivo Campos e Colombo Salles, e ainda hoje são responsáveis pela conexão ilha- continente.

Segundo o IBGE (2010), a população atual é de aproximadamente 421.203 habitantes, entretanto durante a temporada de verão (de dezembro a fevereiro), a população pode chegar a quase a 1 milhão de pessoas. A região metropolitana tem seu núcleo composto pela conurbação de Florianópolis com municípios vizinhos, forma uma área urbana contínua com cerca de 880 mil habitantes. Segundo pesquisa do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis (2014), o maior problema desta região é a mobilidade, pois quase 50% da população usam carro ou moto como principal meio de transporte.

A Praça XV no centro urbano de Florianópolis é um lugar simbólico, histórico e importante referencial (fig.1). Esse é um espaço livre público por excelência, e localiza-se na área central insular próximo da orla marítima central. Marca do núcleo urbano original de Florianópolis, que no passado caracterizava a vocação de cidade litorânea. A Vila ergueu-se nos moldes expressos na Provisão Real de D. João V. (1747), que constitui a primeira norma pública de regulamentação urbanística. Nos séculos XVIII e XIX experimentou um incremento portuário e comercial, e com a República, investimentos em infraestrutura. As intervenções urbanas buscando resolução dos problemas de saneamento urbano criaram sucessivos aterros, distanciando a praça da orla marítima e privando-a da relação com o mar (SQUERA, SANTIAGO, PEREIRA, 2005; SANTIAGO, 2009). Em 1768 se inicia a construção da Casa da Câmara e Cadeia, nas bordas da Praça XV de Novembro.

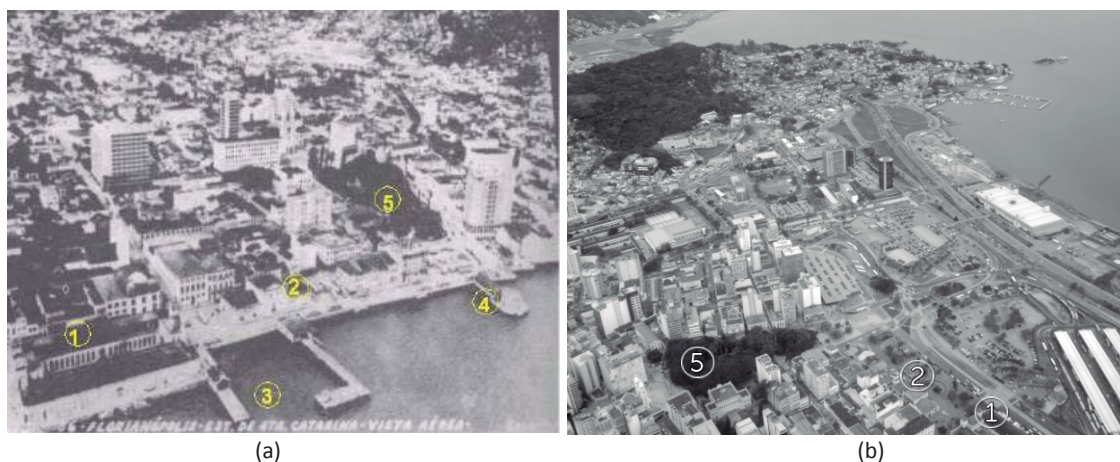


Figure 1.– a) Florianópolis em 1950, de frente para o mar (Veiga, 1993 1. Mercado Público, 2. Alfândega, 3. Piers, 4. Miramar, 5. Praça XV. b) Foto do centro destacando-se a Praça XV na mancha verde inferior. (Quapa Sel Flóripa, 2009.).

A Praça XV de Novembro foi o primeiro espaço público claramente definido como abrigo das atividades coletivas da população local. Ainda hoje, nos arredores da Praça XV, como é comumente chamada, as atividades populares são frequentes, como o tradicional do carnaval de rua, manifestações políticas, eventos culturais, feiras culturais, lugar de vida coletiva, de reunião, encontro e lazer. Grupos de idosos se divertem e passam o tempo jogando dominó, juntamente

com artesãos, músicos locais e engraxates. A velha Figueira, árvore centenária no centro da Praça XV, é tema do Hino Oficial do município de Florianópolis (Fig.1).

A Praça XV caracteriza-se fortemente com significação simbólica por ser um marco urbano amplamente reconhecido e recortado pelos moradores e visitantes. De significação visual pelas referências históricas e marcada pela presença da árvore figueira, Palácio Cruz e Sousa e edifícios históricos no entorno imediato. Uma praça com função de circulação por sua inserção na malha urbana e pela intensa circulação de pedestres que se deslocam por entre os calçadões no entorno próximo e por veículos que cruzam o núcleo central da cidade. Seu desenho original data da primeira norma pública de regulamentação urbanística. A função recreativa se faz presente pela diversidade de encontros, passeio e estar constatado na praça em diversos períodos do dia e noite.

Os principais edifícios públicos também se localizavam de frente para o mar, como o Mercado Público (fixado em frente da Praça XV e demolido em 1898) e a primeira Alfândega (explodida por um acidente em 1866). As ruas comerciais como a Rua Conselheiro Mafra e a Rua Felipe Schmidt eram exclusivas de pedestres, já que o sistema de transportes, de tração animal, era pouco intenso. Os transportes coletivos surgiram somente em 1880, com linhas de bondes de tração animal.

2.2 A Praça XV e sua inserção urbana

A pesquisa de campo visa identificar os usos predominantes e a permanência de um espaço público central. Optou-se pela elaboração de um roteiro de análise para identificar o mobiliário, os equipamentos e a infraestrutura existente na praça. Esta localiza-se no Polígono Central de Florianópolis num território de forma triangular, na porção oeste da Ilha de Santa Catarina, tendo as encostas do Morro da Cruz no seu nascente e as pontes que ligam ao continente no seu poente (Vaz, 1991). Seu tecido urbano tem tendência ao xadrez, com quadras irregulares. Sua paisagem atual é caracterizada por edificações contemporâneas verticalizadas, aterro sobre o mar, construções de grande porte, construções de infraestrutura viária, de transporte, mas ainda persistem algumas edificações históricas importantes para a memória da cidade. Diversos trabalhos sobre a evolução dos centros urbanos mostram diferentes processos de crescimento e é evidente em muitos exemplos a perda de acessibilidade aos centros urbanos.

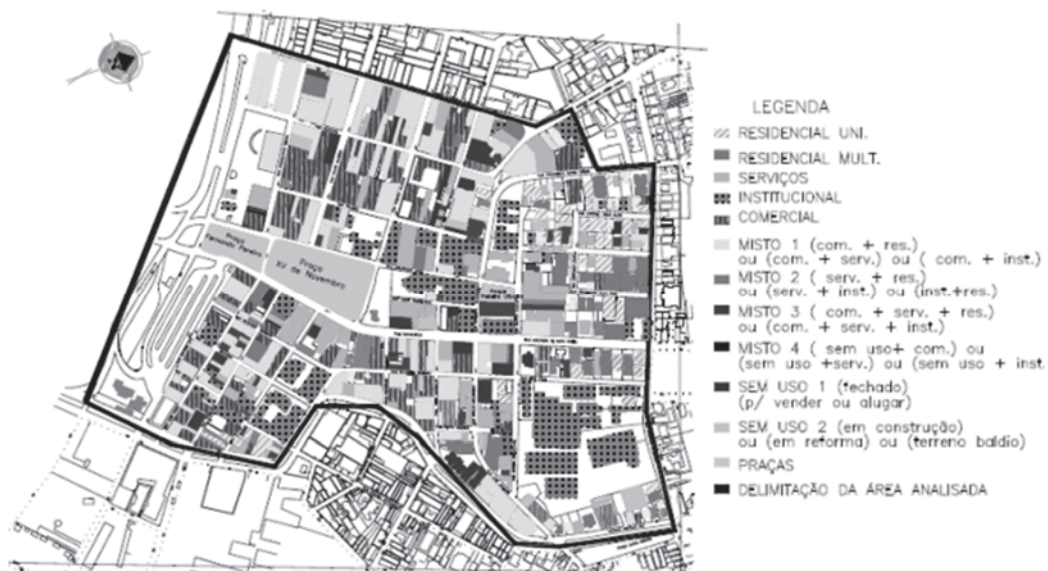


Figura 2. Uso do solo no centro de Florianópolis. (Loureiro, 2003).

No caso de Florianópolis, o centro urbano passou a ser discutido e medidas de alteração do fluxo de automóveis, revitalização de prédios históricos, criação de ruas de pedestres e a retiradas de funções administrativas do estado de Santa Catarina nas edificações de entorno da Praça XV

foram executados, mesmo que de maneira um pouco tímida. A dinâmica interna do Centro se modificou, comércio e serviços se transferem para outras áreas afastadas desta centralidade, dentro de shopping centers ou centros de negócios alterando a vitalidade da área central. Todavia, manteve-se o tradicional comércio de rua e a instalação de colégios e cursinhos preparatórios para o vestibular que dinamizam o centro com a presença de estudantes.

O uso previsto na legislação urbana é misto (comércio e residência, comércio e serviço, comércio e institucional), mas o uso predominante é o comercial (ver Figura 2). Destaca-se o comércio ambulante, atacadista, de uso cotidiano, ocasional e excepcional. O uso residencial é ainda presente, entretanto com poucas residências uni familiares. Nas edificações verticalizadas encontram-se o uso residencial multifamiliar, com combinação de serviços, comércios ou instituições na mesma edificação. Ainda há presença de repartições públicas ligados às administrações municipal e federal. O uso institucional é marcante pela presença de diversas escolas de ensino fundamental, ensino médio, bem como de cursos pré-vestibulares e faculdades particulares estimulando a presença de pessoas também durante a noite e em finais de semana. Relativo ao uso institucional cultural, há presença de teatros (Ulbro e Álvaro de Carvalho), museus e sala de exposições, e no uso institucional cultural, a Catedral Metropolitana e diversas igrejas evangélicas. Nota-se a presença de uso institucional recreacional representado pelos bingos localizados, sobretudo ao redor da Praça XV de Novembro. O uso de serviços é comum na área, nas varias edificações com salas comerciais, e escritórios de profissionais liberais. Enfim, a diversidade de uso é marcante: comércio popular (roupas, calçados e produtos diversificados), bares, restaurantes e lanchonetes; serviços públicos, principalmente os municipais; museus, equipamentos culturais, hotéis; terminal de ônibus municipais e interestaduais; serviços ligados a profissionais autônomos, serviços bancários com a presença de diversas agências, assim como a presença crescente de comércio informal.

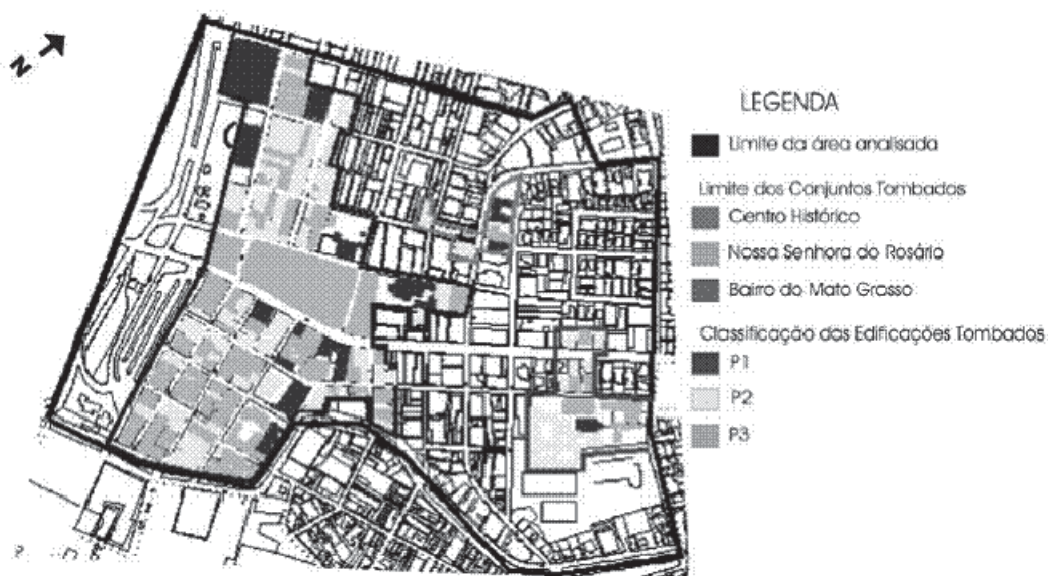


Figura 3. Edificações tombadas na área analisada. Fonte: Adaptação do Mapa de Tombamento (IPUF,1990; Loureiro, 2003).



Figura 4. Épocas de construções das edificações (Loureiro, 2003).

A Praça XV está no centro do Centro Histórico, com inúmeras edificações tombadas. O tombamento foi instituído como lei em 1974, através da Lei Municipal n.1.202/74, decreto no 270/86. Dos 10 conjuntos tombados na Área Central de Florianópolis pelo Patrimônio Histórico e Artístico do Município, 178 edificações pertencem ao conjunto do Centro Histórico, fazendo com que quase a totalidade das edificações que dão face à praça seja de valor a ser conservado ou restaurado, ou participa do conjunto de interesse histórico. Ao redor da Praça XV identificam-se exemplares representativos de edificações anteriores a 1920 (11 exemplares), década de 20 (4), 30 (3), 40 (3), 50 (3), 60 (4), 70 (6), de 80(2) e apenas uma edificação construída depois da década de 90 (Fig. 3, Fig. 4).

Da diversidade de usos ocorrem os fluxos de pedestres e veículos, tanto os de permanência quanto de deslocamento. Os deslocamentos de pedestres ocorrem com muita intensidade em direção às ruas exclusivas para pedestres como a Felipe Schmidt, Conselheiro Mafra e Tenente Silveira, e nos horários comerciais nas demais ruas do entorno. O tráfego de veículos ocorre com mais intensidade nos horários comerciais também.

Para a pesquisa de campo, adaptamos a partir do diagrama de formas apropriação e potenciais de uso de espaços livres urbanos (Queiroga, 2011) e complementamos com informações de infraestrutura existentes e específicas para uma praça.

Formas de apropriação constatadas na Praça XV:

1. Eventos formais / informais de iniciativa pública e/ou privada.
 - 1.1. Políticos: passeatas, shows, comícios.
 - 1.2. Culturais: viradas culturais, shows.
 - 1.3. Religiosos: procissões Corpus Christi, paixões de Cristo.
 - 1.4. Recreativos: jogos, festas anuais, festas temáticas.
 - 1.5. Musicais: concertos, shows, carnaval.
 - 1.6. Esportivo-recreativo: passeatas

1.7. Comerciais: feiras livres, feiras mistas, banca de revistas, quiosque de alimentação e ambulantes.

2. Atividades cotidianas (de acordo com a faixa etária).

2.1. Informais (eventuais ou contínuas, lícitas ou ilícitas): Uso de drogas ilícitas, catadores de lixo, pedintes, andar a toa, andar com destino, passeios com crianças, passeios com idosos, passeios com animais, jogos de cartas, de damas, de xadrez e de dominó.

2.2: Formais: vigilância, limpeza de ruas, podas de árvores e manutenção dos canteiros, distribuição de jornais.

2.3 Comerciais: jornaleiro, catador de lixo, ambulantes de comida, trailers de comida, flanelinhas, mesas nas calçadas dos bares, camelôs, volantes, jogo do bicho.

3. Infraestrutura. Critério: descrição / estado de conservação - boa (B) ou ruim (R)

3.1. Bancos de madeira e de concreto (R)

3.2. Iluminação: alta e baixa (B)

3.3. Lixeiras: de plástico (B)

3.4. Sanitários público: masculino e feminino com cobrança de taxa para uso (B)

3.5. Telefone público: não encontrado

3.6. Bebedouros: não encontrado

d3.7. Caminhos e passeios em pedra portuguesa (B)

3.8. Palco com pequeno teatro de arena e uma pérgula com caminho de passagem pelo interior da praça (B).

3.9. Obra de arte: monumentos em homenagem aos heróis mortos na Guerra do Paraguai, além de bustos de personagens históricos da cidade, como o poeta Cruz e Sousa, o pintor Vítor Meirelles, o historiador José Boiteux, e o fundador da imprensa no estado, Jerônimo Coelho, além de placas comemorativas (B).

3.10. Espelho d'água/chafariz: não encontrado.

3.11. Estacionamento: junto à via, de forma linear ao redor da praça.

3.12. Ponto de ônibus: sim

3.13. Ponto de táxi: sim

3.14. Equipamento para prática de exercício físico: não encontrado

3.15. Parque infantil: não encontrado

3.16 Bom conforto ambiental (hidrotérmico, luminoso, sonoro e boa qualidade do ar).

3.17. Composição vegetal diversificada com a presença de árvores frondosas, arbustos, trepadeiras e forrações com manutenção regular.

4 - Entorno da praça:

4.1. Diversidade de usos: Entre os estabelecimentos ao redor da praça estão diversas edificações históricas, a grande maioria delas restauradas e em bom estado de conservação mantendo seu aspecto arquitetônico original, como a Catedral Metropolitana, Palácio Cruz e Sousa – atual Museu Histórico de Santa Catarina, Correios, Câmara e Cadeia, Galeria de Arte Municipal, e ainda cafés, farmácias e agências bancárias.

4.2 Datas das edificações. No entorno imediato a praça, constata-se edificações de diferentes épocas de construção, salientando-se que 30% delas foram construídas até 1920, e todo o conjunto pertence ao Centro Histórico com legislação municipal de proteção.

5 – Entrevista aos usuários (foram entrevistados 30 pessoas, em horários e períodos diferentes de dias da semana durante o mês de julho de 2014).

5.1. Idade: 90% possuem mais de 60 anos . Sexo: 95% masculino.

5.2. Local de moradia: diversos bairros de Florianópolis e grande Florianópolis.

5.3. Nível de instrução: 90% nível médio, 10% superior.

5.4. Renda familiar: 90% nível médio e 5% 1º grau e 5 % superior.

5.5. Atividade ocupacional: Trabalhador 10%, Aposentado 90%, Estudante 5% e Desempregado 5%.

5.6. O que faz nos dias de folga? Sai de casa 95% e fica em casa 5% . Quais atividades: Vê TV 75%, Atividades ligadas ao trabalho ou estudo 20% e Leitura 5%.

5.7. Que lugar frequenta? Praça 90%, Cinema 1%, Praia 5% e Shopping 4%.

5.8. Que dia da semana vem à praça? Durante a semana 95% e Sábado 5%.

5.9. Qual período frequenta a praça? Manhã 20%, Tarde 80% e Noite 0%.

5.9. Quanto tempo permanência na praça? Média de 3h.

5.10. Qual é o motivo? Tomar sol 5%, Leitura 5%, Descansar 20%, Caminhar 5%, Levar criança p brincar 5% e Encontrar amigos/jogar 60%.

5.11. O que mais gosta na praça? Encontrar amigos, conversar, jogar dominó, olhar amigos jogando dominó, descansar, sombra das árvores, ambiente acolhedor.

5.12. O que acha que podia melhorar na praça? Melhorar limpeza, mau cheiro, carência de cobertura nas áreas de mesas de dominó, mais conforto na área das mesas, lanchonete com bebidas e WC, retirada de moradores de rua.

3 ANÁLISES E RESULTADOS

3.1 Entrevistas aos usuários

Os resultados das entrevistas aos usuários da Praça XV mostram que de maneira geral os usuários se sentem bem e acolhidos no local. Constatamos um grande número de frequentadores idosos nas áreas de mesas de jogos de salão, todas as mesas estavam completas, com quatro jogadores e alguns idosos em pé acompanhando o jogo de dominó. Numa tarde de sol contamos 115 idosos nas mesas perto da catedral e 95 pessoas nos bancos ao redor da velha figueira. No meio da tarde constatamos a presença de alguns estudantes lanchando ou conversando. Vários usuários ao redor da figueira permanecem por pouco tempo, havendo uma grande rotatividade de usuários que apenas descansam, falam ao celular ou conversam. Encontramos alguns casais jovens de namorados, artesões e mendigos, vendedores ambulantes descansando, casal com bebê no carrinho, ou mesmo mãe amamentando, pessoas circulando, varredores de rua, grupos de jovens conversando, entretanto, a maioria são usuários idosos. Os idosos frequentam o local para encontrar amigos e jogar dominó diariamente nos dias da semana. Estes passam várias horas na praça, e alguns passam mesmo o dia inteiro. Os idosos frequentadores assíduos moram em diferentes bairros da cidade e mesmo da região metropolitana, que chegam à praça de ônibus ou a pé. Encontramos artesões e moradores de rua que estão na praça há alguns meses. Identificamos três bancas de jornal, uma floricultura e um sanitário público na praça. A vegetação com árvores frontosas de densa cobertura proporciona sombra intensa e acolhedora. As vegetações rasteiras e arbustivas não estão bem

mantidas e com aspecto de abandono. A limpeza da praça é constante, e encontramos sempre dois varredores da prefeitura limpando a área, entretanto o mau cheiro em alguns locais da praça é intenso.

4 CONCLUSÃO

A Praça XV de Novembro fica na planície costeira próxima ao mar, ao pé de uma colina, onde foi fundada a Vila Nossa Senhora do Desterro pelo bandeirante Francisco Dias Velho em 1662. Hoje a praça é o coração da cidade, tem a pavimentação em petit pavê reproduzindo um desenho com motivos do folclore ilhéu, desenhado pelo artista plástico Hassis (pintor brasileiro que retratou a paisagem natural e humana de Santa Catarina). As informações levantadas de forma sistemática permitiram o conhecimento da real situação da praça, avaliar o grau de satisfação (ou insatisfação) da população com relação à mesma; assim como a aquisição de informações que permitem sugestões para tomada de decisões para essa área pública, consoante com as necessidades da cidade.

As áreas livres voltadas para a recreação não são presentes. Todavia, apesar da inexistência de espaços ou equipamentos voltados para a recreação infantil ou para a prática de esportes (como equipamentos de ginástica ou brinquedos infantis), constata-se a apropriação dos espaços existentes para múltiplos usos. A praça atende ao aspecto recreativo mais frequentemente nos dias de semana, quando a presença do público adulto ou da terceira idade se apropria do espaço para caminhadas ou mesmo realizando reuniões, e jogos de salão. Em contrapartida, o fator contemplativo, em detrimento da função recreativa, é muito mais expressivo. Esta constatação se reflete na segurança que facilita a presença, durante o decorrer da semana, de usuários que escolhem a praça para passar alguns momentos do dia entre os horários de almoço ou no final do expediente de trabalho. É frequente a presença de pessoas nos bancos e áreas de estar para desfrutar da tranquilidade do espaço, da refrescante sombra ou da presença de sol nos dias frios de inverso ou de vento sul. A imagem da vegetação da praça ameniza o impacto visual das ruas do entorno tão carentes de arborização. A grande maioria dos usuários frequentes ou eventuais da praça percebe a praça como um elemento integrador e articulador da paisagem urbana central da cidade. Constata-se uma diversidade de pontos de visuais interessantes, claras indicações de orientação e destinações, sociabilidade e grande diversidade de usos no interior e entorno da praça. Pela forma que a praça é percebida e apropriada pelos usuários pode-se afirmar que esse espaço consegue articular os valores de excepcionalidade, simbolismo, afetividade e estética.

A praça é um grande referencial simbólico para cidade. A figueira centenária (datada de 1871) se encontra no jardim central e cujos ramos se estendem por uma grande área proporcionam sombra e aconchego. A árvore é tema de versos e poemas, alvo de simpatias e crenças populares. Além do valor histórico como marco de fundação do povoado original da cidade, mantém em seu entorno edificações históricas bem conservadas como a Catedral Metropolitana de Florianópolis, o Palácio Cruz e Sousa (antiga residencial oficial do Governador do Estado de Santa Catarina, e hoje abriga o Museu Cruz e Sousa), a Casa de Câmara e Cadeia (em restauração) e outras edificações importantes para a memória do centro urbano. A praça é o lugar das manifestações e festas populares como festas religiosas, passeatas, carnaval, e feiras de artesanatos.

Através de observação *in loco* e entrevistas aos usuários foi possível identificar, sobretudo que os usos predominantes e a permanência estão relacionados às atividades presentes no entorno e colaboram para a sustentabilidade ambiental. Esta reflexão sobre a Praça XV permite constatar que mesmo localizada em área central, ainda mantém uma vitalidade que não é corrente em outras praças centrais de outras cidades brasileiras. Destaca-se como uma área pública que concentra um intenso fluxo de pessoas em diferentes horas do dia. A análise de evolução desse espaço central e sua inserção urbana atual possibilitou entender as transformações através do

tempo e certificar a verdadeira apropriação pela sociedade florianopolitana. Assim a presença desse espaço público na área central é essencial para que os cidadãos possam vivenciar seu tempo de descanso, lazer e estar. A praça XV de Novembro está cumprindo seu papel como local de encontro, socialização e apropriação.

REFERÊNCIAS

Arendt, H. 2003. A condição humana. Rio de Janeiro. Florence Universitária.

De Angelis, B. L. D.; Castro, R. M. de; DE Angelis Neto, G.. 2004. Metodologia para levantamento, cadastramento, diagnóstico e avaliação de praças no Brasil. In *Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho*. Número 20 Braga: Universidade do Minho.

Habermas, J. 1983. *Mudança estrutural da esfera pública*. Rio de Janeiro:Tempo Brasileiro.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Censo Demográfico <http://censos2010.ibge.gov.br/importancia.shtm> Acesso em 07/08/2014.

Loureiro, F. 2003. Dinamismo de áreas históricas centrais - Florianópolis (SC) e São Luís (MA). Dissertação mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Macedo, S. S. 1995. Espaços Livres. In *Paisagem e Ambiente – Ensaios*, , n. 7:15-56. São Paulo: FAUUSP

Magnoli, M. M. 2006. *Espaço livre-objeto de trabalho*. In *Paisagem e Ambiente - Ensaios* n. 21: 175-198 São Paulo: FAUUSP

Marx, M. 1980. Cidade brasileira. São Paulo: Melhoramentos/EDUSP.

Queiroga, E. F. et all. 2011. Notas gerais sobre os sistemas de espaços livres na cidade brasileira. In: Campos, A. C. A.; Queiroga, E. F.; Galender, F.; Degreas, H. N.; Akamine, R.; Macedo, S. S. & Custódio, V. (Org.) *Sistemas de espaços livres: conceitos, conflitos e paisagens*. São Paulo: FAUUSP. 11-20.

Reis Filho, N. G. 1968. Contribuição ao estudo da evolução urbana no Brasil. São Paulo: EDUSP.

Ribeiro, A.R; Mesquita, L. 2000 Espaços livres do Recife. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.

Robba, F.; Macedo, S. S. 2002. Praças brasileiras. São Paulo:EDUSP/Imprensa Oficial do Estado.

Santiago, A. G. 2009. As formas de uso no sistema de espaços livres: evento e o cotidiano no espaço central de Florianópolis. Rio de Janeiro:QUAPA SEL RIO.

SERPA, A. 2007. O espaço público na cidade contemporânea. São Paulo: Contexto.

Squera, J. H. R.; Santiago, A. G.; Pereira, E. M. 2005. Florianópolis, Baía Sul. Mudanças: planejadas ou não. In *2º Seminário Arquitetura e Conceito*.; Núcleo de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo; Belo-Horizonte:Escola de Arquitetura – UFMG.

Vaz, N, P. 1991. O centro histórico de Florianópolis – espaço público de ritual. Florianópolis: FCC Ed., Ed da UFSC.

Princípios e recomendações de projeto para a qualidade espacial de praças, sob a ótica da Sustentabilidade

Vivian Dall'Igna Ecker

Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade (PGAU-Cidade/UFSC).
vivianecker@gmail.com

Nelson Popini Vaz

Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade (PGAU-Cidade/UFSC).
nelson.popini@ufsc.br

ABSTRACT: The present study aims to present a list of principles and recommendations for project development of more sustainable squares. Experts testify that cities with a high number of squares have environmental advantages that are reflected in the reduction of hot flashes, decreased air pollution, the existence of large areas with access to heatstroke. In this article, were identified and systematized principles and design recommendations denoting the sustainable character of a square design, from the point of view of its low environmental impact and representative spatial quality. The principles and recommendations were organized according to the topics: 1) Analysis of the context; 2) Program requirements; 3) Habitability; 4) Drainage Systems; 5) Layout and paving of roads and paths; 6) Vegetation appliance; 7) Types of vegetation.

Keywords: sustainability, landscaping, public squares.

RESUMO: Este artigo apresentará uma listagem de princípios e recomendações, voltados ao desenvolvimento de projetos de praças sustentáveis. Especialistas atestam que cidades com elevado número de praças possuem vantagens ambientais que se refletem na redução das ondas de calor, na diminuição da poluição atmosférica, na existência de grandes áreas com acesso à insolação. Neste artigo, serão identificados e sistematizados princípios e recomendações de projeto que denotam o caráter sustentável de um projeto de praça, do ponto de vista de seu reduzido impacto ambiental e de sua representativa qualidade espacial. Os princípios e recomendações foram organizados de acordo com os tópicos: 1) Análise do contexto; 2) Programa de necessidades; 3) Habitabilidade; 4) Sistemas de drenagem; 5) Traçado das vias e caminhos; 6) Usos e funções da vegetação; 7) Seleção de espécies.

Palavras-chave: sustentabilidade, paisagismo, praças.

1 INTRODUÇÃO

Os acontecimentos atuais evidenciam que as mudanças climáticas produzirão um estresse crescente no ambiente natural e construído das cidades, e criarão novos desafios para a provisão dos serviços e sistemas urbanos (Braga, 2001). Esta pesquisa se propõe a contribuir com os desafios enfrentados pela ocupação humana no planeta, objetivando o desenvolvimento de uma sociedade futura que produza menores danos ambientais. Para tanto, considera que o projeto de praças promove a sustentabilidade urbana, conjugando princípios e recomendações específicas. Enquanto alternativas para minimizar impactos, identifica-se que as praças podem desempenhar um papel importante em duas escalas: à escala macrorregional, na gestão ambiental das cidades, e à escala microrregional, na gestão do microclima e da paisagem local (Rogers, 2001). Especialistas atestam que cidades com elevado número de praças possuem vantagens ambientais que se refletem na redução das ondas de calor, na diminuição da poluição atmosférica, na existência de grandes áreas com acesso à insolação (Mascaró, 1987). Rogers (2001) afirma que uma praça com boa qualidade do ar, temperatura, solo, paisagem, será mais

apreciada e, conseqüentemente, mais utilizada enquanto espaço público. Lynch (1999) define que as praças são locais de escape dentro do contexto urbano, onde proporcionar o bem-estar dos indivíduos é sua principal função.

2 OBJETIVOS

Parte-se da proposição de que, para se elevar o desempenho ambiental e a qualidade espacial das praças inseridas no contexto urbano, no sentido da sustentabilidade, é necessário trabalhar no âmbito do projeto. Entende-se que, ao aplicar estratégias mais sustentáveis desde a etapa de projeto, é possível garantir espaços energeticamente mais eficientes e ambientalmente responsáveis. Neste artigo, serão apresentados princípios e recomendações de projeto que denotam o caráter sustentável de um projeto de praça, do ponto de vista de seu reduzido impacto ambiental e de sua representativa qualidade espacial.

3 MÉTODO

O procedimento técnico compreendeu uma pesquisa bibliográfica, que abrangeu a leitura, análise e interpretação de diferentes fontes. A pesquisa foi realizada a partir de livros, periódicos, artigos, teses e páginas eletrônicas, produzidos por autores referenciais na área onde se enquadra o estudo. A partir da pesquisa, elencaram-se as informações mais relevantes, que foram selecionadas pela pesquisadora de acordo com a pertinência ao objeto de estudo.

4 RESULTADOS

Neste artigo, os princípios e recomendações foram organizados de acordo com os seguintes tópicos, conforme descrito a seguir: 1) Análise do contexto; 2) Programa de necessidades; 3) Habitabilidade; 4) Sistemas de drenagem; 5) Traçado das vias e caminhos; 6) Usos e funções da vegetação; e 7) Seleção de espécies. Estes tópicos estão diretamente relacionados com o planejamento eficiente das praças, na medida em que este urbano é a base para a consolidação das áreas de circulação e dos espaços públicos, possibilitando a disposição eficiente das massas vegetais nos seus diversos caminhos, ambientes e recantos. Em cada espaço, o projetista deve tirar partido do potencial paisagístico, buscando variações nos ângulos ao longo dos caminhos, aumentando a atenção do usuário aos componentes de destaque na paisagem, e facilitando sua orientação a partir da clareza direcional dos percursos.

4.1 Análise do contexto

A acurada leitura das condicionantes ambientais é prática fundamental para a implantação de baixo impacto, fornecendo subsídios para o planejamento eficiente dos espaços e permitindo o máximo desempenho do projeto. Durante o processo de projeto, deve-se considerar, inicialmente, as condicionantes naturais, que possibilitam compreender a vocação do local, respeitar seus limites e tirar proveito de suas potencialidades, tais como: encostas voltadas para o sol ou para a sombra; grupamentos rochosos; linhas de drenagem (cursos d'água); declives acentuados; visuais boas ou ruins; alturas, inclinações e acessos das elevações; áreas encharcadas, áreas suscetíveis à erosão; ventos frios e danosos; ventos quentes; ventos frescos de verão; ângulo do sol para verão e inverno; áreas sujeitas a enchentes, entre outros (Mascaró, 2008; Reardon, 2011).

A partir de então, analisa-se a forma pretendida para a implantação, que dependerá da função que será desempenhada no local. Considera-se que a forma tem influência direta no conforto ambiental, visto que interfere diretamente sobre os fluxos de ar e, também, na quantidade de luz e calor solar recebidos no local (Mascaró, 2008). A próxima questão a ser analisada é referente à orientação solar: os espaços devem ser orientados, sempre que possível, na extensão do eixo leste-oeste, voltados para o norte solar (no hemisfério sul), a fim de maximizar os ganhos solares. Também, consideram-se as relações visuais estabelecidas entre a praça e o entorno, que

influenciarão na definição da distribuição dos espaços. As visuais podem ser enquadradas, servir como pano de fundo no contexto onde a atividade pretendida ocorrerá, e também configurar emolduramentos (CHING, 1998). E, por fim, a última questão a ser analisada, na escala da implantação, é referente aos materiais disponíveis no local, que podem ser aplicados para o mobiliário e nos elementos paisagísticos (KEELER, 2010).

4.2 Programa de necessidades

A partir da análise do contexto, a fim de que seja realizado o planejamento eficiente do projeto, deve-se explicitar o programa de necessidades pretendido para os espaços, partindo-se do pressuposto de que os usuários associam as áreas verdes a uma forma valiosa de aproveitar o tempo, possibilitar a distração da rotina e oportunizar o relaxamento e o prazer estético (Kaplan, 1983). A listagem das possíveis atividades e necessidades dos futuros usuários, a serem consideradas nos projetos é (Coopermarcus, 1998; Backes, 2010):

Tabela 1: funções de uso para os espaços (Coopermarcus, 1998; Backes, 2010).

Funcional	Barreiras contra ruído; Barreiras visuais nas divisas com o entorno; Quebra-ventos, cercas vivas, bosques; Circulações (fluxos) de pedestres, escadas e rampas para acessibilidade; Entrada social, circulação de veículos e vagas de estacionamento;
Estar	Espaços para o lazer ao ar livre, com recantos, estar e bancos; Área para crianças, espaços de recreação (playground); Área de sombra, com mesas, cadeiras e toldos; Quiosques, pérgolas, treliças;
Lazer e recreação	Espaço com infraestrutura para jogos, esportes e brincadeiras; Espaços para refeições e convívio; Estufas e viveiros de plantas; Equipamentos meteorológicos: termômetro, relógio de sol, cata-ventos, etc.
Contemplação	Elementos com água (para ornamentação): chafarizes, bebedouros, fontes, cascatas, lagos; Estátuas e esculturas; Local abrigado dos ventos, destinados à contemplação e ao descanso; Jardins floridos (contemplação), vasos, floreiras; Áreas de silêncio.

4.3 Habitabilidade

A habitabilidade descreve um conjunto de estratégias bioclimáticas que se caracterizam pelo máximo aproveitamento dos recursos naturais existentes, objetivando o conforto entre a temperatura do corpo humano e do ambiente, e a redução de sistemas artificiais de energia (Lamberts, 1997). Para tanto, antes de iniciar o projeto, é necessário realizar um estudo climático do local, identificando quais estratégias se mostram mais adequadas para responder, simultaneamente, à eficiência energética e às necessidades de conforto humano (Keeler, 2010).

Para auxiliar no zoneamento das atividades e no planejamento do traçado urbano, devem-se aproveitar as oportunidades oferecidas pelos entorno e realizar a gestão das vantagens e desvantagens climáticas encontradas no local (Roaf, 2010). As características naturais, como as formas da topografia, a localização da vegetação, e o fluxo das águas podem ser planejadas para moldar a temperatura, a insolação, os níveis de umidade e as condições de ventilação (Sattler, 2007). Devem-se identificar as principais fontes de ruído e locais com perda de privacidade a partir das áreas vizinhas (como as áreas com concentração de comércio, as vias de fluxo intenso e os espaços de recreação). Sugere-se agrupar as áreas, afastando-as daquelas que necessitem maior silêncio, e localizar anteparos, cercas vivas e árvores entre as fontes de ruído e os diversos espaços. As estratégias bioclimáticas para o projeto da implantação são (Moore, 1993; Lamberts, 1997; Mascaró, 2008):

Tabela 2: recomendações para a habitabilidade dos espaços.

Princípios	Recomendações
Aquecimento dos espaços	<p>Enfatizar ao máximo de iluminação natural disponível em uma determinada área.</p> <p>Disponibilizar as superfícies pavimentadas, preferencialmente em pedra ou alvenaria, nas encostas voltadas para norte.</p> <p>Disponibilizar as massas de vegetação nos locais onde se deseja reduzir a perda de calor durante a noite.</p> <p>Fornecer, permitir, ou manter clareiras em potencial, ou já existentes, no local.</p> <p>Prever barreiras para desvio e quebra-ventos que bloqueiem as correntes de ar frio tanto com vegetação, cercas ou outros elementos construídos.</p> <p>Localizar as áreas pavimentadas e terraças no lado norte e remover deste local os elementos que geram sombra durante o dia.</p> <p>Utilizar materiais absorventes de calor, como as pedras e a alvenaria.</p>
Resfriamento dos espaços	<p>Utilizar extensivamente as copas das árvores como coberturas aéreas para sombreamento.</p> <p>Utilizar trepadeiras em treliças, pergolados e outras coberturas, assim como nas fachadas norte e leste.</p> <p>Empregar beirais, treliçados, carramanchões, pérgolas ou as próprias copas das árvores. (isto protege e torna a área mais fresca durante o dia e aquecida à noite, já que libera o calor aos poucos).</p> <p>Aplicar coberturas no solo (gramados ou relvados) preferíveis à superfícies pavimentadas.</p> <p>Remover quebra-ventos que limitem as correntes de ar e as brisas durante os meses quentes.</p>
Aumento da umidade	<p>Estimular ou aumentar a sobrecarga de áreas com vegetação, que permitem a evaporação mais lenta da água e aumentam os níveis de umidade devido à transpiração das plantas.</p> <p>Adicionar fontes e quedas d'água que aumentem os níveis de umidade do ar. Até mesmo o som da água aumenta a sensação de frescor e umidade.</p> <p>Utilizar gramados e vegetação forrageira nas superfícies onde não seja imprescindível pavimentação.</p>
Redução da umidade	<p>Maximizar a exposição a radiação solar na praça e reduzir os dispositivos de sombreamento.</p> <p>Maximizar as correntes de ar e a ventilação através da praça.</p> <p>Considerar um sistema de drenagem para as águas de escoamento superficial e da chuva.</p> <p>Pavimentar todas as superfícies do solo.</p> <p>Reduzir as áreas com vegetação, especialmente gramados e espécies forrageiras.</p> <p>Eliminar os corpos d'água e fontes.</p>
Redução das correntes de ar	<p>Utilizar quebra-ventos extensivos (vegetação, formas na topografia, estruturas construídas).</p> <p>Utilizar áreas de estar externas que sejam semi abertas, protegidas por elementos paisagísticos.</p> <p>Não podar galhos baixos de arbustos ou vegetação de sub-bosque em áreas densamente arborizadas.</p> <p>Escavar e locar as atividades parcialmente abaixo do nível do solo, de forma a utilizar as contenções em terra para bloquear os ventos.</p>
Aumento das correntes de ar	<p>Remover todos os obstáculos para as brisas frescas e ventos predominantes nas estações quentes.</p> <p>Utilizar plantas e moldar a topografia para afunilar e acelerar a passagem das brisas quentes.</p> <p>Localizar as atividades em áreas que possuam a máxima exposição aos ventos refrescantes.</p> <p>Construir decks e plataformas nas áreas mais expostas às brisas.</p> <p>Localizar atividades de final de tarde nas depressões com ar fresco ou em vales inclinados para tirar partido da convecção das correntes de ar.</p>

4.4 Sistemas de drenagem

Em relação ao manejo das águas, deve-se considerar que o projeto contribua na redução da velocidade de escoamento da água, garantindo a filtragem natural, a retenção e a infiltração no próprio local. Recomenda-se minimizar superfícies impermeáveis (como áreas pavimentadas, telhados e caminhos para automóveis), e reter água da chuva (através de pavimentos permeáveis, caminhos com seixos, valas de infiltração, cisternas, áreas de gramado e ajardinadas, e canais de retenção) (REARDON, 2011). A preservação dos elementos da paisagem local também contribui para a manutenção dos fluxos naturais de água no local.

O projeto das calçadas, passeios e praças deve buscar a preservação da permeabilidade do solo, prevendo pisos permeáveis, a gestão das águas pluviais no próprio local, e privilegiando superfícies com vegetação. As pavimentações permeáveis são aquelas compostas por concregramas, intertravados e faixas de gramados ou jardins, juntamente com a arborização no calçamento urbano. A arborização deve contabilizar uma área mínima adequada aos canteiros gramados ou vegetados (MASCARÓ, 2008). São uma alternativa sustentável principalmente em calçadas, passeios, estacionamentos, quadras esportivas e ruas de pouco tráfego, já que requerem maior manutenção do que as pavimentações convencionais e, portanto, possuem restrição de implementação em situações de tráfego intenso. É importante observar que não são recomendadas quando a declividade for superior a 20%.

Os córregos, os pântanos e a vegetação existente, além de aumentarem a beleza natural da área, oferecem recursos para a drenagem, coletam a água da chuva, filtram o escoamento e reabastecem os lençóis freáticos, desacelerando seu avanço e facilitando a infiltração no solo (REARDON, 2011). Também, pode-se reduzir o potencial de erosão durante as movimentações de terra através da minimização do tempo em que a terra é deixada exposta, em condição instável. Reardon (2011) apresenta as seguintes recomendações para os sistemas de drenagem:

Tabela 3: recomendações para o sistema de drenagem.

Princípios	Recomendações
Elementos naturais	Utilizar elementos naturais como recurso de drenagem, que colem a água da chuva, filtre o escoamento e reabasteçam os lençóis freáticos. A vegetação realiza o manejo de modo natural, desacelerando a velocidade da água e facilitando a infiltração no solo.
Drenagem pre-existente	Utilizar as redes de drenagem pré-existentes no terreno como estrutura a partir da qual se distribui o projeto, uma vez que alterar a topografia implica na redução dos corpos d'água, devido ao acúmulo de sedimentos nos corpos receptores.
Permeabilidade	Minimizar as superfícies impermeáveis, realizando o tratamento estratégico de quantidades menores de escoamento em diferentes áreas da praça a fim de reduzir a concentração de poluentes.
Percurso total	Definir o deslocamento da água da chuva desde o primeiro contato até o ponto de descarga, após os tratamentos de descontaminação.

Manter a vegetação existente, particularmente árvores com raízes profundas, também pode equilibrar os níveis das águas subterrâneas, filtrar nutrientes, atenuar a velocidade dos fluxos, capturar sedimentos e reduzir as cargas de salinidade do solo (REARDON, 2011). Neste sentido, importante destacar que a capacidade de retenção de água é determinada pela textura do solo: solos mais finos possuem melhor capacidade de retenção, devido à maior quantidade de superfícies de partículas, tendendo a acumular mais água, enquanto solos porosos funcionam como filtros mais permeáveis (REARDON, 2011).



Figura 1: imagens ilustrativas.

4.5 Traçado das vias e caminhos

Uma via de qualidade melhora a qualidade de vida de múltiplas formas, aumentando a interação comunitária, promovendo um ambiente seguro e encorajando as pessoas a caminhar pequenas distancias (Reardon, 2011). A qualidade de uma via está diretamente associada à sua ambiência, e às características físicas que tornam sua espacialidade agradável. São elencadas as seguintes recomendações para integrar a edificação ao entorno (Reardon, 2011; Coopermarcus, 1998; Alexander, 1977):

Tabela 04: recomendações para o traçado de vias e caminhos.

Princípios	Recomendações
Relação com o entorno	<p>Voltar os espaços da praça para as ruas e espaços abertos circundantes, a fim de potencializar as interações visuais e a segurança.</p> <p>Evitar cercas e muros altos na divisa com as calçadas, uma vez que estes isolam a edificação do contato com a vizinhança.</p> <p>Projetar caminhos de acesso com larguras mínimas;</p> <p>Conectar os caminhos de acesso às vias locais, observando que formas mais sinuosas tendem a reduzir a velocidade dos veículos;</p>
Qualidade espacial	<p>Plantar árvores para melhorar a qualidade da calçada e da via em frente à edificação;</p> <p>Empregar trocas de direção ou larguras variáveis para salvar maciços de árvores, construções de interesse ou acidentes geográficos;</p> <p>Tirar partido da sinuosidade para criar áreas de estar contíguas dos caminhos;</p> <p>Determinar pontos de interesse ao longo dos caminhos;</p> <p>Conectar diferentes pontos através de caminhos agradáveis e confortáveis;</p> <p>Dispor áreas de estar, com bancos e mesas, ao longo dos caminhos.</p>



Figura 2: imagens ilustrativas.

4.6 Usos e funções da vegetação

Além de contribuir para o microclima urbano, a relação entre a vegetação e as edificações estruturam a identidade de um lugar, caracterizando a permeabilidade, a conectividade e os níveis de sociabilidade entre os habitantes e os espaços paisagísticos (Kaplan, 1981). Enquanto sua principal contribuição, a vegetação atua sobre os microclimas urbanos, colaborando para o controle da radiação solar, da temperatura e da umidade do ar, atenuando os extremos climáticos (Mascaró, 2004; Schanzer, 2003; Sattler, 2003; Valesan, 2009). Também, controla a ação dos ventos e da chuva e ameniza a poluição do ar. Kehl (2008) afirma que a presença de vegetação garante a melhoria das características físicas dos solos e da hidrologia urbana, o aumento da diversidade e quantidade da fauna urbana e contribui com melhorias para o bem-estar humano (Souto, 2002; Weingartner, 1990; Valesan, 2009).

Na seleção das espécies, é fundamental que os projetistas valham-se dos benefícios formais e funcionais da vegetação, para além dos parâmetros estéticos. Desta forma, para seleção das espécies mais adequadas a cada local, Cooper Marcus (1998) sugere que primeiro seja identificada a função que será desempenhada em cada espaço do projeto, de forma que as espécies implementadas possam contribuir para potencializar a dinâmica espacial que se deseja promover naquele espaço. A autora indica que as principais funções que a vegetação pode desempenhar, e as recomendações de projeto relacionadas são (Coopermarcus, 1998):

Funções	Recomendações
Preservação	Identificar as espécies que são nativas do local e, dentre estas, as que ainda podem ser encontradas no mesmo. Orientar as ações no local de forma a manter preservadas as características da paisagem originária.
Regeneração	Indicar ações para a regeneração do solo e o replantio de espécies nativas em locais degradados, necessários para a recomposição da paisagem originária.
Paisagístico (embelezamento)	Indicar espécies que contribuam para a estética e ao estímulo dos sentidos humanos, através de suas cores, formas, aromas, sabores.
Climática	Indicar espécies que contribuam para o equilíbrio climático, através do controle das temperaturas, da incidência do sol, dos ventos, e do regime de chuvas.
Funcional	Indicar espécies que não obstruam os caminhos, que configurem estares e recantos nas áreas abertas e que demarquem caminhos.
Simbólica	Projetar um marco referencial, ou espaço dotado de um significado especial (algum sentido histórico ou característica importante, que descaracterizaria o ambiente caso fosse extinto).
Manejo	Prever uma área onde se observa a natureza agir. Deixa-se brotar e crescer espontaneamente, apenas manejando podas.

Tabela 5: funções da vegetação e as respectivas recomendações de projeto (COOPERMARCUS, 1998).

Considerando estas recomendações, o planejamento da vegetação é iniciado através da definição de um plano de massas, onde é estudada a configuração da futura paisagem, a partir das formas, portes, alturas e cores que se desenvolverão. Para cada item do plano, bem como para seu conjunto, são produzidas alternativas espaciais que, depois de analisadas e selecionadas, levam a um “esboço” da paisagem final pretendida. Na definição do zoneamento destas espécies, devem-se levar em consideração as questões de acessibilidade, a fim de facilitar o manejo e a utilização destes espaços. As circulações e a composição da vegetação também são elementos de destaque na qualidade espacial nos espaços públicos já que, nestes, a presença de elementos construídos é menos representativa. O uso intencional da vegetação também pode possibilitar o arranjo dos espaços, quais sejam:

- 1) A marcação de eixos e visuais;
- 2) A relação entre cheios e vazios, através da diferenciação de luz e sombra;
- 3) Os quebra-ventos e barreiras físicas para a radiação solar, a poluição aérea e sonora;
- 4) A definição da forma dos ambientes, recantos e áreas de circulação;
- 5) A composição espacial, através das diversas colorações e tonalidades;
- 6) A diversidade de espécies, garantindo a preservação da biodiversidade no local.



Figura 3: imagens ilustrativas.

4.7 Seleção de espécies

Na seleção das espécies, a vegetação nativa (adaptadas às condições biológicas específicas de cada região), costuma ser a mais indicada, por ser mais tolerantes às intempéries, como os altos índices pluviométricos, os ventos ou a presença de determinadas pragas (Keeler, 2010). Os locais com vegetação podem estar associados a pontos de parada, e dispostos ao longo dos caminhos ou de clareiras existentes, proporcionando bem-estar e descanso, e instigando os habitantes à exploração do ambiente através de caminhos sinuosos, passagens, elementos ocultos à visão, entre outros (Sattler et al., 2004). Sugere-se reduzir a extensão dos gramados e da utilização de gramas exóticas, com pouca tolerância a seca, aumentando a área de canteiros ajardinados, uma vez que estes demandam grande manutenção. Pode-se substituir o gramado por um misto de forragens com plantas não-lenhosas e de superfícies permeáveis, como o cascalho, a brita e pisos com junta verde. Além destas, outras recomendações, elencadas para a proposição da vegetação, são (ABBUD, 2004, Backes, 2010; Coopermarcus, 2008):

Tabela 6: recomendações para a vegetação (ABBUD, 2004, BACKES, 2010; COOPERMARCUS, 2008).

Recomendações	
Arranjo volumétrico	Considerar o formato dos maciços; variação de porte; proporção e tensão entre cheios e vazios; agrupamentos enfileirados, isolados, estreitos, largos, fechados, abertos ou voltados para alguma visual interessante. Organizar os vazios entre os espaços de modo que resultem em lugares e não lugares. Uma forma de ampliar virtualmente o jardim além de seus limites físicos é fazer terminar o gramado numa seqüência escalonada de arbustos baixos, médios e altos.
Estações variáveis	Prever espaços sombreados e confortáveis sob a copa das árvores no verão; ensolarados e quentes no inverno. Os espaços parecerão maiores quando as árvores perderem as folhas no inverno.
Elementos isolados	Empregar elementos como uma escultura, uma planta isolada ou um maciço de plantas. Estes devem permanecer soltos, com muito vazio ao seu redor, de preferência com iluminação noturna planejada, de modo que possa se tornar ponto focal do espaço. No posicionamento desses elementos escultóricos são preferíveis os locais de chegada ou pontos finais nos caminhos.
Composição de cores	Diversificar folhagens e florações. Usar pontos isolados de cor quando o jardim for pensado para ser fruído de perto. Prever as mudanças cromáticas durante as estações do ano. Considerar maciços homogêneos ou heterogêneos, mas sempre com contrastes harmônicos.
Espécies aromáticas	Considerar espécies cujas fragrâncias sejam exaladas por flores diurnas ou noturnas, com aromas fortes ou delicados.
Espécies frutíferas	Distribuir os volumes vegetais de modo que as frutas atraiam pássaros, insetos, animais e pessoas. Compor as árvores frutíferas com as demais plantas, sem criar pomares isolados.
Espécies com textura	Distribuir diferentes texturas para caracterizar todos os componentes da vegetação: copas de aspecto grosso, fino, denso, rendilhado ou transparente; florações abundantes ou esparsas; ramagem e caules grossos, lisos, marmorizados; raízes aparentes ou não.
Estratos vegetais	Dispor estratos arbóreos, arbustivos e forrações, que influenciam na permeabilidade física e/ou visual. O estrato arbóreo é aquele em que o observador atravessa confortavelmente por baixo da folhagem. Já o estrato arbustivo possui altura um pouco acima ou abaixo da linha visual do observador, dificultando ou impedindo o livre trânsito. O estrato de forração compõe tapetes pelo chão, possibilitando ou não que se passe sobre eles.

A partir destas recomendações, conclui-se que é de fundamental importância o emprego de espécies vegetais que conjuguem produção e ornamentação, integrando estética com a produção de alimentos, consorciando frutíferas, hortaliças, plantas nativas espontâneas e ornamentais, medicinais, aromáticas, melíferas ou atrativas para fauna, e que sejam de floração ornamental e comestível (Backes, 2010). Deve-se empregar uma gama de plantas de diferentes

categorias estruturais, como árvores, arbustos de proteção, arbustos medianos, arbustos baixos, forragens, gramíneas, trepadeiras, perenes e bulbos (Reardon, 2011). Também se deve priorizar o emprego de espécies caducifólias, que tem seu uso desejável principalmente em climas com verões quentes e invernos de temperaturas baixas – no verão, as folhas auxiliam no sombreamento, enquanto no inverno a queda das folhas permite a absorção dos raios solares pelo interior da edificação (Mascaró, 2008).



Figura 04: imagens ilustrativas.

5 CONCLUSÕES

A partir da revisão bibliográfica realizada, puderam-se identificar princípios e recomendações para os projetos de praças, considerando que estes enderecem, simultaneamente, estética e funcionalidade, manejo de águas, qualidade do ar, traçado integrado ao contexto local, criação de habitats biodiversos e paisagismo ecológico. Compreende-se que a presença de elementos do ambiente natural, ou da direta relação entre eles e o ambiente construído, caracterizam um projeto sustentável, não só do ponto de vista de seu desempenho ambiental, mas do benefício psicológico que promove. Conclui-se que o projeto de uma praça sustentável possui a abordagem voltada ao projeto e a construção de paisagens (artificiais), que objetivam produzir novos ecossistemas que respeitem e se integrem aos originalmente existentes, objetivando favorecer o crescimento de espécies da flora e fauna local, economizar água e energia, e empregar métodos naturais de controle.

6 AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao professor Miguel Aloysio Sattler, pela motivação inicial ao ensino e por todo conhecimento adquirido nos anos de trabalho conjunto, cujos ensinamentos, nas disciplinas da graduação e pós, permitiram a elaboração deste artigo.

REFERÊNCIAS

- Abbud, B. *Criando paisagens: guia de trabalho em Arquitetura paisagística*. 2006. São Paulo: Editora SENAC.
- Backes, M.A. *Princípios do Paisagismo Ecológico*. 2004. Nova Petrópolis, RS, texto não publicado.
- Backes, M.A. 2001. *Curso Completo de Jardinagem e Paisagismo*. 2010. Nova Petrópolis, RS, Não publicado, apostilas diversas, 630p.
- Ching, Francis D.K. *Arquitetura: Forma, Espaço e Ordem*. 1998. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Coopermarcus, C.; Francis, C. *People places: design guidelines for urban open space*. 1998. Nova Iorque: John Wiley.
- Ferreira, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo dicionário da Língua Portuguesa*. 1986. Ed. Nova Fronteira.
- Jacobs, J. *Morte e vida de grandes cidades*. 2003. São Paulo: Martins Fontes.

Kaplan, R. *The Role of Nature in the Urban Context*. 1983. In: ALTMAN, I.; WOHLWILL, J. F. (Ed.). Behavior and the natural environment. New York: Plenum Press.

Kaplan, R.; Kaplan, S.; Ryan, R. L. *With people in mind: design and management of everyday nature*. 1998. Washington: Island Press.

Lamas, J. M. R.G. *Morfologia urbana e desenho da cidade*. 1993. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian e Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, s/d.

Macedo, S.S. *Quadro do Paisagismo no Brasil*. 2000. São Paulo: Editora Quapa.

Mascaró, Juan e Mascaró, Lucia. *Vegetação Urbana*. 2004. 2ª ed. Porto Alegre: L e J Mascaró.

Mascaró, J. L. *Infraestrutura da paisagem*. 2008. Porto Alegre: Masquatro Editora.

McLennan, J. *The philosophy of Sustainable Design*. 2004. Ecotone Publishing Company LLC.

Rogers, R. (2001) *Cidades para um pequeno planeta*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA.

Sattler, M. A. *Edificações sustentáveis: Interface com a natureza do lugar*. In: *Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades: Estratégias a partir de Porto Alegre*. 2004. Org: Menegat, R.; Almeida, G. Editora da UFRGS, Porto Alegre, p. 261-288.

Schanzer, H.W. *Contribuições da vegetação para o conforto ambiental no campus central da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.

Valesan, M. *Percepção Ambiental de moradores de edificações com pele-verde em Porto Alegre*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.

Atributos espaciais para a qualificação de praças públicas urbanas

Vivian Dall'Igna Ecker

Pós-Graduação em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade (PGAU-Cidade/UFSC).

vivianecker@gmail.com

Nelson Popini Vaz

Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade (PGAU-Cidade/UFSC).

nelson.popini@ufsc.br

ABSTRACT: There are attributes of the cities landscape and the urban setting that qualify the cities environment. In public spaces, it is believed that the squares improve the quality of life in many ways, increasing the community interaction, providing an environment with more courtesy and encouraging people to use the city. This article aims to conduct a literature research on the spatial quality of cities, with an emphasis on urban public squares, presenting a set of attributes related to this typology. The technical procedure used was the literature review, involving the literature, reading, analysis and interpretation of referential authors, who served as theoretical basis for the results. From the literature research undertaken, it was possible to identify the importance of public spaces to strengthen civic and citizen awareness. The attributes listed from the literature review, based on these authors, will be presented in the development of this article.

Keywords: sustainability, urban landscape, spatial quality, spatial attributes, squares.

RESUMO: Existem atributos da paisagem e da forma do espaço urbano que qualificam o ambiente das cidades. Em relação aos espaços públicos, acredita-se que as praças melhoram a qualidade de vida de múltiplas formas, aumentando a interação comunitária, promovendo um ambiente com mais urbanidade e encorajando as pessoas a usufruir da cidade. Pretende-se realizar uma pesquisa bibliográfica acerca da qualidade espacial das cidades, com ênfase nas praças públicas urbanas, apresentando um conjunto de atributos relativos à esta tipologia. O procedimento técnico utilizado foi a pesquisa bibliográfica, envolvendo o levantamento bibliográfico, leitura, análise e interpretação de autores referenciais, que serviram como fundamentação teórica para os resultados alcançados. **Resultados:** A partir da pesquisa bibliográfica realizada, pôde-se identificar a importância dos espaços públicos para o fortalecimento da consciência cívica e cidadã. Os atributos elencados na pesquisa bibliográfica, a partir destes autores, serão apresentados no desenvolvimento deste artigo.

Palavras-chave: sustentabilidade, paisagem urbana, qualidade espacial, atributos espaciais, praças.

1 INTRODUÇÃO

Neste artigo, pretende-se realizar uma pesquisa bibliográfica acerca da qualidade espacial dos espaços públicos urbanos, com ênfase em suas praças, apresentando um conjunto de atributos relativos à esta tipologia. Considera-se que existem atributos da paisagem e da forma do espaço urbano que qualificam as cidades e desempenham o papel de distinção e orientação, possibilitando ao indivíduo movimentar-se no espaço. Do ponto de vista ambiental, tem-se que as praças configuram espaços urbanos onde o terreno permeável e a infraestrutura verde contribuem para a sustentabilidade. Nelas, a presença de vegetação, drenagem das águas pluviais, usos do solo, mobiliário e equipamentos, iluminação pública, percursos peatonais, entre outros, são indispensáveis para atrair a população e garantir a saudabilidade (MASCARÓ,

1987). Parte-se do pressuposto de que as cidades com significativo número de praças possuem vantagens ambientais que se refletem na redução das ondas de calor, na diminuição da poluição atmosférica, na existência de grandes áreas com acesso à insolação (ROGERS, 2001).

Acredita-se que uma praça com boa qualidade do ar, temperatura, solo, paisagem, será mais apreciada e, conseqüentemente, mais utilizada enquanto espaço público, na medida em que estes atributos, ao promoverem a qualidade espacial, possuem o potencial de acrescentar urbanidade ao espaço, aproximando e reunindo diferentes grupos sociais. Gehl (2010) afirma que os espaços públicos sempre serviram como local de encontro, trocas e circulação. Segundo Sennett (1979), embora tenham perdido em representatividade na sociedade contemporânea (devido, principalmente, à privatização dos espaços de uso coletivo), sempre foram foco da vida social ativa. Assim, os espaços públicos urbanos, em especial suas praças, são locais qualificadores da coletividade, tanto em termos urbanísticos, quanto culturais e sociais.

Dentre as categorias de espaço público, Lynch (1999) define que as praças são locais de escape no contexto urbano, onde proporcionar o bem-estar dos indivíduos é o principal objetivo. Conceitualmente, as praças são espaços públicos urbanos, de uso coletivo, caracterizados pela organização espacial e intencionalidade do desenho, onde acontecem, nos centros urbanos, os encontros do cotidiano (LAMAS, 1993). Nas cidades, as praças caracterizam lugares públicos de permanência, de encontro, de comércio e de circulação, funcionando ainda como palco para importantes acontecimentos festivos, comemorações e manifestações, onde a arquitetura assume uma posição de destaque. Diante deste contexto, as praças assumem um sentido fundamental na vitalidade urbana e no cotidiano dos cidadãos, pelo qual existe uma correlação óbvia entre a configuração do espaço público e a qualidade de vida. Do ponto de vista cultural, Mascaró (1987) considera ainda que as praças são locais com configuração singular, de grande valor simbólico, que possuem caráter de centralidade e sustentam um patrimônio rico em história e tradição sobre a cidade.

2 OBJETIVOS

Neste artigo, pretende-se realizar uma pesquisa bibliográfica relativa a autores que, em suas obras, abordaram a temática dos espaços públicos urbanos e, mais precisamente, das praças, identificando e descrevendo a contribuição desta tipologia para a promoção da qualidade espacial urbana. Parte-se do pressuposto de que a qualidade do espaço urbano está diretamente relacionada a atributos espaciais que qualificam a ambiência das cidades. Também, acredita-se que as praças promovem as relações de sociabilidade, e possuem vantagens ambientais que contribuem para o bem estar da população. Assim, preocupam-se os procedimentos de planejamento da cidade por intermédio de sua forma, onde atributos espaciais sustentam a análise dos aspectos plásticos das formas arquitetônicas, contribuindo para o desempenho morfológico da cidade como um todo. No desenvolvimento deste artigo, será elencado um conjunto de atributos relacionados aos projetos de praças, enquanto objeto de estudo desta pesquisa, considerando-se a integração das mesmas ao tecido urbano, bem como a importância de elementos naturais em sua composição paisagística.

3 MÉTODO

O procedimento técnico utilizado foi a pesquisa bibliográfica, envolvendo o levantamento bibliográfico, leitura, análise e interpretação de diferentes fontes, que serviram como fundamentação teórica para os resultados alcançados. Adotou-se o método de consulta à documentação, obtendo-se informações através de fontes secundárias, como livros, periódicos, artigos, teses e páginas eletrônicas, produzidos por autores referenciais na área onde se enquadra a pesquisa. Desta forma, esta é considerada uma pesquisa teórico-conceitual, cujo delineamento objetivou identificar e sistematizar conceitos.

4 RESULTADOS

A partir da pesquisa bibliográfica realizada, pôde-se identificar a importância dos espaços públicos urbanos, com ênfase em suas praças, para o fortalecimento da consciência cívica e cidadã. Sua representatividade para a qualidade espacial das cidades dá-se, também, desde a perspectiva ambiental, na medida em que as praças contribuem para o equilíbrio climático das cidades e a preservação de ecossistemas naturais. Os atributos elencados na pesquisa bibliográfica, de acordo com os autores referenciais estudados, serão apresentados a seguir.

4.1 Atributos espaciais

Os atributos físico-espaciais estão relacionados a significados, interpretados pelos indivíduos em função de seus valores e padrões de comportamento. Dentre os autores que teorizam sobre os atributos dos espaços públicos urbanos e suas praças, destacam-se as obras de Camillo Sitte, Kevin Lynch e Christopher Alexander, cujas abordagens teóricas consideram desde as questões históricas de formação dos espaços públicos até as questões sócio-espaciais e formais, relativas ao funcionamento e materialização do urbano. Ao presenciar as mudanças representativas decorrentes do modernismo, dentre os séculos XIX e XX, estes autores foram pioneiros em tratar da importância da qualidade espacial dos ambientes urbanos para o bem estar da população. Devido à relevância de suas produções teóricas para a estruturação de muitos conceitos que permeiam o planejamento urbano contemporâneo, e também por se tratarem de referencial teórico estruturado, capaz de oferecer um embasamento para a operacionalização dos conceitos, o recorte teórico delimitou estes três autores. Também, suas obras vem apoiando e inspirando o desenvolvimento de inúmeros trabalhos acadêmicos.

4.1.1 Camillo Sitte

A partir e uma abordagem historicista, Sitte (1889) relata a importância da continuidade de estruturas antigas para o fortalecimento da identidade cultural de cada localidade. Na obra “*A construção das cidades segundo seus princípios artísticos*”, publicada em 1889, o autor – preocupado com o funcionalismo extremo do período – buscou identificar espaços que fizessem o povo da cidade se sentir como uma “comunidade com raízes” (HARVEY, 1992). A motivação para sua pesquisa decorreu do fato de que, em função das transformações pós sociedade industrial, muitas das grandiosas construções monumentais passaram a ser projetadas em espaços inadequados e terrenos mal fracionados (SITTE, 1889). Assim, suas idéias podem ser entendidas como uma reação à comercialização, ao racionalismo utilitário e às fragmentações decorrentes das concepções iniciais do urbanismo moderno (HARVEY, 1992).

Em sua obra, verifica-se um empenho em pesquisar, a fundo, uma série de praças antigas e antigos conjuntos urbanos, identificando as causas de seus belos efeitos: o autor analisa a cidade antiga, concentrando-se no estudo de um conjunto de praças públicas européias, a partir das quais descreve os atributos que qualificam espacialmente estas praças. Seu objetivo era identificar os atributos cujo arranjo espacial garantiria a obtenção de resultados notáveis, a fim de orientar o desenvolvimento de futuros projetos. De acordo com suas análises, a praça, na cidade tradicional, bem como a rua, estabelece estreita relação do vazio (espaço de permanência) com os edifícios, os seus planos marginais e as fachadas, organizando o cenário urbano (SITTE, 1993). Para Sitte (1992), a qualidade de um traçado estaria diretamente relacionada ao dimensionamento adequado dos espaços, à relação físico-visual entre os espaços públicos e privados, e à relação de cheios e vazios entre as edificações e o traçado urbano. Ele cita os momentos no tempo histórico de formação das praças da seguinte forma:

1. Na civilização grega, a ágora constituía a principal praça, o lugar de encontro dos cidadãos. Seu conjunto (pátio aberto circundado por edifícios públicos e administrativos) conformava o centro sócio-político. De semelhante forma, para a civilização romana, a praça do fórum

- desempenhava um papel central na vida cívica da urbs. Era um espaço delimitado por edificações com fins institucionais, religiosos ou comerciais (CALDEIRA, 2007).
2. Posteriormente, na Idade Média e na Renascença, as praças, ricamente adornadas, tornaram-se o orgulho e a alegria de toda cidade independente. Nelas, concentrava-se o movimento popular, tinham lugar as festas públicas, organizavam-se as exposições, empreendiam-se cerimônias oficiais, anunciavam-se leis, e realizavam-se eventos coletivos.
 3. No urbanismo moderno, a relação entre os espaços vazios e construídos sofreu uma inversão. Outrora, o espaço público (ruas e praças) formava um conjunto coeso e de efeito calculado – tudo o que fosse oblíquo ou feio permanecia invisível no interior das áreas construídas. No urbanismo moderno, toda sobra irregular, na disposição das construções ou entre um conjunto de ruas, passou a ser designado por praça.

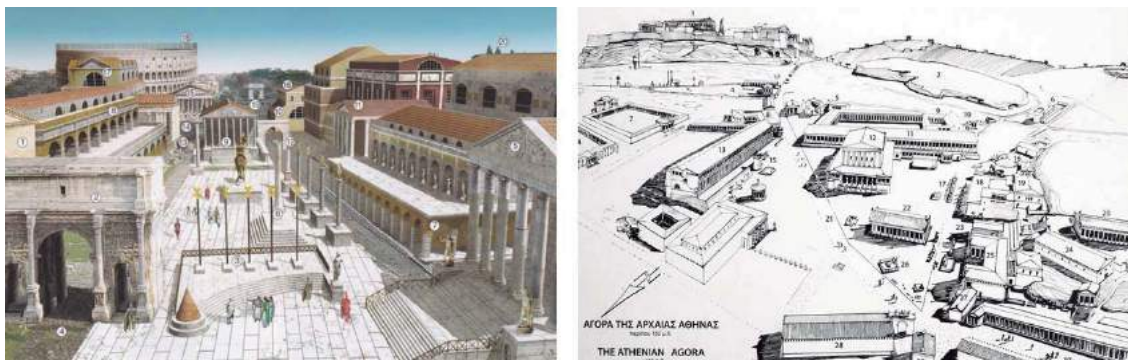


Figura 1: fórum romano e ágora grego (imagens ilustrativas).

Com a finalidade de rever os conceitos urbanísticos do período, e resgatar as características tradicionais que simbolizavam a qualidade do urbano, Sitte (1889) estruturou sua reflexão teórica. Segundo ele, um dos atributos espaciais relativos às praças é a largura das vias que chegam até elas, uma vez que esta relação proporcional, entre as praças e o traçado urbano, caracteriza a escala humana. O autor relata que as estreitas vielas das cidades antigas comportavam pequenas praças, já a largura colossal das vias contemporâneas exige espaços gigantescos, nos quais as praças de vastas dimensões existem quase unicamente como lugar de passagem, sem causar, de fato, o efeito integrador de uma praça voltada à escala do pedestre. Sem uma relação proporcional entre praça e traçado, a intensidade da vida pública é enfraquecida. Ainda em relação ao traçado, Sitte (1889) descreve que os trajetos retilíneos são produto de uma concepção espacial que pressupõe a correlação lógica dos atos, a eliminação do acaso e da surpresa, e a redução de variações no sistema; já os trajetos sinuosos, característicos dos espaços urbanos antigos, são o tipo de organização espacial que possibilita maior fruição nos percursos, surpreendendo as pessoas em cada nova curva (ARGAN, 1995).

Analisando a relação entre a praça e as edificações adjacentes, sob o aspecto da forma, Sitte (1889) identifica que a relação proporcional entre praça e edificações é um atributo de grande importância. Uma praça demasiado pequena não propicia a revelação de todo o efeito das construções monumentais circundantes; em contrapartida, uma praça grande demais não causa um efeito representativo, pois mesmo a construção mais imponente terá uma aparência diminuta em relação à ela. Assim, a altura do edifício (medida do nível da praça à cornija mais alta do edifício) deve encontrar-se em relação proporcional com as dimensões da praça, medida perpendicularmente à fachada do edifício. Ainda em relação à proporção entre praça e edificações, Sitte (1889) define duas categorias: as praças de profundidade e as de largura. As praças de profundidade tem efeito quando o edifício principal está ao fundo, em um dos lados mais estreitos da praça, e apresenta uma dimensão similar à mesma, ou seja, maior em altura do que em largura (como costuma ser o caso das fachadas de igreja). Por outro lado, uma praça diante de um edifício em cujas dimensões predomina a largura (característica típica de prefeituras, por exemplo) deve manter uma forma correspondente, portanto mais larga.

4.1.2 Kevin Lynch

Em sua obra “A Imagem da Cidade”, Lynch (2011) descreve os atributos que estruturam a forma urbana e a maneira como as pessoas percebem a cidade e suas partes constituintes. Nela, o autor apresenta o conceito de “imagem ambiental”, definindo-o como um conjunto de sensações apreendidas quando indivíduos diferentes compartilham experiências perceptivas e, coletivamente, tendem a formar imagens mentais semelhantes. De acordo com Lynch (2011), do somatório de percepções individuais ter-se-ia um entendimento coletivo quanto aos atributos que caracterizam determinado espaço, criando um “imaginário coletivo” relativo àquele espaço. De acordo com sua abordagem, o espaço urbano é apreendido pela estrutura física (tem direção, área, forma, padrão, volume e distância), e possui atributos que podem ser mapeados e, portanto, captados pelos sentidos humanos (HARVEY, 1992). Deve-se a ele a descoberta do significado psicológico do ambiente urbano e, mais precisamente, dos atributos espaciais que o compõem.

Lynch (2011) considera a acessibilidade como um dos principais atributos para o estabelecimento das práticas de sociabilidade no espaço urbano, cuja “abertura” ou “receptividade” resulta na variedade de práticas e atitudes que podem coexistir. O autor afirma que espaços bem conectados tendem a facilitar o deslocamento, e identifica o predomínio visual do sistema viário para a distinção e orientação do observador, descrevendo sua importância na organização do todo da cidade. Assim, a acessibilidade pode ser entendida em termos da distância, da quantidade de espaço disponível para realização de atividades e da existência de barreiras físicas.

De acordo com Lynch (2011), a qualidade do espaço urbano também pressupõe o atributo de identidade (o reconhecimento visual e o significado – prático ou emocional – que distingue determinada forma urbana de outras). O autor defende a importância da identidade da forma urbana e a clareza de sua posição, afirmando que sua diferenciação, em relação à outras partes do tecido urbano, possibilita ao indivíduo atuar dentro do espaço na medida de suas necessidades, conduzindo-o ao destino desejado. Assim, as formas do tecido devem ser propostas de modo que exista unidade entre as múltiplas características do espaço: dia e noite, inverno e verão, proximidade e distância, estática e movimento, atenção e distração. Lynch (2011) afirma que as pessoas costumam contar com a presença de outros, e com atributos espaciais, para se deslocarem no espaço. No processo de orientação, o elo estratégico é a imagem ambiental formada pelo observador, produto tanto da sensação imediata quanto da lembrança de experiências passadas, que contribuem para interpretar as informações e orientar a ação presente, caracterizando a identidade.

Outro atributo relativo aos espaços é a legibilidade, determinada pela existência de figuras dominantes e planos de fundo extensos, pontos focais e um tecido conectivo, onde cada parte é facilmente identificável, e está ligada ao todo de maneira inequívoca, criando um sistema hierárquico a partir de uma sequência de eventos (LYNCH, 2011). Gehl (2010) sugere evitar a existência de vazios urbanos, e projetar os espaços públicos considerando a escala humana, concentrando o fluxo de pedestres e de atividades no nível do solo (evitando áreas e passagens elevadas ou rebaixadas) e prevendo muitas portas entre o espaço público e o interior das edificações, a fim de garantir segurança e integração. Desta forma, o modelo total será percebido a partir da organização dos componentes no tecido urbano: a localização de marcos, a criação ou o estabelecimento dos pontos nodais, o desenvolvimento de uma hierarquia visual dos caminhos, o estabelecimento de unidades temáticas para os setores. De acordo com Lynch (2011), os cinco componentes estruturais para a legibilidade do espaço urbano, aplicáveis ao contexto de praças, são:

Vias ou caminhos	As vias, ou caminhos, são os canais de circulação ao longo dos quais o observador se locomove de modo habitual, ocasional ou potencial. As pessoas se orientam no espaço, em grande parte, segundo a principal afluência de fluxos. Assim, é uma necessidade lógica que os percursos, uma vez identificáveis, tenham continuidade, de forma que a concentração de atividades gere uma imagem ambiental clara na mente do observador. De acordo com Lynch (2011), as vias com origem e destino bem definidos possuem identidade mais forte, garantindo ao observador o senso de orientação (as pessoas gostam de saber de onde surgem e para onde levam os caminhos). Para facilitar a orientação, o autor sugere a diferenciação do início-meio-fim da via (através de mudanças de direção, marcos, limites espaciais, etc.).
Limites	Os limites são os componentes representados, geralmente, pela fronteira entre duas áreas ou setores, e caracterizados por distintas ambiências entre si. São estruturas limítrofes que, devido a características organizacionais, conferem unidade a diferentes áreas. Funcionam como referências situadas nas fronteiras entre áreas de características diferentes. Podem ser contínuos ou fragmentários (apenas perceptíveis em alguns pontos). Ainda que a continuidade e a delimitação sejam cruciais, os limites não devem ser, necessariamente, impenetráveis. Muitos limites são mais interfaces do que propriamente barreiras, e é interessante estudar as diferenças de tais efeitos na integração espacial, reforçadas por aspectos de fronteira.
Setores	Os setores são áreas com extensão bidimensional reconhecível por possuírem características comuns que as identificam. São áreas relativamente extensas, que podem estar organizados do ponto de vista interno (homogeneidade interna) e, ocasionalmente, servirem de referência externa. As características físicas que determinam os setores são continuidades temáticas, que podem consistir em textura, forma, diferenciações na topografia, etc.
Pontos nodais	Os pontos nodais são pontos estratégicos, com significativa importância funcional (típicas junções de caminhos, ou concentrações de atividades com alguma característica em comum). Quando as decisões quanto à direção a ser percorrida são tomadas nas junções dos caminhos, as pessoas reforçam a atenção em tais locais, evidenciando a importância de clareza perceptiva em tais localizações. Para a segurança emocional e para a eficiência funcional dos percursos, é importante que as sequências sejam contínuas, sem grandes interrupções, embora possa haver um adensamento de pontos nodais em determinadas áreas.
Marcos	Os marcos são pontos de referência perceptíveis desde as áreas externas à paisagem, são componentes físicos de porte significativo (variantes em altura ou constituição) que contribuem para a orientação do observador. Sua característica-chave é a originalidade, um aspecto que é memorável ou único no contexto. Podem ter uma forma clara, de fácil identificação, contrastar com o cenário de fundo ou localizarem-se espacialmente num ponto de destaque. Uma sequência de marcos, na qual um antecipa ao próximo, orientando o percurso do observador, configura-se como uma forma-modelo de deslocamento das pessoas no espaço, uma vez que a sequência facilita o reconhecimento e a memorização. O domínio visual pode fixar os componentes como marcos de duas maneiras distintas: tornando o componente visível a partir de muitos outros locais, ou criando um contraste local com os componentes circundantes.

Tabela 1: componentes estruturais para a legibilidade do tecido urbano (LYNCH, 2011).

A partir da organização destes componentes, torna-se possível planejar a disposição eficiente do mobiliário urbano, da infraestrutura e das massas vegetais nos diversos caminhos, ambientes e recantos das praças. Do ponto de vista de sua ambiência, a qualidade das praças está diretamente associada à presença de elementos físicos (infraestrutura, equipamentos e mobiliário urbano) que tornam sua espacialidade agradável. O projeto dos percursos externos e internos à praça (caminhos, vias, calçadas e passeios) deve prever franca acessibilidade aos pedestres, e acessibilidade secundária para transportes, ciclovias, bicicletários e áreas de descarga próximas às zonas de serviço. Em cada ambiente, o projetista deve tirar partido do potencial paisagístico, buscando variações nos ângulos ao longo dos caminhos, aumentando a atenção do usuário com os componentes de destaque na paisagem, e facilitando sua orientação a partir da clareza direcional dos percursos (ABBUD, 2007). Os cinco componentes estruturais para a legibilidade do espaço urbano, aplicáveis ao contexto de praças, podem ser ilustrados da seguinte forma:

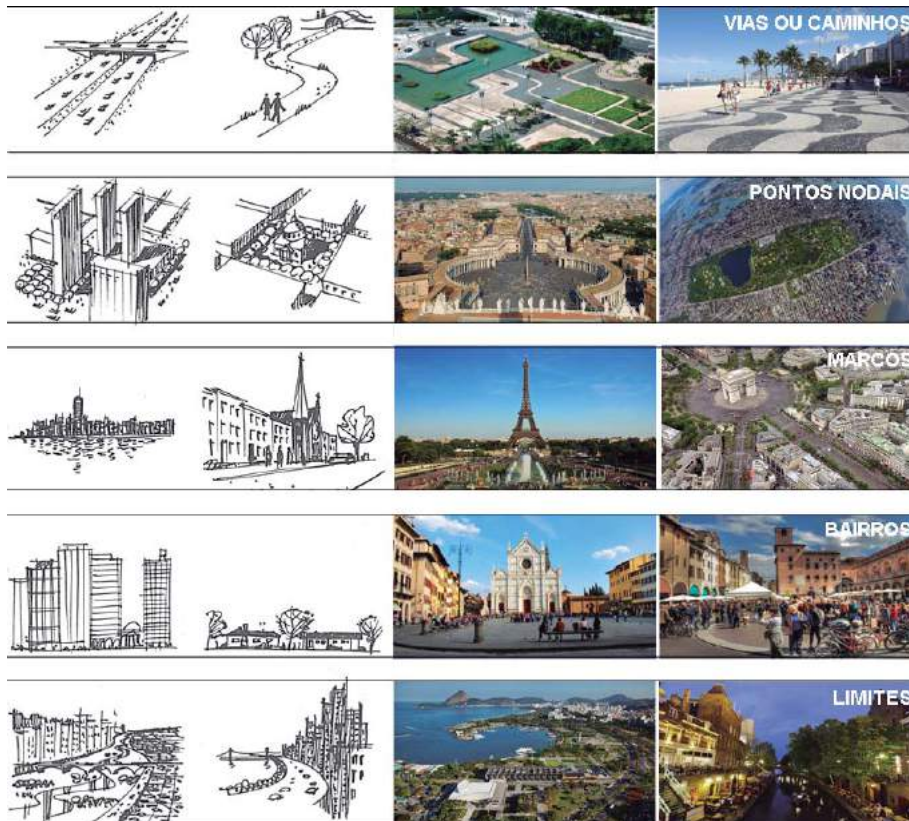


Figura 2: componentes estruturais para a legibilidade do tecido urbano (LYNCH, 2011).

Nitidez dos limites	O contraste entre os espaços pode dar-se em relação ao entorno imediatamente visível ou à experiência do observador a partir de uma interrupção abrupta no percurso; ou do contraste entre superfície, forma, intensidade, complexidade, tamanho, uso, localização. Quando aumenta o conhecimento dos limites espaciais, os observadores dependem menos de continuidades físicas volumosas para perceberem a organização do todo.
Simplicidade da forma	As formas que possuem clareza e simplicidade, tanto em sentido geométrico quanto na delimitação de suas partes, são mais facilmente identificadas.
Continuidade	A continuação de limites ou superfícies; a repetição de um intervalo rítmico; a similaridade, analogia ou harmonia (de superfície, forma ou uso) são atributos que facilitam a percepção de uma realidade física complexa como sendo única.
Predomínio	O predomínio de uma parte sobre as outras, em decorrência do tamanho, da intensidade ou da centralidade, resulta na leitura desta parte em relação ao conjunto.
Clareza de junção	A alta visibilidade das conexões e a relação clara entre as partes são estratégicos para o entendimento do conjunto.
Diferenciação direcional	As assimetrias, gradientes e referências radiais que diferenciam uma extremidade da outra, ou que diferenciam um lado do outro, ou uma direção da outra, são extremamente usadas na estruturação dos espaços públicos.
Alcance visual	Os atributos que facilitam a apreensão do todo, tanto concreta quanto simbolicamente, são: transparências; sobreposições; vistas e panoramas que aumentam a profundidade de visão; elementos de articulação (que definem visualmente o espaço); concavidades (que expõem objetos mais distantes ao campo visual); etc.
Consciência do movimento	Os artifícios que, através dos sentidos visuais, tornam sensível o observador ao seu próprio movimento, podem ser: a experiência perspectiva de um percurso, a continuidade ou mudança de direção, a visibilidade do intervalo entre distâncias.
Séries temporais	As sequências espaciais podem ser uma sucessão formal de espaço, textura, movimento, luz ou silhueta. São percebidas com o passar do tempo, incluindo tanto as ligações simples (ambiente por ambiente), ou as séries ritmadas ou gradativas.
Nomes e significados	Os significados e associações, sejam sociais, históricos, funcionais, econômicos ou individuais, reforçam as sugestões de identidade ou de estrutura que podem estar latentes na forma física. Os nomes, por exemplo, são importantes para a cristalização da identidade.

Tabela 2: atributos formais para a estrutura e identidade do tecido urbano (LYNCH, 2011).

Por fim, Lynch (2011) descreve que as vias e caminhos mais indicados, na composição espacial das praças, são aqueles que margeiam a vegetação, pois facilitam a manutenção e evitam segregação o espaço destinado às áreas verdes (BACKES, 2004). Já as áreas de recreação e os espaços de convívio devem ter ambientes diversificados (ensolarados, sombreados, tranquilos, agitados, etc), favorecendo o contato e a vida social. De acordo com Backes (2004), os acessos, bem como suas diferentes funções, devem passar por um processo de hierarquização: os caminhos funcionais e de serviço devem receber o tratamento de pisos confortáveis, resistentes e seguros, enquanto os caminhos de lazer ou recreação podem ser traçados com maior sinuosidade, conduzindo a uma apreciação visual dos pontos em destaque. Os atributos de acessibilidade, identidade e legibilidade, descritos por Lynch (2011), podem ser detalhados de acordo com as características espaciais na Tabela 2.

4.1.3 Christopher Alexander

Alexander et al. (1977) na obra “A Pattern Language” (Uma Linguagem de Padrões)¹, caracterizam atributos espaciais que reforçam o papel da forma urbana em si. Na obra, os autores listam um conjunto de 253 padrões aplicáveis a projetos arquitetônicos e urbanísticos, objetivando à qualidade espacial urbana. Cada padrão descreve um problema recorrente e, a seguir, sua solução, de tal maneira que esta solução possa ser replicável em diferentes projetos. Em cada descrição, os autores citam uma sequência de padrões relacionados, de maneira que, para cada problema de projeto, há um conjunto de soluções adequadas à sua resolução, a partir de múltiplas combinações (MOEHLECKE, 2008). Considerando-se o objeto de estudo, realizou-se uma revisão dos 253 padrões, identificando aqueles padrões cujos atributos são aplicáveis ao contexto das praças. Assim, a seleção concentrou-se no grupamento de padrões do 119 ao 126 que, na classificação proposta pelos autores, abordam a escala de praças e espaços públicos. Alguns poucos foram selecionados em outros grupamentos. Os padrões selecionados serão descritos a seguir, de forma sintética em relação ao detalhamento apresentado na obra original (ALEXANDER et al., 1977).

Padrão	Descrição do padrão
102 Family of entrances Conjunto de acessos	Considera que, quando uma pessoa chega num complexo de edificações desconhecido, há grande chance de possuir dificuldades de orientação. Assim, é fundamental garantir a clareza imediata de acessos às edificações, locando as entradas agrupadas, próximas umas às outras e/ou orientadas para o mesmo espaço central.
106 Positive outdoor space Espaço exterior positivo	Refere-se à geometrização do espaço exterior, recomendando tornar positivos (convexos) todos os espaços exteriores aos edifícios, dando-lhes certo grau de delimitação a fim de favorecer sua identificação enquanto lugar. É considerado um espaço positivo aquele que se encontra delimitado pelas edificações circundantes, de forma que seus limites pareçam conectados, com forte contiguidade.
114 Hierarchy of open space Hierarquia de espaços públicos	Nos espaços públicos, as pessoas tentam, por vezes, encontrar um local onde possam se sentir protegidas, de onde possam observar o movimento. Noutras vezes, buscam espaços para interagir com outras pessoas. Essencialmente, qualquer lugar onde as pessoas se sintam confortáveis possui: um espaço mais intimista, onde se possa admirar um jardim, por exemplo; e um espaço mais amplo, aberto para grandes visuais. É interessante que haja um gradiente de usos entre estes dois extremos.
120 Paths and goals Caminhos e metas	A forma de um caminho somente parecerá correta se for naturalmente compatível com o processo de caminhar. Assim, inicialmente definem-se os pontos de parada e de interesse (pontos nodais) no espaço, para então estabelecer os caminhos de conexão entre eles. Estes caminhos podem ser estreitos, ou suavemente sinuosos nos trechos de menor fluxo. Os pontos nodais não devem distar mais de 100m uns dos outros.

¹ Nesta obra, a apresentação dos padrões se dá numa escala gradual de abrangência, que vai desde aspectos urbanísticos até detalhamentos construtivos, ou seja, são apresentados do amplo ao específico (iniciando por regiões, cidades, bairros, grupamentos de edificações, edificações isoladas e finalizando nos detalhamentos construtivos).

Padrão	Descrição do padrão
121 Path shape Forma do percurso	Considera as ruas como um local de permanência, que devem ser tratadas, em projeto, como lugares para estar. As ruas não devem ser apenas canais de circulação – é importante que elas possam reter as pessoas por mais tempo, favorecendo a vida pública. A estratégia seria alargar a rua em alguma parte de seu trajeto, para permitir áreas mais generosas, formando um ambiente de permanência.
122 Building fronts Frentes dos edifícios	Descreve que os recuos frontais dos edifícios enfraquecem o caráter da rua enquanto espaço de socialização, prejudicando a relação direta público/privado. Assim, defende que as fachadas dos edifícios não só sejam posicionadas nos limites do espaço público, mas que tenham quantidade suficiente de aberturas para este espaço.
123 Pedestrian density Densidade de pedestres	Faz uma correlação entre as dimensões da praça e a presença de pessoas, demonstrando que, quanto maior a relação área x pessoa, maiores as chances de o espaço parecer vazio. Embora os autores saibam que o superdimensionamento de um espaço não é a única resposta para se compreender sua desertificação, eles afirmam que é um fator influente. Sugerem que se tenha como parâmetro uma área entre 14 a 28m ² /pessoa.
124 Activity pockets Bolsões de atividades	Sugere que se estabeleçam bolsões de atividades nas principais vias de acesso. Isso faz com que as pessoas tenham que passar por estas atividades, o que torna o simples rito de passagem um encontro naturalmente ocasionado, estimulando as pessoas a parar e se envolverem com o que está acontecendo.
126 Something roughly in the middle Elemento central	Alega que as pessoas costumam escolher, para permanecer, lugares onde há algum elemento fixo que lhes sirva de apoio ou referência. Destaca que espaços públicos de maiores dimensões podem ficar vazios no centro se não houver algo que auxilie a fixar as pessoas. Assim, sugere-se a colocação de bancos, árvores, esculturas, postes, fontes, etc, nos caminhos de passage naturalmente definidos pelas pessoas.
164 Street Windows Janelas para a rua	As janelas proporcionam integração visual entre o interior das edificações e o espaço público, garantindo a relação entre dentro e fora. Se a finalidade for a permeabilidade visual dos espaços, as aberturas devem ser posicionadas nos locais onde as pessoas costumem circular, onde normalmente costumam parar e observar o movimento.
241 Seat spots Locais para sentar	Sugere a distribuição de assentos ao ar livre, que estejam voltados para onde ocorrem as atividades, e de onde se aproveite o melhor das condições climáticas locais.

Tabela 3: atributos formais para a imaginabilidade do tecido urbano (ALEXANDER et al., 1977)

5 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou a síntese da pesquisa bibliográfica realizada, que objetivou estabelecer um paralelo teórico-conceitual entre diferentes autores, considerando-se o objeto de estudo de praças. A partir da pesquisa, pôde-se compreender como são abordados os atributos que garantem a qualidade espacial dos espaços públicos urbanos: Sitte defende o resgate de atributos antigos na formação dos espaços públicos contemporâneos, a partir da relação proporcional entre praças e traçado urbano, e entre praça e edificações; Lynch apresenta o conceito de imagem ambiental e um conjunto de componentes físicos que podem ser mapeados no tecido urbano, de forma a estabelecer as relações de acessibilidade, identidade e legibilidade entre os diferentes espaços públicos; Alexander et. al. listam um conjunto de padrões aplicáveis a projetos arquitetônicos e urbanísticos, objetivando à qualidade espacial urbana, dos quais a pesquisa destacou aqueles relativos ao objeto de estudo selecionado.

Com os atributos elencados na pesquisa bibliográfica realizada, pretende-se contribuir para o desenvolvimento de futuros projetos. Acredita-se que as praças, enquanto locus da sociabilidade urbana, constituem espaços em potencial para o sentido de pertencimento dos habitantes às cidades, reforçando os atributos espaciais e as características formais que fazem delas um espaço público referencial para a qualidade de vida. Do ponto de vista ambiental, compreende-se que a presença de elementos do ambiente natural, ou da direta relação entre eles e o ambiente construído, qualificam espacialmente os projetos, não só do ponto de vista do desempenho ambiental, mas também do benefício psicológico que promovem. Pretende-se que os projetos, desenvolvidos a partir desta perspectiva, enderecem, simultaneamente,

estética e funcionalidade, manejo de águas, qualidade do ar, traçado integrado ao contexto local, criação de habitats biodiversos e paisagismo ecológico, fortalecendo a apropriação coletiva do domínio público através da qualificação do tecido urbano.

REFERÊNCIAS

Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M., Jacobson, M., Fiksdahl-King, I., Angel, S.. *Un lenguaje de patrones: ciudades, edificios, construcciones*. 1977. Barcelona: Gili.

Argan, G.C. *História da Arte como História da Cidade*. 2005. São Paulo: Editora Martins Fontes.

Caldeira, J.M. *A praça brasileira. Trajetória de um espaço urbano: origem e modernidade*. 2007. Tese (Doutorado) – Departamento de História do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

Lamas, J. M. R.G. *Morfologia urbana e desenho da cidade*. 1993. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian e Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, s/d.

Lynch, K. *A imagem da cidade*. 2011. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes.

Mascaró, J. L. *Infraestrutura da paisagem*. 2008. Porto Alegre: Masquatro Editora.

Moehlecke, J. *Uma contribuição para o desenvolvimento de assentamentos humanos mais sustentáveis: identificação de padrões urbanos relacionados aos princípios de sustentabilidade*. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.

Rogers, R. (2001) *Cidades para um pequeno planeta*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA.

Sitte, C. *A construção das cidades segundo seus princípios artísticos*. Tradução Ricardo Ferreira Henrique. 1992. São Paulo: Ática.

Espaços livres privados: residuais ou projetados?

Renata Mattos Simões

Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria de Edificações, Colatina, Espírito Santo, Brasil
renatamattos@ifes.edu.br

Sirana Palassi Fassina

Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria de Edificações, Colatina, Espírito Santo, Brasil
sirana.fassina@ifes.edu.br

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos, Vitória, Espírito Santo, Brasil
cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: This research aimed to identify how private open spaces are treated by the architects: if as residual or as architectural design element space. It was chosen, as a case study, the city of Colatina (ES, Brazil). The goal was to diagnose how the architects, working in Colatina, plan such open spaces, on the assumption that they are a result of legal restrictions and do not constitute essential elements of architectural composition of party or possessing any qualitative function to the building or its surroundings. The methodology consisted in mapping major subdivisions, the analysis of the planning legislation, and the elaboration of a questionnaire, which addresses issues related to professional actions regarding the free spaces on the issues imposed by urban legislation, intentions and influence of sustainability decisions by customer choice. The responses obtained permit to conclude that most plans clearances between legal determinations, while indicating concern in the issue of sustainability.

Keywords: private open space, urban legislation, permeability.

RESUMO: Esta pesquisa buscou identificar como os espaços livres privados são tratados pelos arquitetos: se como espaço residual ou como elemento projetual. Usou-se como estudo de caso a cidade de Colatina (ES, Brasil). O objetivo foi diagnosticar como os arquitetos, atuantes em Colatina, planejam tais espaços livres, partindo da hipótese de que são resultantes de condicionantes legais e não constituem elementos de composição do partido arquitetônico essenciais ou possuidores de alguma função qualitativa para a edificação ou seu entorno. A metodologia consistiu no mapeamento dos principais loteamentos, na análise da legislação urbanística, e na elaboração de um questionário, que aborda questões relacionadas à atuação profissional referente aos espaços livres quanto às questões impostas pela legislação urbanística, intenções de sustentabilidade e influência das decisões por escolhas dos clientes. As respostas obtidas possibilitaram concluir que a maioria planeja os espaços livres em função das determinações legais, embora indiquem preocupação no quesito de sustentabilidade.

Palavras-chave: espaço livre privado, legislação urbanística, permeabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Colatina é uma cidade da região noroeste do estado do Espírito Santo (Fig. 1) que se desenvolve seguindo as margens do Rio Doce entre uma cadeia de montanhas (Fig. 2), com população estimada de 121 mil habitantes e área da unidade territorial de 1.416 Km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).



Figura 1. Localização de Colatina. Fonte: Prefeitura Municipal de Colatina (2014)



Figura 2. Foto panorâmica da cidade de Colatina. Fonte: Maraeliza Penitente Poleze (2014)

Conforme Campos Junior (2004), a formação histórica de Colatina, de certa maneira, facilitou o surgimento de grandes loteamentos. Seus primeiros habitantes foram os índios Botocudos e, após muitas tentativas de colonização pelos imigrantes europeus, que em 1891 fundaram a Vila de Colatina, a cidade passou a integrar a região de Linhares. Foram várias as disputas políticas e geográficas até a emancipação, em 1921. Nesse período, grande parte do território pertencia a poucas famílias, produtoras de café, que detinham influência política e econômica na região, e hoje seus descendentes vendem as propriedades ou parcelam em lotes urbanos (Fig. 3), localizados em grande parte nas bordas da cidade consolidada.

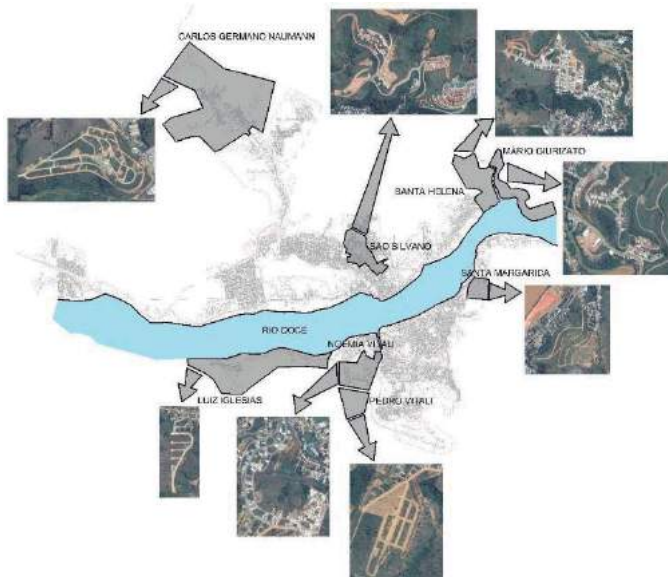


Figura 3. Loteamentos recentes. Fonte: Prefeitura Municipal de Colatina e Google Maps (Montagem dos autores)

Nas áreas de expansão urbana de Colatina, que seguem o modelo predominante de ocupação horizontal, dispersa e linear de baixa densidade, a proliferação de loteamentos sobrecarrega a rede de infraestrutura viária e de serviços existentes na cidade, já que muitas vezes não contam com áreas para equipamentos urbanos e comunitários (educação, cultura, saúde e lazer), acessos consolidados, linhas de transportes públicos, serviços de comércio local e saneamento

básico. Para Maricato (2012, p. 69), “um empreendimento mal localizado gera desperdícios, pois a extensão das redes e equipamentos urbanos para lugares não urbanizados impõe um alto preço ao conjunto da sociedade, que financia seus custos.” Além disso, este tipo de ocupação não incentiva a valorização dos espaços livres públicos e privados, e dificulta o entendimento dos mesmos como sistema. Para Campos (2011, p. 13), “entende-se como sistema de espaços livres (SEL) urbanos os elementos e as relações que organizam e estruturam o conjunto de todos os espaços livres de um determinado recorte urbano.”

M’Ikiugu et al (2011) consideram que a qualidade de vida dos centros urbanos está relacionada à qualidade ambiental manifestada nos seus espaços livres. E uma cidade desprovida de espaços livres, em termos de quantidade e qualidade, pode tornar-se uma selva de pedra ou uma cidade vulnerável a poluição, calamidades e baixo índice de habitabilidade. Os autores ainda afirmam que a urbanização acelerada contribui para a fragmentação da paisagem e que nos países em desenvolvimento, o alto crescimento populacional e a migração campo-cidade, geram um quadro em que a intervenção municipal, geralmente, limita-se ao planejamento de ruas. E, neste cenário no qual o espaço livre recebe pouca atenção, Mendonça (2011) defende que é importante que haja um planejamento prévio para estabelecer a relação entre os espaços livres e conformar um sistema articulado na malha.

Em se tratando de espaços livres, vale ressaltar que a conexão física não é a única forma de relação entre eles. Os vários fragmentos de espaços livres permeáveis e vegetados constituem um importante serviço ambiental para a cidade. E, para Scalise (2001, p.27), “O urbano se constrói não só da massa edificada, mas da relação entre áreas edificadas e áreas livres (de comunicação e de encontro, nas mais variadas concepções, funções, formas e escalas) e da relação de contiguidade dos espaços livres entre si”. Contudo esse pensamento não exclui a responsabilidade do Poder Público de criar diretrizes para que a legislação privilegie o planejamento e não tanto o projeto. Os instrumentos de controle urbano, definidos pelo Plano Diretor Municipal, limitam-se a restringir o desenho das edificações e não garantem a qualidade espacial da cidade. Dessa maneira, os espaços livres, segundo Tardin (2008, p. 53), “são frequentemente o que ‘sobra’, seja como restos da construção de vias, como reservas de mercado de espaços urbanizáveis, como restos ‘sem valor’ dos assentamentos, como campos agrícolas improdutivos, entre outros”. Podem ser acrescentados nesta lista os espaços privados intralotes resultantes dos afastamentos obrigatórios exigidos pela legislação urbanística.

Os espaços livres privados pertencem a áreas particulares, cujo acesso é restrito e condicionado à permissão dos proprietários. Tais espaços podem ser considerados um subsistema inserido no SEL (sistema de espaços livres) urbanos, e têm uma relação intrínseca com a massa edificada. Sua forma e dimensão variam conforme a adequação de necessidades e as transformações são constantes: diminuição do jardim frontal, transformação de quintais em áreas de convívio, pavimentação para garagens, construção de anexos às residências sobre os recuos frontais, laterais e de fundos do lote.

Os quintais, antes grandes e arborizados, com hortas ao fundo, reduzem-se a espaços menores, pavimentados e com pouco espaço para o plantio de árvores de porte ou criações, os ‘jardins’ frontais são pequenos e exercem funções antes destinadas às garagens e corredores laterais, e, quando existem, são, na maioria das vezes, espaços de simples circulação. Os espaços livres de edificação dentro do lote tendem a um mínimo e as diversas atividades possíveis se superpõem nestes espaços (CAMPOS, 2011, p. 36)

Decisões projetuais de arquitetos e ações individuais de proprietários formam e transformam o espaço não edificado, que pode potencializar questões referentes à sustentabilidade e ao conforto. E em áreas de expansão urbana, como as que estão surgindo na cidade de Colatina-ES, estas ações podem interferir na dinâmica urbana de toda a cidade, seja sobrecarregando uma infraestrutura pré-existente ou modificando a ambiência local. Sendo assim, considerando a trajetória de desenvolvimento urbano da cidade em questão, a hipótese desta pesquisa é de que os espaços livres decorrentes da implantação das edificações são resultado direto da

aplicação da legislação urbanística pertinente, especialmente no que concerne aos recuos frontais, laterais e de fundos, sendo pouco explorados enquanto potencial instrumento de melhoria da qualidade ambiental urbana e da edificação.

Diante do exposto, o principal objetivo da pesquisa foi identificar como os espaços livres privados intralotes são tratados pelos arquitetos na etapa de projeto – se como espaço residual ou como elemento de projeto – e qual a influência dessa forma de tratamento no contexto da cidade.

2 MÉTODO

Para o estudo e compreensão de como os espaços livres privados são tratados, os procedimentos metodológicos envolveram três etapas fundamentais: a primeira, referente à revisão bibliográfica, quando foram pesquisados artigos, teses e dissertações com temas correlatos ao objeto da pesquisa, bem como levantados os documentos, mapas e legislação pertinente; a segunda, quando foi elaborado e aplicado um questionário dirigido aos arquitetos da cidade de Colatina visando coletar informações para que fosse possível compreender como os espaços livres influenciam no momento de projetar; e a terceira, de sistematização das informações coletadas e análise em relação ao referencial teórico e à legislação vigente.

Os questionários foram elaborados considerando questões de livre resposta e questões objetivas, de múltipla escolha conforme a seguir exemplificado. Destaca-se que algumas questões de múltipla escolha admitiam mais do que uma resposta.

Exemplo de questão livre:

- Com relação ao espaço livre obrigatório (afastamentos exigidos pela legislação), você mudaria alguma coisa no PDM? O que?

Exemplo de questão de múltipla escolha:

- Você costuma usar mais do que 10% de área permeável?

() Sim () Não

Os objetivos deste questionário foram identificar:

- o tipo de tratamento dado à área, como forma de reconhecer pontualmente a postura do arquiteto com relação aos afastamentos obrigatórios (perguntas 1, 2 e 3);
- a qualidade dos afastamentos e compreender se, mesmo com a obrigatoriedade da geração desses espaços livres, o profissional agregava algum elemento ou conceito de sustentabilidade (pergunta 4);
- se há relação entre o processo projetual e os afastamentos (pergunta 5);
- se o espaço livre privado é residual ou parte condicionante do projeto (pergunta 6);
- se o arquiteto segue a legislação (referente ao espaço livre) e se a mesma atende ao que o profissional entende como ideal para o projeto (perguntas 7 e 8);
- a postura do cliente que contrata um arquiteto e saber se o mesmo contribui com soluções sustentáveis (perguntas 9, 10 e 11).

O questionário foi gerado através do Google Drive e o link enviado por e-mail para 20 arquitetos. De acordo com o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Espírito Santo, na cidade de Colatina existem 38 profissionais registrados, sendo então este questionário enviado para 52,6% dos arquitetos do município. O critério de envio para os arquitetos foi de efetiva atuação no mercado de Colatina, considerando que a pesquisa deveria estar relacionada, preferencialmente, a uma obra construída. Assim, foi solicitado aos respondentes que no momento das respostas utilizassem como referência uma obra construída, para que as mesmas pudessem ser baseadas em decisões reais, e não ideológicas, proporcionando ainda a possibilidade de estes referenciar mais de uma obra.

Ao final do prazo foram obtidos 11 arquitetos respondentes, sendo obtidos 15 estudos de casos. A identificação do profissional era opcional e o tempo dado para o envio das respostas foi de 15 (quinze) dias.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com o Plano Diretor Municipal de Colatina, os afastamentos obrigatórios (frontais, laterais e de fundos) têm o objetivo de garantir iluminação e ventilação naturais para a edificação. Por norma, o afastamento frontal deve ser de no mínimo 3m, enquanto os afastamentos laterais e de fundos devem ser de 1,50m, quando houver aberturas. Contudo, a legislação permite que elementos que poderiam contribuir para captar (ou potencializar) luz e ventilação naturais, como beirais, platibandas, brises, jardineiras e marquises, avancem no espaço destinado aos afastamentos.

As interferências da legislação aliadas à postura do arquiteto foram a base para a geração do questionário e, para efeito de análise, seguem explicitados os resultados obtidos em cada pergunta com a respectiva representação gráfica de uma análise estatística simples.

O gráfico da Figura 4 representa as respostas à Pergunta 01, que trata do afastamento frontal, onde se percebe que 60% das respostas indicaram a opção por tratamento do espaço com cobertura vegetal; 40% com cobertura semi-permeável; e 24% por tratamento impermeável, mostrando a preocupação dos profissionais com a permeabilidade do terreno.

1. Com relação ao afastamento frontal, o tratamento dado à área livre é:

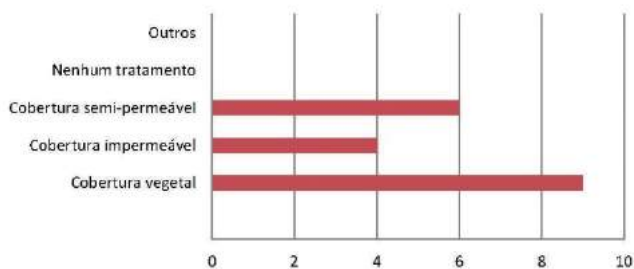


Figura 4. Tratamento dado ao afastamento frontal

No gráfico da Figura 5 seguem representadas as respostas relativas à Pergunta 02, que aborda o tratamento dado aos afastamentos laterais, onde se percebe que em 53% das obras citadas os arquitetos optam pelo uso da cobertura vegetal para esses espaços; 27% optam por cobertura impermeável e outros 27% por cobertura semi-permeável. Somente um caso foi descrito como nenhum tratamento, ou seja, 7% das respostas e 20% não aplicam tratamento à área, o que demonstra a visão diversificada dos arquitetos para o tratamento desse espaço.

2. Com relação aos afastamentos laterais, o tratamento dado à área livre é:

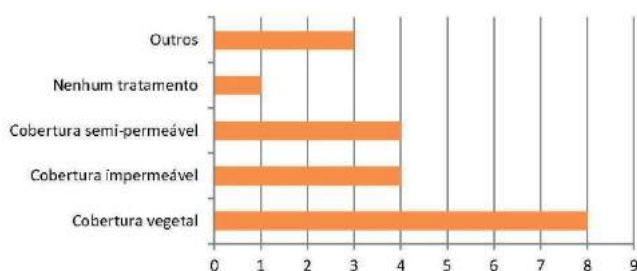


Figura 5. Tratamento dado aos afastamentos laterais

O gráfico da Figura 6 apresenta as respostas da Pergunta 03, que trata do afastamento de fundos e o resultado obtido mostra que 67% dos casos foram tratados com cobertura vegetal e outros

27% com cobertura impermeável. Já em 20% das obras citadas, os arquitetos afirmaram a opção por cobertura semi-permeável e 1% das obras não obtiveram tratamento na área, mostrando, novamente, que os arquitetos possuem diferentes visões com relação ao que deve ser aplicado nesse afastamento.

3. Com relação ao afastamento de fundos, o tratamento dado à área livre é:

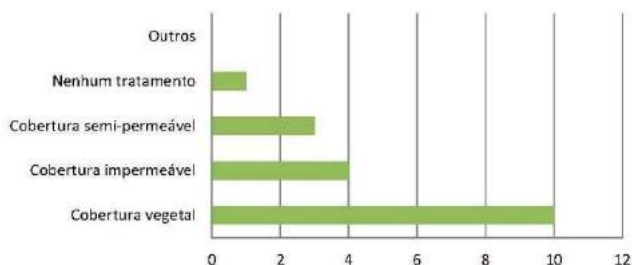


Figura 6. Tratamento dado ao afastamento de fundos

O gráfico da Figura 7 representa o resultado da Pergunta 04 que trata da qualidade dos afastamentos. Os resultados mostram que a função principal desses espaços nas obras citadas serve à Permeabilidade do Solo, com 93% das respostas. Já a ventilação e a iluminação naturais foram utilizados em 80% e 73% dos casos, respectivamente. 47% das respostas indicaram que as áreas livres nas edificações citadas também são utilizadas como redutor de temperatura ambiente e 33% indicaram a captação pluvial como uma das aplicações a esses espaços.

4. As áreas livres tem alguma dessas funções?

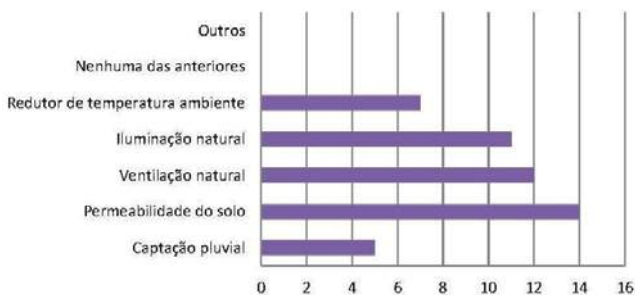


Figura 7. Função das áreas livres

A Pergunta 5 é uma questão de livre resposta e abordou o processo projetual, ou seja, indaga se na concepção do projeto existe algum elemento que privilegie a captação de ventilação. Adotando palavras chave como respostas, os termos mais frequentes foram:

- Utilização de grandes aberturas;
- Ventilação cruzada;
- Posição das aberturas;
- Correta implantação da edificação com relação ao terreno
- Correta implantação da edificação com relação ao terreno;
- Grandes aberturas e maiores afastamentos nas laterais;
- Espaços internos interligados, permitindo a ventilação cruzada.

A Figura 8 demonstra as respostas obtidas em relação à Pergunta 6, que trata do surgimento dos afastamentos, onde 67% dos arquitetos expressaram que os espaços livres surgiram pela obrigatoriedade da legislação e 33%, que esses espaços fizeram parte da decisão projetual.

Em relação à Pergunta 7, que indaga se a legislação atende às necessidades do profissional e se o mesmo a segue, todos os respondentes alegaram que sim, que deixariam os recuos, independente da legislação.

O questionamento da Pergunta 08 sobre se o arquiteto adota mais do que o exigido na legislação também teve unanimidade na resposta, na qual 100% dos profissionais afirmaram que deixaram mais do que 10% de área permeável nos projetos citados.

6. Na concepção do projeto, as áreas livres do terreno surgem:

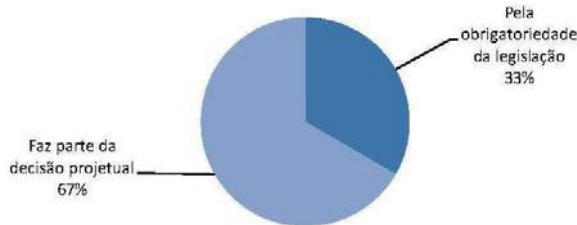


Figura 8. Como surgem as áreas livres na concepção projetual.

Objetivando identificar o entendimento do arquiteto em relação aos aspectos inerentes à sustentabilidade, observa-se que as respostas à Pergunta 09 mostram que 67% dos profissionais responderam afirmativamente que as soluções de projeto adotadas contribuíram para a sustentabilidade da edificação; já 20% alegaram que não e outros 13% afirmaram não saber (Fig. 9).

9. Você acredita que as soluções adotadas no seu projeto contribuem para a sustentabilidade da edificação?

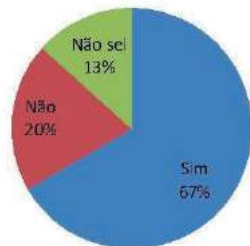


Figura 9. Relação das soluções de projeto com a sustentabilidade

A Pergunta 10 (Fig. 10) procurou identificar o perfil do cliente que contrata o arquiteto e as respostas apontam que 73% dos profissionais alegaram que a postura do contratante aos argumentos de soluções sustentáveis para os projetos referenciados foi parcialmente aceita, dependendo do custo das mesmas, 20% responderam que essas soluções foram bem aceitas pelas pelo cliente e 7% das obras o cliente não aceitou as propostas.

10. Qual a postura do cliente, na maioria das vezes, aos argumentos de soluções sustentáveis para as áreas livres?

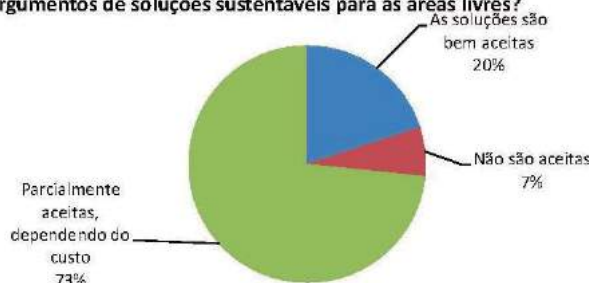


Figura 10. Postura do cliente em relação às soluções propostas para as áreas livres

Objetivando instigar a reflexão do profissional em relação à legislação vigente, a Pergunta 11 abordou a necessidade, pelo ponto de vista do profissional, de se realizar alterações no PDM de Colatina com relação aos afastamentos hoje exigidos, e as respostas obtidas foram:

- Não faria nenhuma alteração no momento, só deveria haver mais fiscalização;
- Para o cliente, afastamento é visto como “perda de terreno”;

- O Plano Diretor permite terrenos com tamanhos mínimos, não sendo possível aplicar todos os afastamentos necessários;
- Os afastamentos não estão diretamente ligados à boa qualidade do projeto, pois estes dependem mais do trabalho do profissional e da visão de seu cliente;
- A questão de afastamentos não implica diretamente na boa qualidade dos espaços livres. Isto está muito mais ligado ao trabalho do profissional e da visão de seu cliente.
- O tamanho do lote permitido para o parcelamento complica o processo de projeto;
- Relação entre os recuos e o tamanho do terreno;
- Maior fiscalização quanto aos recuos e taxas de ocupação após a liberação da obra, visto que na maioria das vezes essas áreas acabam sendo encobertas, tornando o ambiente totalmente insalubre.

4 CONCLUSÃO

O conjunto de respostas obtido com o questionário confirmou a hipótese inicial da pesquisa de que os afastamentos existem pela obrigatoriedade da legislação, mostrando que as áreas livres privadas são residuais e não fazem parte da concepção do projeto. A relação entre os vazios e a massa edificada acontece por uma imposição legal e não por uma questão de partido arquitetônico e paisagístico. Porém, percebe-se uma preocupação, voltada para a sustentabilidade – ou, minimamente, à preocupação econômica em relação ao consumo de energia –, quando os profissionais relacionam os recuos aos ganhos de insolação, ventilação natural, controle de temperatura ambiente e, também permeabilidade do solo.

As ações implementadas no lote urbano não definem por si só o desenho da cidade e não alteram de maneira significativa as variáveis de conforto ambiental do seu entorno não imediato. Mas o sistema formado pela articulação entre os espaços edificados e vazios, vegetados e impermeáveis, pelo conjunto de lotes urbanos e vias entre si, e demais espaços livres, sejam praças, ruas ou quintais, é relevante para qualificar o conjunto urbano.

REFERÊNCIAS

Campos, Ana Cecilia Arruda (Org.). *Sistemas de espaços livres: conceitos, conflitos e paisagens*. São Paulo: FAUUSP, 2011.

Campos Junior, Carlos Teixeira de. *A formação da centralidade de Colatina*. Vitória: IHGES, 2004.

Colatina (Município). *Lei nº 5.273, de 12 de março de 2007*. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano do município de Colatina - estado do Espírito Santo e dá outras providências.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades, Espírito Santo, Colatina*. Disponível em <http://cod.ibge.gov.br/2330K>. Acesso em 24 de set. 2014.

Maricato, E. *O impasse da política urbana no Brasil*. 2.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

Mendonça, E. M. S.; Coelho, M. B. ; Macedo, S. C. K. ; Tostes, T. R. S. ; Rossi, W. . Espaços livres privados na região de Vitória - uma abordagem geral. In: *VI Colóquio QUAPÁ SEL, 2011, São Paulo. Anais do VI Colóquio QUAPÁ SEL. São Paulo: FAUUSP, 2011. p. 1-14.*

Tardin, Raquel. *Espaços livres: sistema e projeto territorial*. Rio de Janeiro: 7 Letras, 2008.

Scalise, W. *O espaço livre público como instrumento de construção e qualificação da paisagem urbana. Assentamentos Humanos* (Marília), v. 3, p. 25-32, 2001.

M'ikiugu, Martin Mwirigi; Kinoshita, Isami; Tashiro, Yoritaka. / *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 35 (2012) 449 – 458

CHAPTER 18 | CAPÍTULO 18 | CAPÍTULO 18

Sustainable construction sites

Locais de construção sustentáveis

Las obras de construcción sostenibles



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Análise do conforto dos usuários em canteiros de obras

Ludimilla de Oliveira Zeule

Departamento de Engenharia Civil (DECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil
zeule.eu@gmail.com

Sheyla Mara Baptista Serra

Departamento de Engenharia Civil (DECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil
sheylabs@ufscar.br

ABSTRACT: The civil construction sector requires the adoption of actions linked to the insertion of sustainability practices in their production system, especially during the execution phase of the works. As the construction site is a heavy manual job site, it is important to understand the context in which services are developed and which practices can improve the comfort local work. This paper presents a reflection on the types of comfort possible at the construction site and proposes a classification of the level found sustainability. As a research strategy, we used the case study, being visited four construction sites, whose leaders were willing to collaborate with the research. The results demonstrate that even the workplace is a temporary place of reside for workers; this should receive more attention in their planning, especially when it targets the three key aspects of sustainability: environmental, economic and social.

Keywords: Sustainability, Civil construction, Construction site, Comfort to users.

RESUMO: O setor da construção civil necessita da adoção de ações ligadas à inserção das boas práticas de sustentabilidade em seu sistema de produção, principalmente durante a fase de execução das obras. Como o canteiro de obras é um local de trabalho manual intenso, torna-se importante entender o contexto em que os serviços são desenvolvidos e quais as práticas que podem melhorar o conforto do ambiente de trabalho. Este trabalho apresenta uma reflexão sobre os tipos de conforto possíveis no canteiro de obras e propõe uma classificação do nível da sustentabilidade encontrada. Como estratégia de pesquisa, utilizou-se do estudo de caso, sendo visitados quatro canteiros de obras, cujos responsáveis se mostraram dispostos a colaborar com a pesquisa. Os resultados demonstram que mesmo o ambiente de trabalho sendo um local provisório de permanência dos trabalhadores, este deve receber especialmente atenção em seu planejamento, principalmente quando se visam os três aspectos fundamentais da sustentabilidade: ambiental, economia e social.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Construção civil, Canteiro de obras, Conforto aos usuários.

1 INTRODUÇÃO

O processo de produção de edificações demanda grande esforço gerencial, procurando integrar diferentes escopos de gestão: operários, materiais, recursos envolvidos, sistemas de certificação, bem como o atendimento das considerações técnicas para o correto desenvolvimento da obra tal como planejado, orçado ou projetado. Além disso, Araújo (2009) destaca que a etapa de construção de um edifício responde por uma parcela significativa dos impactos negativos causados ao meio ambiente, principalmente os relacionados às perdas de materiais e à geração de resíduos e os referentes às interferências na vizinhança da obra e nos meios físico, biótico e antrópico do local no qual a construção é edificada.

Para Kowaltowski *et al.* (1998), é importante que se compreenda a relação da produtividade e da qualidade de vida com o conforto no ambiente de trabalho. Por isso, o ambiente deve ser projetado no sentido de harmonizar os diferentes critérios e indicadores do conforto na busca

da melhor solução de conjunto, segundo as exigências específicas de cada caso. Para que o projeto seja bem concebido é fundamental entender também os fenômenos físicos atuantes durante a construção.

Os canteiros de obra normalmente estão sujeitos a diferentes situações e condições de trabalho. Segundo Lopes, Baptista, Diogo (2008), o ambiente da construção civil possui diferenças significativas nas condições de trabalho em relação ao nível do ambiente térmico, tanto no longo do dia como nas diferentes fases de execução da obra. O ambiente da obra foi classificado pelos autores como “ambiente não controlado” com alta interferência na qualidade de vida e no rendimento direto do trabalho. Por isso, torna-se importante buscar mais informações sobre este assunto.

Neste contexto, este artigo é voltado diretamente ao entendimento das necessidades e diretrizes para o conforto dos trabalhadores e usuários do canteiro de obras. Foram consideradas nas análises as diretrizes das principais certificações de sustentabilidade na construção civil em relação aos tipos de confortos olfativo, térmico, acústico e visual presentes nos canteiros de obras. Este artigo está baseado na pesquisa Zeule (2014).

2 A DINÂMICA DO CANTEIRO DE OBRAS

O canteiro de obras é um ambiente de trabalho que conta com vários operários e com características de elevado grau de risco de acidentes e doenças do trabalho. Assim entende-se que o ambiente deva ser antecipadamente estudado, seguindo as normas técnicas, as prescrições legais e as diretrizes projetuais de logística e de uso e ocupação do mesmo (SERRA, OLIVEIRA, 2003). Com isso, o ambiente de trabalho se tornará mais seguro e adequado ao uso humano.

A Norma Regulamentadora NR-24 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho (Brasil, 1993) apresenta uma série de requisitos para vários ambientes que possuem permanência dos trabalhadores. A NR-18 apresenta as condições mínimas de segurança e saúde do trabalho para canteiros de obras (Brasil, 2014), inclusive das áreas de vivência, local em que há um tempo permanência maior dos operários.

Existem diferentes locais no canteiro que são denominados como “instalações provisórias” destinadas à realização de serviços administrativos, operacionais e áreas de vivência (DIAS, SERRA, 2013). Observa-se que essas instalações provisórias em canteiros de obras abrigam atividades que podem exigir a permanência prolongada de pessoas, tais como escritórios, salas de reunião e almoxarifados. Para isso, os ambientes devem estar em boas condições de habitabilidade respondendo a determinados requisitos de desempenho e salubridade.

Rodrigo; Soares; Cardoso (2012) propõem a avaliação simplificada dessas instalações por meio da adaptação da regulamentação da NBR 15.575 (ABNT, 2013) para este tipo de edifício temporário. A NBR 15.775 apresenta os critérios mínimos e as diretrizes necessárias para o desempenho das edificações habitacionais, tais como: Desempenho estrutural; Segurança contra incêndio; Segurança no uso e na operação; Estanqueidade; Desempenho térmico; Desempenho acústico; Desempenho luminoso; Durabilidade e manutenibilidade; Saúde, Higiene e Qualidade do Ar; Funcionalidade e acessibilidade; Conforto tátil, visual e antropodinâmico; Adequação ambiental: Gestão de resíduos, Gestão da energia, Gestão da água e Escolha de materiais.

Outra análise diz respeito às recomendações dos selos de certificações de sustentabilidade que apresentam diversas abordagens de requisitos para serem atendidos nos canteiros de obras, inclusive em relação ao conforto ambiental. A certificação do selo britânico *Building Research Establishment Assessment Method* (BREEAM, 2009), por exemplo, avalia se existe acesso seguro e adequado no entorno e no canteiro; se existem estratégias para melhorar a consciência ambiental e tornar o ambiente de trabalho seguro e saudável; como ocorre a interação com a

vizinhança e se existem práticas visando à atenuação de poluição sonora advinda das atividades de produção e a poluição visual e de iluminação.

Existem também os outros selos. O LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) – Liderança em Projeto de Energia e Ambiental é um sistema de classificação criado pelo conselho norte americano *United States Green Building Council* (USGBC) e conta com diversas avaliações relacionadas ao canteiro de obras e sua relação com o conforto, tal como: “Energia e atmosfera” e “Qualidade ambiental interna” (Zeule, 2014)

O selo de certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental) foi desenvolvido baseado no selo francês HQE (*Haute Qualité Environnementale*) e adaptado às necessidades brasileiras (Cardoso, 2007). Possui um item específico para avaliação do conforto no canteiro de obras relacionado aos seguintes aspectos: higrotérmico, acústico, visual e olfativo.

O Selo Casa Azul é um instrumento de classificação socioambiental de projetos de empreendimentos habitacionais, que busca reconhecer os que adotam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, objetivando incentivar o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação e de seu entorno (John e Prado, 2010). Os critérios de avaliação são divididos em seis categorias principais, sendo um deles referente ao “Projeto e Conforto” do ambiente.

A partir desses aspectos, pode-se mencionar a complexidade de gestão deste ambiente de trabalho e a quantidade de itens que precisam ser observados durante a concepção e operação do canteiro de obras.

3 CONFORTO NO AMBIENTE DE TRABALHO

Segundo Rheingantz (2001), o ambiente humano é determinado pela fisiologia dos sentidos – ambiente térmico, ambiente visual, ambiente auditivo, ambiente olfativo, ambiente tátil, ambiente higiênico e ambiente psíquico.

Para Santander (2011), como *“conforto ambiental no edifício entende-se o desempenho térmico, luminoso e acústico da construção, que interfere diretamente no usuário. Um ótimo desempenho ambiental é alcançado quando esses três componentes (térmico, luminoso e acústico) são desenvolvidos de forma integrada”*.

Além destes, pode-se incluir o conforto olfativo que está relacionado com os odores do local, com o bem estar ou não mal estar das pessoas, que pode afetar a saúde do ser humano, de acordo com a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA, 2012).

Para Cardoso (2007), para melhorar o conforto olfativo torna-se importante considerar: a) as fontes de odores desagradáveis que provêm do exterior devem ser identificadas a partir da análise do local do empreendimento realizada pelo empreendedor; b) os locais de armazenamento dos resíduos devem ser arejados e ventilados; c) o sistema predial de esgoto sanitário deve ser projetado de modo a impedir que os gases provenientes do interior do sistema atinjam áreas de utilização por pessoas.

De acordo com Construção Sustentável (2014), o conforto térmico das casas é uma condição importante para as pessoas alcançarem o bem-estar, a saúde, a longevidade, e também apresentar produtividade. John e Prado (2010) apresentam diretrizes de dimensionamento das aberturas, uso de proteções solares, uso de cores e eleição dos materiais a serem usados para proporcionar maior conforto térmico aos usuários com menor consumo de energia.

Construção Sustentável (2014) afirma que o conforto acústico significa o atendimento a níveis adequados de ruído, que não comprometam a audição. A ausência de conforto acústico interfere fortemente na saúde e na produtividade dos trabalhadores no ambiente de trabalho.

O conforto visual, por sua vez, é entendido como sendo visto de dentro da edificação, para promover o bem-estar, a saúde e, também, para aumentar a produtividade das pessoas (Construção Sustentável, 2014). AsBEA (2012) relata a importância da iluminação para o conforto visual nas edificações, destacando que a iluminação inadequada pode levar a alterações de comportamento e desempenho das pessoas.

Segundo Cardoso (2007), a Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) é a capacidade do conjunto de apresentar características intrínsecas (as do edifício, de seus equipamentos e de seu terreno) de satisfazer as exigências relacionadas ao controle dos impactos sobre o ambiente externo e a criação de um ambiente interno confortável e saudável. O selo LEED (2009) apresenta um item que visa saber a Qualidade do Ar Interior (QAI) nos edifícios buscando um índice de desempenho mínimo para promover o conforto e bem-estar dos ocupantes.

Sumarizando, estes fatores citados estão relacionados com o conforto do trabalhador, visitante e vizinhança de determinada construção, e precisam ser considerados a fim de proporcionar qualidade ao ambiente de trabalho e inserção de práticas de sustentabilidade.

4 MÉTODO E INSTRUMENTOS DE PESQUISA

A lista de verificação foi elaborada a partir de um quadro baseado nas quatro certificações ambientais citadas anteriormente - LEED, AQUA, BREEAM e SELO CASA AZUL - e dois autores que identificaram práticas sustentáveis no canteiro de obras - Cardoso e Araújo (2007), Brandão (2011), conforme extrato da lista apresentado na Tabela 1.

As grandes áreas de avaliação da sustentabilidade do canteiro de obras consideradas na lista proposta foram: Canteiro Sustentável; Uso Racional da Água; Uso Racional de Energia; Materiais e Recursos; Qualidade do Ambiente; Inovações e Processos. Neste artigo, são analisados os aspectos relacionados com o subitem “conforto aos usuários do canteiro de obras e entorno” que provém do item macro “Qualidade do Ambiente” conforme Tabela 1. Em outro artigo Zeule, Serra (2014) apresentam a análise do item “Uso Racional da Água” focada também no uso racional no canteiro de obras.

O método de pesquisa propõe que a cada parâmetro listado seja observada a real situação no canteiro e assinalada a melhor opção de acordo com as alternativas elencadas na lista. O sistema de pontuações foi determinado seguindo a proposta da Escala de *Likert*, que faz uma escala de pontos variando em número ímpar de opções (Bertram, 2009). Também foi adotada a possibilidade de se assinalar a opção “Não se aplica” (NA) para casos que não apresentam determinada condição, excluindo este item da quantificação da pontuação.

A Tabela 2 exibe um extrato de uma das perguntas da lista de verificação para o subitem “Conforto aos usuários do canteiro de obras e entorno” com as opções de respostas que podem ser assinaladas. Procurou-se elencar as várias possibilidades existentes identificadas na prática e na literatura, estabelecendo que a ponderação seja de acordo com a não realização da prática (nota 0) melhorando as características até a melhor pontuação (nota 4).

Tabela 1. Apresentação dos critérios de conforto ambiental para análise das situações de sustentabilidade em canteiro de obras

LEED	AQUA	BREEAM	Selo Casa Azul (2007)	Cardoso e Araújo (2007)	Brandão (2011)	Pergunta da lista de verificação voltada ao canteiro de obra
	ABORDAGEM: Conforto Olfativo					
	Conforto Olfativo					
Qualidade interna do ar;	Qualidade Sanitária do ar e ambiente	Qualidade interna do ar			Prevenção da poluição do ar como poeira ou qualquer outro tipo de partícula, no perímetro do empreendimento e em sua vizinhança	<p>1- O canteiro de obras oferece conforto olfativo aos trabalhadores?(assinalar)</p> <p>Não exalação de odores pelo terreno; ausência de odores em fontes de água; ausência de odores no ar; presença de vegetação; não uso de produtos exalantes; ventilação adequada em ambientes; ventilação adequada no sistema de esgoto.</p> <p>2- O ambiente tem boa qualidade do ar? (assinalar)</p> <p>Controle das fontes de poluição; produtos não exalantes de odores; realização de limpeza em ambientes do canteiro e seu entorno.</p> <p>3- É permitido o uso do tabaco dentro do canteiro?</p>
Controle interior do fumo do tabaco						
	ABORDAGEM: Conforto Visual					
Conforto Visual: oportunidades e restrições do terreno;	Conforto Visual	Qualidade do entorno	Estabelecer limpeza de calçadas e áreas públicas, sobretudo durante a obra bruta			<p>4- O canteiro de obras oferece conforto visual aos usuários? (assinalar)</p> <p>O canteiro é organizado; tem boa iluminação; sinalização por placas.</p> <p>5- O entorno da construção (calçadas e ruas) permanecem limpas?</p>
Manutenção da limpeza do entorno do canteiro de obras						

Tabela 2. Apresentação dos critérios de conforto ambiental para análise das situações de sustentabilidade em canteiro de obras (continuação)

LEED	AQUA	BREEAM	Selo Casa Azul	CARDOSO e ARAÚJO (2007)	BRANDÃO (2011)	Pergunta da lista de verificação voltada ao canteiro de obra
Vistas	Vistas: oportunidades e restrições do terreno	Visão adequada para fora	Disponibilidade de vistas externas	Dar atenção ao acesso à obra (posição, tamanho, acesso, etc.); verificar questão de segurança		6- As vistas do empreendimento são agradáveis? 7- Os portões de acesso à entrada da obra são monitorados? (assinalar) Porteiro; câmara de segurança; fichas cadastrais.
ABORDAGEM: Conforto Térmico, Conforto Acústico, Olfativo e Visual						
Conforto térmico	Conforto higratérmico: trocas por condução entre a construção e o entorno	Conforto térmico	Desempenho térmico das vedações		Conforto térmico nas áreas de vivência e técnicas	8- O canteiro de obras oferece conforto térmico aos trabalhadores? (assinalar) Sombreamento ou espelhos d' água; aberturas bem dimensionadas; materiais eficientes ao conforto ou com baixo consumo de energia; uso de cores claras.
Conforto acústico	Conforto acústico	Conforto acústico				9- O canteiro de obras oferece conforto acústico aos trabalhadores? (assinalar) Emprego de EPI; localização adequada da betoneira; uso de equipamentos que produzam menos ruídos; uso de equipamentos que produzam menores vibrações.
				Manter limpas e em bom estado de conservação as construções provisórias e os fechamentos		10- As construções/instalações provisórias e fechamentos estão em bom estado? 11- Os locais destinados às necessidades dos trabalhadores estão em boas condições de uso e limpeza?

Tabela 2. Opção das respostas do subitem “Conforto aos usuários do canteiro de obras e entorno”

Pergunta	Opções de resposta
O entorno da construção (calçadas e ruas) permanecem limpas?	0= Não
	1= Regular - calçada não pavimentada, rua com resíduos de obra
	2= Bom - calçada pavimentada provisoriamente, rua com resíduos de obra
	3= Ótima - calçada pavimentada, rua sem resíduos de obra
	4= Excelente - calçada pavimentada definitivamente, rua sem resíduos de obra
	NA= Não há ruas pavimentadas no entorno da obra

Com isso, espera-se também obter uma faixa de classificação do canteiro segundo os aspectos da sustentabilidade, proposta na Tabela 3.

Tabela 3. Classificação dos canteiros de obras

Níveis	Classificação
0	canteiro não sustentável = 0% a 20%
1	canteiro com poucas práticas sustentáveis = 21% a 50%
2	canteiro com bom nível de práticas sustentáveis = 51% a 70%
3	canteiro com ótimo nível de práticas sustentáveis = 71% a 80%
4	canteiro com excelente nível de práticas sustentáveis = 81% a 100%

Ressalta-se que o presente artigo se atenta somente a um dos parâmetros de análise, que se relaciona ao “conforto dos usuários do canteiro e entorno”, como mencionado.

5 APLICAÇÃO EM CANTEIROS E RESULTADOS

Nesta pesquisa foram visitados quatro canteiros de obras localizados em diferentes cidades no Brasil. Procurou-se escolher canteiros que estivessem em fases semelhantes de execução durante a aplicação da lista, em fase de estrutura e/ou vedação. A Tabela 4 apresenta as principais características de cada obra visitada.

Tabela 4. Características das obras visitadas

Obras	Cidade/Estado	Sistema Construtivo	HIS	Selo de Certificação
Obra A	Fortaleza/CE	Alvenaria Estrutural	Sim	Não
Obra B	Pindamonhangaba/SP	Alvenaria Estrutural	Não	AQUA
Obra C	Fortaleza/CE	Pré-moldado em concreto	Sim	Não
Obra D	Limeira/SP	Concreto Armado	Não	AQUA

Os relatos apresentados a seguir estão separados pelas obras visitadas. A Figura 1 ilustra algumas práticas adotadas na Obra A. Os locais para trabalho dos operários, tais como carpintaria (Fig.1a), armação e dobragem de aço, central de argamassa e concreto, são cobertos protegendo os operários dos raios solares e chuva, possuem ventilação e iluminação natural.



Figura 1. Ambiente de produção, sinalização de segurança e refeitório na Obra A

Na Fig.1b é mostrado um exemplo de conforto visual proporcionado pelas placas de sinalização, que incentivam o uso de Equipamentos de Proteção Individual para melhor conforto e segurança dos trabalhadores. O refeitório (Fig.1c) apresentou iluminação e ventilação natural, porém, não apresentou vedação do ambiente, ficando exposto às impurezas como poeira e insetos.

Na Figura 2 pode ser visto parte da instalação provisória do canteiro da Obra B (Fig.2a) que está em bom estado de conservação, porém observou-se que internamente o ambiente é muito quente, as aberturas permanecem fechadas, sem ventilação, não oferecendo adequado conforto térmico. A Fig.2b mostra a falta de organização e a falta de sinalização por placas, gerando falhas de conforto visual. A entrada do canteiro de obras (Fig.2c) possui portão seguro e guarita com vigia, protegendo o ambiente de trabalho da entrada de pessoas não autorizadas.



Figura 2. Instalações provisórias, falta de organização e portão de acesso na Obra B

A Figura 3 exibe a instalação provisória construída com revestimento de plástico reciclado (Fig.3a) no canteiro da Obra C; observa-se que a mesma está em perfeito estado. O interior da placa de plástico é preenchido com placas de isopor para melhorar o conforto térmico. A área de lazer dos trabalhadores (Fig. 3b), cercada por tela de proteção para prevenir a entrada de insetos e poeira. A vista do empreendimento em execução, entretanto, é direcionada para uma favela (Fig. 3c) que fica no entorno da obra.



Figura 3. Instalação Provisória, área de lazer e vista do entorno na Obra C

Por fim, a Obra D ilustrada na Figura 4, possui instalações provisórias em ótimo estado e o canteiro oferece um conforto visual com paisagismo interno (Fig. 4a); as instalações de áreas de vivência dos trabalhadores são bem organizadas, iluminadas e ventiladas naturalmente, como se pode observar no caso do vestiário (Fig.4 b). As calçadas externas (Fig.4c) estão pavimentadas definitivamente, e possuem faixa de vegetação em excelente estado de limpeza.



Figura 4. Instalação provisória, paisagismo interno, vestiário e calçada externa na Obra D

Ao final, a lista de verificação foi aplicada nestes canteiros para serem avaliadas as práticas sustentáveis ocorrentes em cada canteiro de acordo com a Tabela 3 exibido no Método de Pesquisa. Assim, a avaliação do nível de conforto adotado nos canteiros pode ser observado na Tabela 5 apresentado.

Tabela 5. Porcentagem do item conforto aos usuários do canteiro de obras e entorno

Obra	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D
Porcentagem de atendimento aos quesitos de conforto	64%	81%	73%	98%

Analisando-se a Tabela 5, pode-se verificar que a Obra A possui menor adoção de práticas de sustentabilidade relacionadas ao conforto dos usuários do canteiro e entorno, a Obra B e C obtiveram nível razoável de práticas sustentáveis, e a Obra D se destaca com 98% de atendimento às boas práticas identificadas na literatura. Fazendo comparação com a Tabela 4, verifica-se que as obras B e D, que apresentam certificação AQUA, alcançaram as maiores notas de acordo com o instrumento proposto e apresentam melhores práticas de sustentabilidade em relação a qualidade do ambiente.

Em relação aos principais parâmetros que foram bem atendidos nas quatro obras, pode-se mencionar: a) a qualidade do ar nos ambientes de trabalho; b) o controle de acesso aos canteiros de obras; c) a existência dos vestiários. Os aspectos mais negativos encontrados foram: a) o conforto olfativo; b) a permissão sobre o fumo dentro do canteiro de obras; c) problemas no entorno da obra.

6 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos pode-se avaliar que existem estratégias para viabilizar o conforto térmico, acústico, visual e olfativo tendo sido encontradas práticas de sustentabilidade nas quatro obras visitadas. Entretanto, as melhores pontuações foram obtidas pelas duas obras que possuem selo de certificação ambiental, que consideram de forma antecipada, durante a etapa de projeto, como inserir os requisitos necessários para a fase de uso e ocupação. Destacou-se que as Obras A e C, que são empreendimentos HIS, obtiveram notas menores. Para melhorar o desempenho destes tipos de obras, acredita-se que poderia haver iniciativas por parte do contratante, como agente financiador, no caso do governo brasileiro, para incentivar e solicitar melhores práticas voltadas ao conforto dos trabalhadores e usuários do entorno. Esta situação está sendo melhorada com a adoção do Selo Casa Azul por vários empreendimentos no Brasil.

Torna-se importante que o conhecimento gerado seja utilizado durante a fase de planejamento do canteiro de obras, por meio da realização de um projeto logístico que considere as especificidades dos ambientes internos e externos ao empreendimento. Sendo que a lista de verificação é proposta justamente para melhorar o cenário dos canteiros de obras implementando sustentabilidade.

AGRADECIMENTOS

Às agências brasileiras de fomento à pesquisa: CAPES, Rede Pró-engenharias, e à FINEP, Rede CANTECHIS – “Tecnologias para Canteiro de Obras Sustentável em Habitação de Interesse Social”, pelo apoio à pesquisa e divulgação dos resultados.

REFERÊNCIAS

Araújo, V. M. 2009. *Práticas recomendadas para gestão mais sustentável de canteiros de obras*. Dissertação. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009. 230p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2013. *NBR 15572: Edificações habitacionais: desempenho*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA) 2012. *Guia de Sustentabilidade na Arquitetura: diretrizes de escopo para projetistas e contratantes*. São Paulo: Prata Design.

Bertram, D. 2009. *Likert Scales. Topic Report, The Faculty of Mathematics – University of Belgrade – Serbia*.

Brandão, G. B. M. 2011. *Tecnologias e Certificações para Canteiros Sustentáveis*. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos.

Brasil. Ministério de Trabalho. 1993. *NR-24: Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho*. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF2D82F2347F3/nr_24.pdf>. Acesso em maio de 2015.

Brasil. Ministério do Trabalho. 2014. *NR 18: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção*. Brasília-DF. Disponível em:<<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-18-1.htm>>. Acesso em fev. de 2014.

BREEAM Europe Commercial 2009 Assessor. 2009. *Manual*. BRE Global Ltda., 346p.

Cardoso, F. F.; Araujo, V. M. 2007. *Levantamento do estado de arte:canteiro de obras*. Projeto Finep: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo, 38p.

Cardoso, F. F. (coord.). 2007. *Referencial técnico de certificação: edifícios do setor de serviços – processo AQUA*. São Paulo: Fundação Carlos Alberto Vanzolini (FCAV).

Construção Sustentável. Big cities big challenges. 2014. *Conforto Visual*. Disponível em: <<http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-%7C%7C-Construcao-Sustentavel/Conceitos/Valorizacao-Ambiental/Conforto-Visual>>. Acesso em: 4 de fev. 2014.

Dias, C. M.; Serra, S.M.B. *Overview of Industrialized Technological Solutions for Temporary Facilities in Construction Sites*. In: Sustainable Building Portugal (SB13), 2013, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. v. 1. p. 1-8.

John, V. M.; Prado, R. T. A. 2010. *Boas práticas para habitação mais sustentável*. São Paulo: Páginas & Letras -Editora e Gráfica.

Kowaltowski, D. C. C. K. et al. 1998. *A visualização do conforto ambiental no projeto arquitetônico*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído Qualidade no Processo Construtivo, anais... p.371-379. Disponível em: <<http://www.dkowaltowski.net/1090.pdf>>. Acesso em maio de 2015.

Leadership in Energy and Environmental Design - LEED for New Construction& Major Renovation (LEED NC). 2009. Version 2.2, *Reference Guide*. Second Edition, September 2009.

Lopes, R.; Baptista, J.S.; Diogo, M.T. 2008. *Condições de conforto térmico na construção*. In: Colóquio Internacional sobre Segurança e Higiene Ocupacionais (SHO 2008). Anais... p.175-178. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~cigar/html/documents/ricardo.pdf>>. Acesso em maio de 2015.

Rheingantz, P.A. 2001. Uma pequena digressão sobre conforto ambiental e qualidade de vida nos centros urbanos. *Cidade & Ambiente*. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Vol.1 n.22 (jan/jun 2001), p. 35-58.

Rodrigo, A. G.; Soares, P. V. P. T. S.; Cardoso, F. F. 2012. *Requisitos de desempenho para instalações provisórias em canteiros de obras*. In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (XIV ENTAC). Anais... Juiz de Fora, MG.

Santander. 2001. *Guia de Boas Práticas na Construção Civil*. Disponível em:<http://sustentabilidade.santander.com.br/pt/Espaco-de-Praticas/PDF/Guia_BoasPraticas_ConstrucaoCivil.pdf>. Acesso em maio de 2015.

Serra S.M.B., Oliveira O.J. 2003. Development of the logistics plan in building construction. *System-based Vision for Strategic and Creative Design*, Bontempi (ed.), Lisse, Swets&Zeitlinger, p.75-80.

Zeule, L.O. 2014. *Práticas e avaliação da sustentabilidade em canteiros de obras*. 263f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

Zeule, L.O.; Serra, S.M.B. 2014. Análise das práticas de sustentabilidade no uso racional da água em canteiros de obras. 10p. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (XV ENTAC). Anais... Maceió, AL.

Analysis of the evolution of research on construction and demolition waste using the SciMAT tool

María Martín-Morales

University of Granada, Department of Building Construction, Granada, Spain
mariam@ugr.es

María Dolores Martínez-Aires

University of Granada, Department of Building Construction, Granada, Spain
aires@ugr.es

Mónica López-Alonso

University of Granada, Department of Constructions Engineering and Projects, Granada, Spain
mlopeza@ugr.es

María Martínez-Rojas

University of Granada, Department of Building Construction, Granada, Spain
mmrojas@ugr.es

Eulalia Jadraque-Gago

University of Granada, Department of Construction Engineering and Projects, Granada, Spain
ejadraque@ugr.es

ABSTRACT: In XXI century the production of construction and demolition waste (CDW) is one of the most important problems for societies, due to the high environmental impacts. Therefore, the production and management of this waste is a priority policy for governments. CDW are mostly composed of concrete and ceramic material, both used in the manufacture of recycled construction material. This study presents an analysis of the evolution of CDW research over the last thirty years, using a software tool called SciMAT (Science Mapping Analysis software Tool). The results show that research has been on the rise, both in the number of publications and in the emergence of topics related to their management and use. It has been concluded that in the 90's the possibility of recycling of CDW was the most discussed theme. Nowadays, the most of investigations aims on the production of construction materials, like recycled aggregates and their use.

Keywords: Construction and Demolition Waste, CDW, evolution research, scientific maps, bibliometric.

1 INTRODUCTION

1.1 CDW management and applications

In recent years, the recyclable potential of CDW is a point of interest and the main focus of waste management policies, based on a hierarchy of options. First of all, waste should be reduced at its site of origin. Secondly, priority must be given to the reuse, recycling, and valorization of the waste as opposed to its final disposal in landfills (Esin and Cosgun, 2007; Solís-Guzmán *et al.*, 2009). These principles encourage sustainable recycling in the construction sector.

CDW appropriately treated in recycling plants can be used in construction as recycled aggregates (RA) instead of natural aggregates (NA) in different applications such as in mortar (Cuenca-Moyano *et al.*, 2014), concrete (Martín-Morales *et al.*, 2011), precast concrete (Mas *et al.*, 2012) or in road construction (Martín-Morales *et al.*, 2013).

However, RA often contains impurities, such as crushed clay brick, crushed ceramic materials, and gypsum and they may also be contaminated if the original concrete was previously subjected to chlorides, sulfates, siliceous gel, oil, or other harmful materials. Adhered mortar, impurities, and contaminants have a negative influence on the quality of the recycled product (de Juan and Gutiérrez, 2009).

1.2 Analyzing scientific maps

Analyzing scientific maps is a technique used in Library Sciences to graphically represent the relationships between documents published by the different disciplines or specific scientific fields. This highlights the specific subareas where research has placed its focus in order to identify, analyze and visualize the intellectual, social and conceptual structure of the field as well as its evolution over time (Cobo *et al.*, 2011a).

A large number of tools have been specifically designed to analyze scientific maps (Cobo, 2012). They include:

Bibexcel (Persson *et al.* 2009), CiteSpace II (Chen 2004), CoPalRed (Bailón-Moreno *et al.*, 2005; Bailón-Moreno *et al.*, 2006), INSPIRE (Wise, 1999), Loet Leydesdorff's Software, Net-work Workbench Tool (Börner *et al.*, 2010; Herr *et al.*, 2006), Science of Science (Sci²) Tool (Sci2 Team, 2009), VantagePoint (Porter & Cunningham, 2004) y VOSViewer (Cobo *et al.*, 2011b)

A comparative analysis of each tool reveals that each of them has a different set of basic characteristics. As with any tool, cognitive mapping has limitations (Village *et al.*, 2013). So, many of the packages include powerful processing tools (CoPalRed and VantagePoint), others can generate a large number of bibliometric networks, and others are only able to extract one type of network (CoPalRed). From this comparative analysis it thus follows that not all of the steps of the analysis can be performed by each tool (Cobo *et al.*, 2012).

Consequently, a detailed and comprehensive analysis of a scientific discipline based on bibliometric maps should be done using several different software tools to extract the greatest amount of information as possible and different perspectives on the same field of study (Cobo *et al.*, 2012).

SciMAT (developed by the Department of Computer Science and Artificial Intelligence, University of Granada) includes most of the advantages of previous applications, while at the same time limiting the reliance on external tools.

Specifically, SciMAT includes everything needed for a complete analysis of scientific maps in a longitudinal study based on bibliometric impact measures. It also facilitates analysis of the social, intellectual and conceptual evolution of a scientific field (Cobo *et al.*, 2012).

SciMAT has two key features that are either lacking or poorly implemented in other tools:

- A powerful pre-processing module of the data under study;
- The use of impact and quality as bibliometric indicators.

SciMAT builds a knowledge base from a set of scientific publications where it stores the relationships between each publication (document) and the different items (authors, keywords, journals, references, etc). This database helps editing and pre-processing the information, which improves data quality and the resulting analysis of the scientific maps (Cobo *et al.*, 2012).

The aim of this paper is to analyze the evolution of themes in the CDW over the last few decades. The authors use SciMAT tool to analyze this evolution.

2 METHODOLOGY

In this paper a bibliometric co-word analysis tool is used to identify the CDW topics published during the period 1991-2014.

The bibliometric application (reference) used, combines both performance analysis and scientific mapping tools to analyze a research field and to detect and visualize its conceptual subdomains (particular topics/themes or general thematic areas) and its thematic evolution. Additionally, three stages were defined to analyze the themes and thematic evolution of the research field.

2.1 Detection of research themes

The data sources used were the ISI Web of Science and Scopus. Database searches for “Construction and Demolition Waste” were performed. During the search process, constraints were established for periods (1991-2014), subject areas (construction, engineering, etc), or source title, in order to obtain the articles containing the keywords to be analyzed.

After the results were imported into SciMAT, a significant amount of effort was dedicated to cleaning up the data. First, duplicate documents and documents that did not belong to the study area, were eliminated. Second, the data was subject to preprocessing. This is perhaps one of the most crucial steps for improving the quality of the units of analysis (mainly words) and is key to obtaining better results from the scientific mapping analysis. In this process the data was normalized by combining singular and plural forms, as well as grouping together different terms relating to the same concept. Misspelled words were also detected and combined with their corresponding representative. Once pre-processing was completed, 2882 articles and 16756 keywords were available for analysis. 290 journals and proceedings, have been analyzed. A list with 25 of them, those with the largest number of documents related, appear in Appendix 1.

The period analyzed (1991-2014) was divided into six four-year periods. In Figure 1, the distribution of documents per period is shown. Figure 2 shows the overlapping-items graph across the two consecutive periods. The circles represent the periods and their number of associated items (unit of analysis). The horizontal arrow represents the number of items shared by both periods. The diagonal incoming arrow represents the number of new items in, for example, Period 2, and the diagonal outgoing arrow represents the items that are presented in Period 1, but not in Period 2 (Cobo *et al.*, 2012).

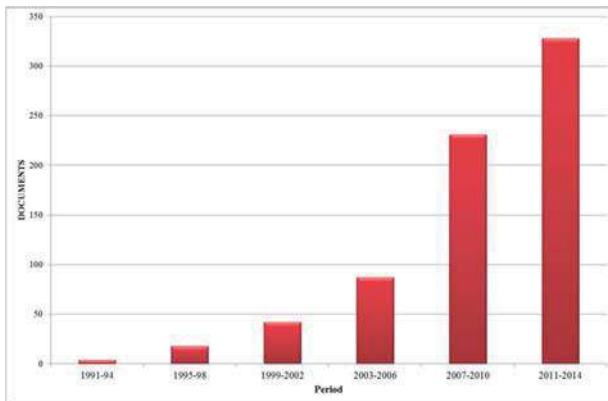


Figure 1. Distribution of documents per year.

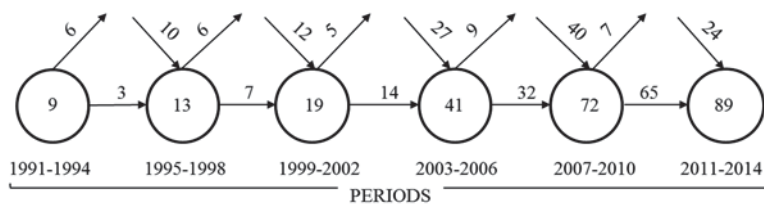


Figure 2. Overlapping-items graph.

SciMAT performs various processes to locate keyword networks that are strongly linked to each other and that correspond to centers of interest or to research problems that are the object of significant interest among researchers (Cobo *et al.*, 2012).

2.2 Building strategic diagrams

In which each keyword network or theme can be characterized by two parameters (Callon *et al.*, 1991):

- **Centrality:** Measures the strength of external ties to other themes. This value can be understood as a measure of the importance of a theme in the development of the entire research field analyzed;
- **Density:** Measures the strength of internal ties among all the keywords describing the research theme. This value can be understood as a measure of the theme's development.

Themes in the upper-right quadrant (I) (Fig. 3) are both well developed and important for the structuring of a research field. They are known as the drivers or principal themes of the specialty given that they exhibit strong centrality and high density.

Themes in the upper-left quadrant (II) have well-developed internal ties but unimportant external ties and so are of only marginal importance for the field. These themes are very specialized and peripheral in character. Those in the lower-left quadrant (III) are both weakly developed and marginal. They have low density and low centrality and mainly represent either emerging or declining themes. The themes in the lower-right quadrant (IV) are important for a research field, but are not developed. Hence, this quadrant groups transversal and general or basic themes.

Once the knowledge base is ready, the scientific mapping analysis can begin. To build the maps, the tool has an eleven-step process that must be completed.

The parameters to be analyzed are selected in this stage, such as period, unit of analysis, data reduction (the data are filtered using a minimum frequency threshold), network building, selection of the performance and bibliometric quality measures, etc. (Cobo *et al.*, 2011a; Cobo *et al.*, 2011b)

2.3 Conducting a performance analysis

In this phase the most prominent, productive, and highest impact subfields can be detected by measuring (quantitatively and qualitatively) the relative contribution of themes and thematic areas to the whole research field.

3 RESULTS AND DISCUSSION

In order to explain the evolution of the themes in the CDW field strategic diagrams for each period were built using SciMAT.

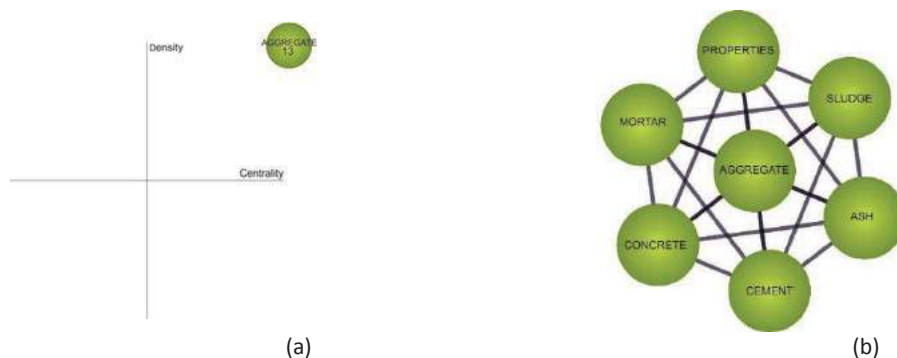


Figure 4. (a) Strategic diagrams for subperiod 1991-1994; (b) Thematic networks related with Aggregate

Figure 4a shows the major issues around CDW for the period 1991-1994 by means of spheres whose volume is proportional to the number of documents associated with each theme. As can be seen in the thematic networks corresponding to the strategic diagram for this period, the lonely motor cluster is the *Aggregate* as the main application for the CDW with a high centrality and density. Researches were mainly focused on the study of the *Aggregates Properties* and their applications in *Mortars* and *Concretes with Cement*, which appear strongly related (Figure 4b).

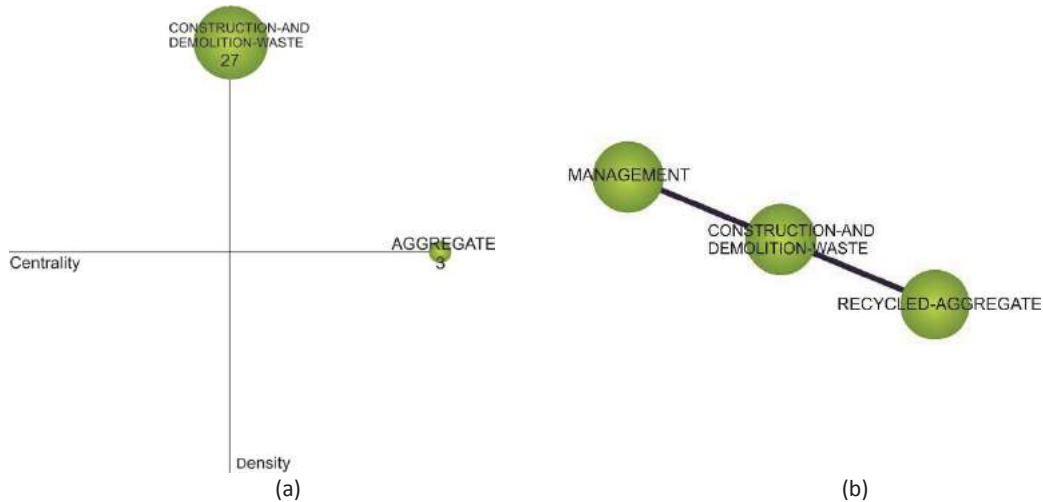


Figure 5. (a) Strategic diagrams for subperiod 1995-1998; (b) Thematic networks related with CDW

For the next period, 1995-98, Figure 5 shows that *Aggregate* continues to be the focus of the publications and CDW in the maximum level of density. In this sense, can be found with the same significance the management of CDW and its use as *Recycled Aggregates*. The relationship between these concepts is very hard.

During 1999-2002 *Recycled Aggregate* (RA) is the most important theme for researchers. Never before RA reached a level so high with big implications in regards to its use in the manufactured of *Construction Materials*, *Concrete* and *Road Subbases* (see Figure 6). This phenomena could be explained because in these years the most governments were concerned in the development of the legal and technical regulation in CDW and RA, respectively. Thereafter the focus of the publications turned around the use of RA in the production of different construction materials and their applications (Figure 7).

The themes so important as management and CDW, respectively, turned on basic and transversal clusters very important for the state of the knowledge but a very little developed.

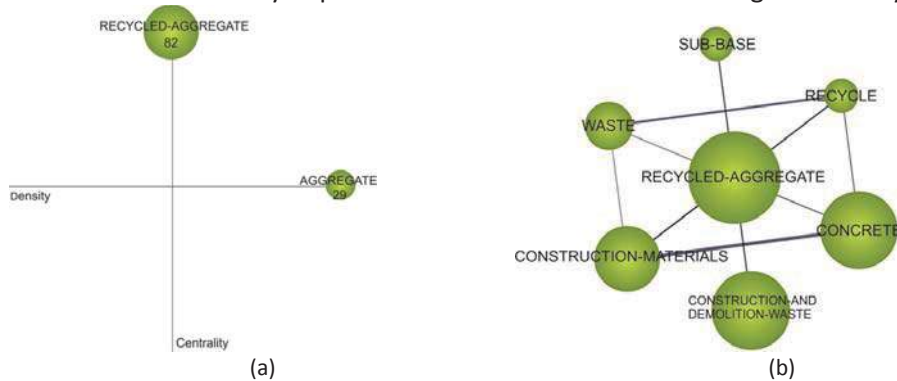


Figure 6. (a) Strategic diagrams for subperiod 1999-2002; (b) Thematic networks related with recycled-aggregate

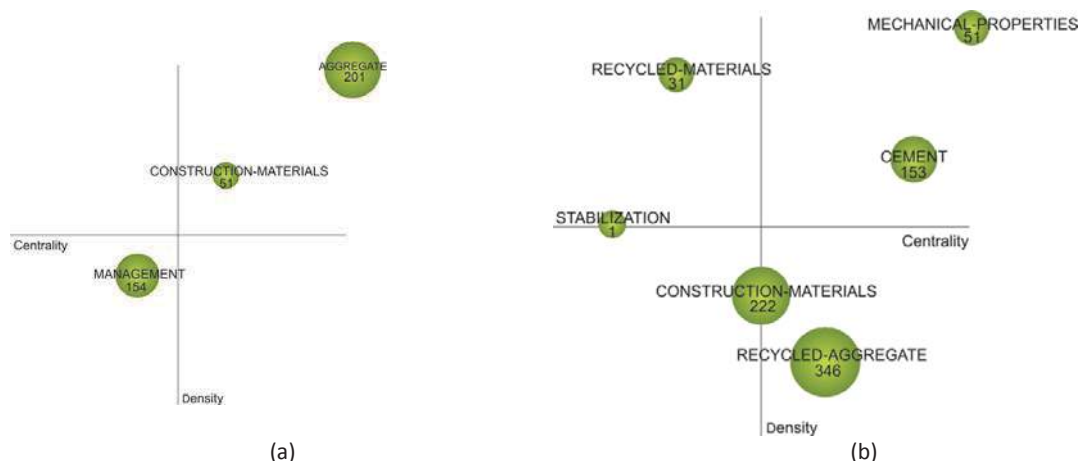


Figure 7. (a) Strategic diagrams for subperiod 2003-2006; (b) Strategic diagrams for subperiod 2007-2010

Currently, the themes in the scientific screen on CDW are diverse (see Figure 8). The motor clusters continued to be the main applications of RA, *Concrete* and *Asphalt*, but new studies on *Microstructures* and *Tire-rubber* appears highly developed and isolated cluster.

In this sense, it is observed that microstructural scale investigation technics are being incorporated into the recently published research. It is expected that those will improve the knowledge of the products what incorporate RA and applications. Therefore, publications on the study of the properties of RA and performed construction materials are basic and transversal clusters, very important but not so developed because these themes are yet wellknown.

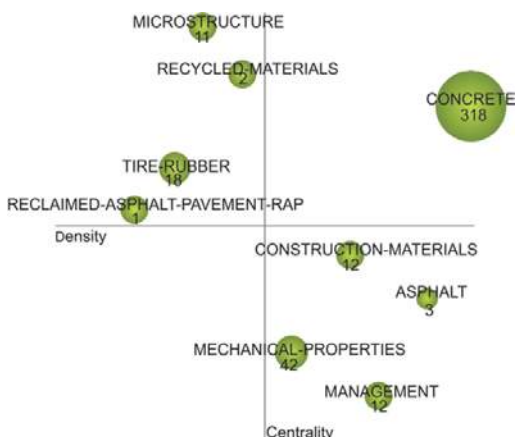


Figure 8. Strategic diagrams for subperiod 2011-2014

4 CONCLUSIONS

SciMAT has proved to be a tool of considerable interest to study the development over time of the publications relating to construction and demolition waste (CDW), since it has been observed an increasing interest in the theme because of the number of papers in each thematic areas.

In this study the main thematic area found in CDW fundamentally has been linked to its recovery as recycled aggregates (RA). In this sense, the management of this kind of residues and their application in form of RA in construction works could be considered the second thematic areas in the study carried out by different authors.

With respect to the objective of the studies through the time, the initially focuses on the knowledge of the properties of RA in substitution of natural aggregates (NA) in traditionally applications (concrete, road subbases...) has revolved on its incorporation as a novel material in new applications.

5 APPENDIX 1. 25 JOURNALS AND PROCEEDING WITH THE LARGEST NUMBER OF DOCUMENTS RELATED

Source	Documents
Construction And Building Materials	100
Waste Management	41
Journal Of Materials In Civil Engineering	35
Resources Conservation And Recycling	28
Materials And Structures	17
Transportation Research Record	13
Proceedings Of The First International Conference On Sustainable Urbanization (Icsu 2010)	13
Waste Management & Research	12
Journal Of Cleaner Production	10
Materiales De Construccion	10
Cement & Concrete Composites	9
Cement And Concrete Research	9
2nd International Conference On Waste Engineering Management	9
Journal Of Hazardous Materials	8
Magazine Of Concrete Research	7
International Journal Of Life Cycle Assessment	6
Building And Environment	5
Aci Materials Journal	5
Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers-Transport	5
Sustainable Construction, Materials And Practices: Challenge Of The Industry For The New Millennium	5
Chemie Ingenieur Technik	4
Novel And Non-Conventional Materials And Technologies For Sustainability	4
Sustainable Development Of Urban Environment And Building Material	4
Journal Of Environmental Engineering-Asce	4
Environmental Ecology And Technology Of Concrete	4

REFERENCES

Bailón-Moreno, R., Jurado-Alameda, E.& Ruiz-Baños, R. 2006. The Scientific Network of Surfactants: Structural Analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 57 (7): 949-960.

Bailón-Moreno, R., Jurado-Alameda, E., Ruiz-Baños, R.& Courtial, J.P. 2005. Analysis of the Field of Physical Chemistry of Surfactants with the Unified Scientometric Model. *Fit of Relational and Activity Indicators. Scientometrics* 63(2): 259-276.

Börner, K., Huang, W., Linnemeier, M., Duhon, R.J., Phillips, P., Ma, N., et al. 2010. Rete-Netzwerk-Red: Analyzing and Visualizing Scholarly Networks using the Network Workbench Tool. *Scientometrics* 83(3): 863-876.

Callon, M., Courtial, J.P.& Laville, F. 1991. Co-Word Analysis as a Tool for Describing the Network of Interactions between Basic and Technological Research: The Case of Polymer Chemistry. *Scientometrics* 22(1): 155-205.

Cobo, M.J. 2012. SciMAT: Herramienta software para el análisis de la evolución del conocimiento científico: Propuesta de una Metodología De Evaluación: Memoria de Tesis. Editorial de la Universidad de Granada ISBN 9788469510698.

Cobo, M.J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E.& Herrera, F. 2011a. An Approach for Detecting, Quantifying, and Visualizing the Evolution of a Research Field: A Practical Application to the Fuzzy Sets Theory Field. *Journal of Informetrics* 5(1): 146-166.

Cobo, M.J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E.& Herrera, F. 2011b. Science Mapping Software Tools: Review, Analysis, and Cooperative Study among Tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 62(7): 1382-1402.

Cobo, M.J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E.& Herrera, F. 2012. SciMAT: A New Science Mapping Analysis Software Tool. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 63(8): 1609-1630.

Cuenca-Moyano, G.M.; Martín-Morales, M.; Valverde-Palacios, I.; Valverde-Espinosa, I.; Zamorano, M. 2014. Influence of pre-soaked recycled fine aggregate on the properties of masonry mortar. *Construction and Building Materials* 70(15): 71-79.

de Juan MS, Gutierrez PA. 2009. Study on the influence of attached mortar content on the properties of recycled concrete aggregate. *Construction and Building Materials* 23: 872-877.

Esin T & Cosgun N. 2007. A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey. *Building and Environment* 42: 1667-1674

Herr, B.W., Huang, W., Penumarthy, S.& Börner, K. (2006) Designing Highly Flexible and Usable Cyberinfrastructures for Convergence. SCOPUS.

Mas, B., Cladera, A., del Olmo, T., Pitarch, F.. 2012. Influence of the amount of mixed recycled aggregates on the properties of concrete for non-structural use. *Construction and Building Materials* 27(1): 612-622.

Martín-Morales, M.; Zamorano, M.; Ruiz-Moyano, A.; Valverde-Espinosa, I. 2011. Characterization of recycled aggregates construction and demolition waste for concrete production following the Spanish Structural Concrete Code EHE-08. *Construction and Building Materials* 25(2): 742-748.

Martín-Morales, M.; Cuenca-Moyano, G.M.; Zamorano, M.; Valverde-Palacios, I. 2013. Recycled aggregate in road construction following the Spanish General Technical Specifications for Roads and Bridge Works (PG-3): a case study. *Informes de la Construcción*.65: 107-119.

Porter, A.L. & Cunningham, S.W. 2004. Tech Mining: Exploiting New Technologies for Competitive Advantage. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

Sci2 Team. 2009. Science of Science (Sci2) Tool. Indiana University and SciTech Strategies. Available from: <https://sci2.cns.iu.edu/user/index.php>.

Solís-Guzmán J, Marreno M, Montes-Delgado MV, Ramírez-de-Arellano A. 2009. A Spanish model for quantification and management of construction waste. *Waste Management* 29: 2542-2548.

Village, J., Salustri, F.A.& Neumann, W.P. 2013. Cognitive Mapping: Revealing the Links between Human Factors Andstrategic Goals in Organizations. *International Journal of Industrial Ergonomic* 43(4): 304-313.

Wise, J.A. 1999. The Ecological Approach to Text Visualization. *Journal of the American Society for Information Science* 50 (13): 1224-1233.

Auditorias ambientais em estaleiros/canteiros de construção

José Cardoso Teixeira

Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal
jct@civil.uminho.pt

Sheyla Mara Baptista Serra

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET), Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, São Paulo, Brasil
sheylabs@ufscar.br

ABSTRACT: Auditing management systems is a common procedure nowadays in all economic activities, covering all management systems, including the Environmental Management System (EMS). Auditing is a systematic, independent and documented process that seeks evidence and objectively assess the level of compliance and implementation of management systems. No significant differences are perceptible in auditing models for different economic activities, but the same does not apply for the production areas of some economic activities, particularly in construction. In this case, it is important to consider not only the characteristics of the works, but also the specific regulations, particularly in the management of construction and demolition waste. This communication analyses the applicability of ISO 19011: 2011 to construction auditing. After some introductory remarks, the text addresses, general aspects of audits, the procedures for managing an auditing programme to an EMS and guidelines for auditing a construction site according to the standards. Finally, the results of a survey to Portuguese construction professionals are presented on the implementation of environmental audits in Portuguese construction sites; the results of a similar survey conducted in Brazil are also presented.

Keywords: Construction sites; Environment management plan; Environmental audit.

RESUMO: São comuns, hoje em dia, as auditorias aos sistemas de gestão, em todas as atividades económicas, abrangendo todos os sistemas de gestão, incluindo o Sistema de Gestão Ambiental (SGA). A auditoria é entendida como um processo sistemático, independente e documentado que visa obter evidências e avaliar objetivamente o nível de cumprimento e implantação dos sistemas de gestão. Não há diferenças significativas no modelo de auditoria a utilizar, em função do tipo de atividade económica, mas o mesmo não se passa na área produtiva de algumas atividades económicas, nomeadamente, na construção. Neste caso, é importante considerar não só as características das obras, mas também a legislação específica aplicável, nomeadamente em matéria de gestão de resíduos de construção e demolição. Esta comunicação analisa a aplicabilidade da norma ISO 19011:2011 a auditorias de obras de construção. Depois de algumas considerações introdutórias, o texto aborda, aspetos gerais das auditorias, os procedimentos utilizáveis para a gestão de um programa de auditorias a um SGA e orientações para a execução de uma auditoria a uma obra de construção, com base na norma. Finalmente, apresentam-se os resultados de um inquérito realizado a profissionais da construção em Portugal sobre a implementação de auditorias ambientais em estaleiros portugueses de construção e os resultados de uma pesquisa similar realizada no Brasil.

Palavras chave: Estaleiros de construção; Canteiros de obra; Plano de gestão ambiental; Auditoria ambiental.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as auditorias têm sido praticadas como forma de confrontar uma determinada condição com um critério preestabelecido, que se configura como a situação ideal, para que se

possa opinar a respeito (Oliveira, 2008). Considerando a preocupação atual mundial com os aspectos de sustentabilidade, uma grande aplicação das auditorias tem foco nos aspectos ambientais dos empreendimentos.

Existem dois tipos principais de auditorias, segundo Brenny (2011): as auditorias legais, estabelecidas pela legislação e que são compulsórias (obrigatórias); e as auditorias facultativas (não obrigatórias) que são as internas e as externas (de certificação). Na auditoria legal, observa-se se a atividade do empreendimento está de acordo com uma determinada lei, principalmente para se obter o licenciamento ambiental. Neste caso, existe uma fiscalização do Poder Público a fim de verificar se os requisitos legais foram atendidos.

Outra definição é a de Rovere (2001) que apresentam a classificação da auditoria ambiental por meio do seu objetivo. Dentre as categorias mais aplicadas destacam-se: auditoria de desempenho ambiental, auditoria de Sistema de Gestão Ambiental, auditoria de certificação, auditoria de descomissionamento (*descommissioning*), auditoria de responsabilidade (*due dilligence*) e auditoria de conformidade legal (*compliance*).

Todos os sistemas de gestão carecem de auditoria, incluindo o Sistema de Gestão Ambiental (SGA). A auditoria pode ter lugar tanto ao nível organizacional, como ao nível dos processos produtivos da organização. Ao nível organizacional, não há diferenças significativas entre modelos de auditoria aplicáveis em diversas atividades económicas. Mas ao nível dos processos produtivos, as diferenças são sensíveis, nomeadamente na atividade da construção, atendendo às características próprias dos empreendimentos de construção e das obras necessárias para os concretizar. Ao nível dos empreendimentos, salienta-se a necessidade de proceder avaliação do respetivo impacto ambiental aos que sejam suscetíveis de produzirem efeitos significativos no ambiente. Em Portugal esta necessidade encontra eco na legislação em vigor, nomeadamente no decreto-lei n.º151-B/2013, de 31 de outubro que transpõe para a ordem jurídica portuguesa a Diretiva n.º 2011/92/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de dezembro de 2011 (Portugal, 2013). À luz desta legislação, é obrigatório proceder à avaliação do impacto ambiental (AIA) de projetos de infraestruturas de vários tipos (operações de loteamento urbano, parques industriais, estradas, vias férreas, etc.), de dimensão superior ao especificado (Anexos I e II do diploma). A mesma obrigação surge para as obras de edifícios e de outras instalações necessárias à instalação de projetos industriais (incluindo turísticos) de dimensão superior ao especificado, por força da necessidade de AIA para esses projetos (Anexos I e II do diploma).

No Brasil, têm-se várias leis que fazem menção aos aspectos de sustentabilidade ambiental, entre elas: a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 237, de 19 de dezembro de 1997, que dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental; a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Brasil, 1998) que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente; e a própria Constituição Federal de 1988 em seu Artigo 225 (Brasil, 1988), que define: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Segundo a Resolução CONAMA nº 237 (Brasil, 1997), a licença ambiental para empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio dependerá de prévio estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (RIMA). Entre os empreendimentos e as atividades obrigados a terem este tipo de estudo estão as Obras Civis referentes a rodovias, ferrovias, hidrovias, barragens e diques, canais para drenagem, entre outros.

Mas necessidade de minimizar o impacto ambiental está presente em todas as obras (estando ou não sujeitas a AIA ou EIA por requisitos legais). De facto, a atividade da construção determina um conjunto de impactos no ambiente, em menor ou menor grau, em função da dimensão e

das características das obras – uma pequena obra de pintura interior pode ter impactos significativos no ambiente envolvente, se não houver cuidado em preveni-los, porque gera resíduos potencialmente perigosos para o ambiente que carecem de ser adequadamente geridos.

De uma forma geral, a produção de resíduos de construção e demolição (RCD) tem efeitos potenciais na contaminação do terreno e da água, constituindo assim impactos ambientais importantes dos estaleiros/canteiros de construção, e na saúde dos cidadãos, por exemplo, problemas respiratórios provocados pela produção e poeiras durante as operações de movimentação de terras e de demolições. Outros impactos relevantes são; o aumento local do tráfego automóvel e redução dos espaços de estacionamento; o ruído provocado pela operação de equipamentos, buzinas diversas, comunicação entre o pessoal da obra, etc.; o aspeto visual das vedações (Couto e Couto, 2009).

A prevenção dos impactos ambientais dos estaleiros/canteiros está presente na legislação de muitos países. Em Portugal, o decreto-lei n.º 46/2008, de 12 de março (Portugal, 2008), introduziu a obrigação legal de prevenir a produção e a perigosidade dos RCD com origem nos estaleiros de construção. Esta obrigação consubstancia-se na elaboração, na fase de conceção, do Plano de Prevenção e Gestão de RCD e na sua implementação em obra, na fase construção. Relativamente aos outros impactos referidos, o quadro legal português remete largamente para os municípios a responsabilidade pela respetiva regulamentação (através de regulamentos municipais), e há bons exemplos disso ao longo do país, nomeadamente, no que se refere ao tráfego automóvel, ao estacionamento, às características das vedações devem ter, etc. O Regulamento Geral do Ruído (decreto-lei nº 9/2007 de 17 de janeiro, alterado pelo decreto-lei n.º 278/2007, de 1 de agosto) estabelece restrições quanto ao horário e períodos de atividade dos estaleiros de construção, mas permite que as mesmas sejam ultrapassadas mediante “licença especial de ruído” a emitir pelo respetivo município e tem, por isso sido considerado demasiado permissivo (Estêvão, 2009).

No Brasil, a Lei nº 12.305 (Brasil, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), permitiu a discussão dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Dessa forma, estimula-se a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado). Entre os instrumentos previstos está a elaboração de planos de gestão dos resíduos sólidos. Com essa lei, passou a ser responsabilidade dos geradores, a elaboração dos planos, cabendo ao poder público, ao setor empresarial e à coletividade, a garantia e fiscalização da efetividade dos planos.

Face ao exposto, os SGA de estaleiros/canteiros de construção apresentam especificidades que justificam uma análise dirigida às auditorias ambientais a estas instalações de produção e correspondentes processos produtivos.

2 AUDITORIAS

2.1 Aspetos gerais

De acordo com a norma ISO 19011:2011 (ISO, 2011a), uma auditoria é um processo sistemático, independente e documentado que visa obter evidências e avaliar objetivamente o nível de cumprimento dos critérios da auditoria. As evidências tomam a forma de registos, factos declarados ou outras informações relevantes para os critérios da auditoria; os critérios são conjuntos de políticas, procedimentos ou requisitos usados como referencial de comparação das evidências recolhidas na auditoria. Nesta conformidade, a auditoria ao SGA de uma obra de

construção (ou de uma parte da obra) visa obter evidências e avaliar objetivamente o nível de cumprimento dos critérios aplicáveis a essa obra (ou à parte da mesma, em apreço). A auditoria pressupõe, em primeiro lugar, identificar os referenciais a utilizar (ou critérios da auditoria). Os referenciais são os documentos que constituem a base de avaliação do cumprimento do SGA da obra

Em Portugal, constituem-se referenciais os documentos legais referidos no ponto anterior, para além de outros que os regulamentam mais especificamente (por exemplo, a portaria n.º 209/2004, de 3 de março que aprova a Lista Europeia de Resíduos (Portugal, 2004) e a portaria n.º 417/2008, de 11 de junho que se refere ao transporte de RCD) (Portugal, 2008), de especificações técnicas diversas (por exemplo, especificações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e de códigos de boas práticas CIRIA (2005).

Distinguem-se três tipos de auditorias de obras:

- Auditoria interna (ou de primeira parte): determinada pela empresa de construção (por exemplo, empreiteiro geral), abrangendo a totalidade da obra ou parte dela, apenas (por exemplo, a parte executada por um subempreiteiro).
- Auditoria externa, compreendendo: - Auditoria conduzida pelos clientes aos seus fornecedores (ou de segunda parte): determinada por uma entidade (o dono de obra, o empreiteiro geral, uma autoridade externa interveniente na obra), abrangendo a totalidade da obra ou parte dela; - Auditoria de terceira parte: realizada por uma entidade externa independente, com objetivos legais ou similares, ou por uma entidade externa acreditada, no âmbito de um processo de certificação do SGA.

A norma de referência para todos os tipos de auditoria é a ISO 19011:2011; no entanto, para auditorias (de terceira parte) no âmbito do processo de certificação de SGA, a norma aplicável é a ISO/IEC 17021:2011 (ISO, 2011b). Ambas as normas são aplicáveis a qualquer atividade económica, incluindo a atividade da construção.

Em geral, as obras de construção carecem de várias auditorias ao SGA. Em primeiro lugar, porque as obras têm uma duração considerável que, em alguns casos, se prolonga por meses; em segundo lugar porque é necessário prever auditorias iniciais (a uma determinada realidade) e auditorias de seguimento que visam apreciar a implementação de medidas corretivas identificadas na primeira; em terceiro lugar porque uma obra pode incluir trabalhos de natureza muito diferente que poderão aconselhar a realização de auditorias independentes. Assim, é importante implementar um programa de auditorias, ou seja, organiza-las de forma sequencial (não necessariamente periódica) de maneira a cobrir adequadamente as necessidades de auditoria da obra.

Há vários métodos utilizáveis na realização de auditorias: revisão dos registos, retroalimentação, entrevistas, observação, exame e revisão pós-auditoria. Todos estes estão identificados no anexo B1 da norma ISO 19011:2011 que adverte para a necessidade de selecionar o(s) mais adequado(s) de acordo com as características da auditoria (objetivos, âmbito, localização, etc.) e com as competências dos auditores. As auditorias das obras utilizam abordagens com interação humana entre os membros da equipa auditora e os recursos humanos da obra, e abordagens sem interação humana. Inclui-se nas primeiras a condução de entrevistas (com a equipa de gestão do SGA na obra, com trabalhadores selecionados, etc.), o preenchimento presencial de listas de verificação (*checklists*) e questionários, cobrindo uma multiplicidade de aspetos, a análise dos documentos do SGA, em conjunto com os auditados e a amostragem (de registos do SGA, de equipamentos de proteção individual, etc.); inclui-se nas segundas a observação de trabalhos em curso na obra, a análise de documentos e o preenchimento de registos que não careçam da intervenção do auditado.

3 GESTÃO DE UM PROGRAMA DE AUDITORIAS AO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

3.1 Aspetos gerais

A condução de auditorias implica a respetiva programação de maneira a melhor contribuir para a boa aferição do SGA a auditar. O programa pode dizer respeito a diversas auditorias, cobrindo várias áreas do SGA, e decorrendo sequencial ou simultaneamente. A gestão de topo da organização responsável pela condução da(s) auditoria(s) deve assegurar que o programa das mesmas seja desenvolvido por pessoas competentes e que os objetivos do programa sejam estabelecidos antecipadamente. O programa da(s) auditoria(s) deve contemplar a informação e os recursos necessários à organização e condução da(s) auditoria(s). A implementação do programa deve ser monitorizada e medida de maneira a assegurar o cumprimento dos seus objetivos. Finalmente, o programa deve ser revisto no sentido de identificar oportunidades de melhoria. A Figura 1 apresenta o processo de gestão de um programa de auditoria, segundo a norma ISO 19011:2011. As seções seguintes complementam o conteúdo da figura com alguns aspetos particulares relevantes para auditorias a SGA.

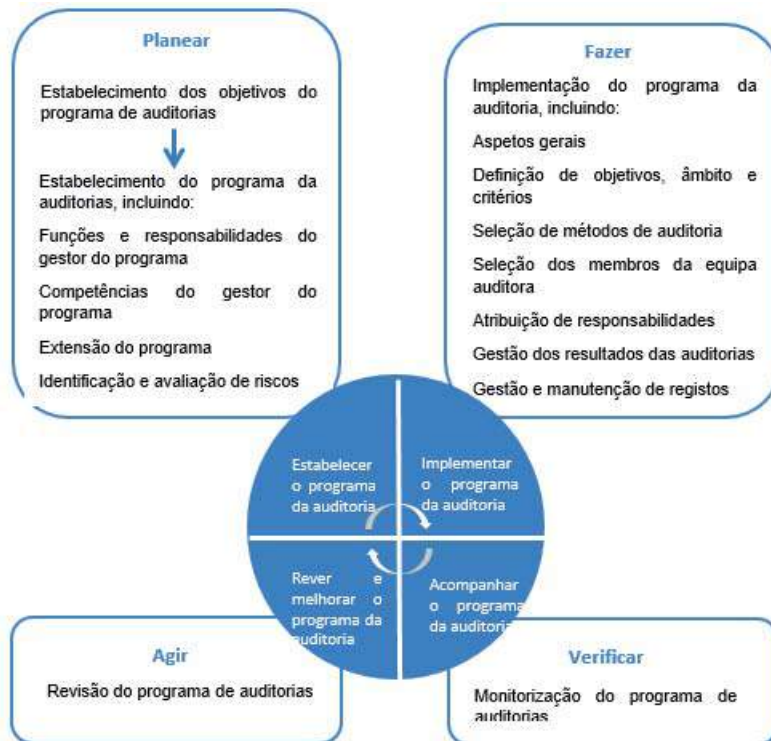


Figura 1: Processo de gestão de um programa de auditorias, adaptado da norma ISO 19011:2011

3.2 Estabelecimento dos objetivos do programa

Os objetivos do programa de auditorias deverão ser estabelecidos de maneira a orientar o planeamento da auditoria e a assegurar a implementação do próprio programa; devem ser consistentes com os objetivos da organização responsável pela sua realização; e são diferentes, consoante o tipo de auditorias a que o programa diz respeito.

3.3 Estabelecimento do programa de auditorias

Esta seção segue os conteúdos da norma ISO 19011:2011, segundo as cláusulas 5.3.1 a 5.3.6.

3.4 Implementação do programa de auditorias

Esta seção segue os conteúdos da norma ISO 19011:2011, segundo as cláusulas 5.4.1 a 5.4.7. O anexo B da norma fornece orientações para seleção de métodos de auditoria, aplicáveis a SGA.

3.5 Monitorização do programa de auditorias

Esta é uma responsabilidade do gestor do programa de auditorias, no sentido de aferir o cumprimento do programa, do planeamento de cada auditoria e dos seus objetivos; avaliar o desempenho dos membros da(s) equipa(s) auditora(s); estimar a capacidade da(s) equipa(s) auditora(s) para implementar os respetivos planos de auditoria; e avaliar o feedback recebido (da gestão de topo da organização responsável pelo programa de auditorias, dos auditados e de outras partes interessadas (cláusula 5.5 da norma ISO 19011:2011)).

3.6 Revisão e melhoria do programa de auditorias

Conforme a cláusula 5.6 da norma ISO 19011:2011, compete ao gestor do programa de auditorias a revisão do programa e nos termos descritos.

4 PREPARAÇÃO E CONDUÇÃO DE UMA AUDITORIA AO SGA DE UMA OBRA

4.1 Aspetos gerais

Seguem-se aqui os procedimentos previstos na norma ISO 19011:2001, relativamente à preparação e condução de uma auditoria. A Figura 2 apresenta a sequência desses procedimentos, organizados em cinco fases. As seções seguintes complementam o conteúdo da Figura 2 com alguns aspetos particulares relevantes para auditorias a SGA.

4.2 Início

Nesta fase, desenvolve-se o contacto inicial com a obra que vai ser auditada e avalia-se a viabilidade da auditoria. Os resultados deste contacto inicial permitem ao líder da equipa auditora avaliar a cooperação esperada por parte da obra e as expectativas levantadas na equipa de gestão da obra, relativamente à auditoria. É também necessário avaliar a viabilidade da auditoria, antes de avançar para as fases posteriores de preparação e execução, de maneira a ganhar confiança sobre a consecução dos objetivos estabelecidos para a auditoria.

4.3 Preparação das atividades da auditoria

A preparação das atividades da auditoria começa com a análise dos documentos que integram o SGA, nomeadamente, o Plano de Gestão Ambiental da Obra (PGA), o Plano de Prevenção e Gestão de RCD (PPGRCD); relatórios de auditorias anteriores; e outros documentos de gestão da obra (por exemplo, plano do estaleiro, programa de trabalhos e cronogramas de mão-de-obra e de equipamentos etc.). Note-se que o próprio PGA pode incluir o PPGRCD, os registos e mesmo outros documentos de gestão da obra, por exemplo, o plano do estaleiro/canteiro, o cronograma, etc., embora, estes últimos têm frequentemente existência autónoma, por se tratar de documentos de utilização mais geral. O anexo B.2 da norma ISO 19011:2011 apresenta um conjunto de indicações sobre a análise de documentos (aplicável nesta fase e, mais tarde, durante a execução da auditoria em obra).

Seguidamente, o líder da equipa auditora deve preparar o plano da auditoria, com base no programa das auditorias em que esta se insere e nos documentos facultados pela obra. A extensão e conteúdo do plano da auditoria são variáveis em função de se tratar de uma auditoria interna ou externa, de ser a primeira à obra em causa ou ter havido outras antes, no mesmo tema, etc. Por outro lado, o plano deve ser suficientemente flexível para permitir alterações, à medida que a auditoria decorre. A cláusula 6.3.3.2 da norma ISO 19011:2011 contém indicações sobre o modelo de organização do plano da auditoria.

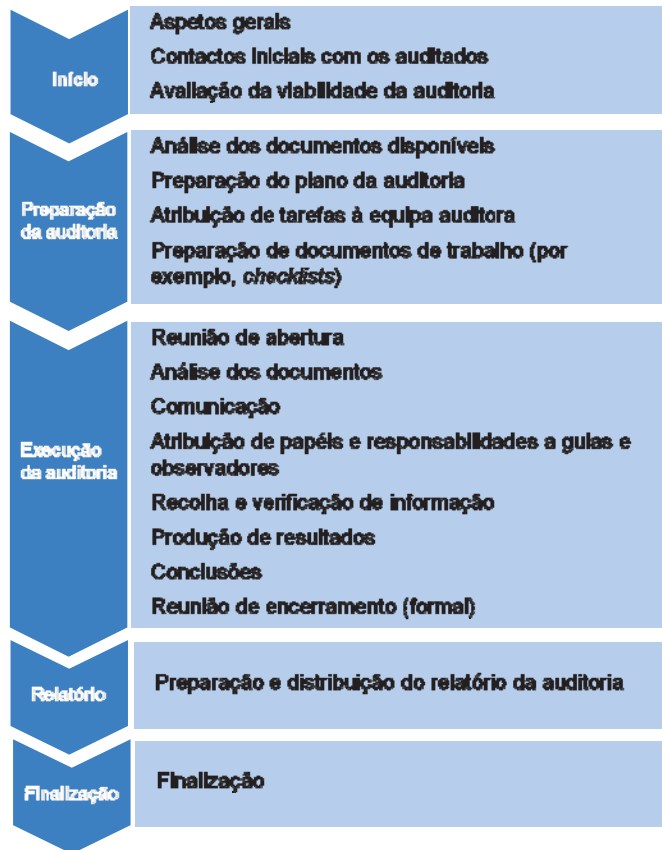


Figura 2: Preparação e execução da auditoria segundo a norma ISO 19011:2001

Em terceiro lugar, o líder deve atribuir as tarefas necessárias aos restantes membros da equipa auditora, incluindo responsabilidades por auditar processos específicos, atividades e locais onde deverão ter lugar na obra. Esta atribuição de tarefas tomará, obviamente, em conta a competência de cada membro da equipa.

Finalmente, a preparação da auditoria compreende a preparação dos documentos de trabalho necessários, por exemplo, listas de verificação (*checklists*), planos de amostragem, modelos de fichas de registo de informação, modelos de atas de reuniões, etc. O anexo B4 da norma ISO 19011:2011 fornece alguma informação sobre a preparação de documentos de trabalho.

4.4 Execução da auditoria

A execução da auditoria decorre conforme a sequência apresentada na Figura 2 (ISO 19011:2001). A reunião de abertura destina-se a apresentar a equipa auditora, confirmar o acordo quanto ao plano da auditoria e assegurar a possibilidade de executar as atividades previstas. É necessário proceder à análise dos documentos relevantes da obra para determinar a conformidade do SGA com os critérios da auditoria e para recolher informação de suporte das atividades da auditoria. Nos casos mais graves de falta de documentos (por exemplo, falta do PPGRCD ou falha generalizada da respetiva implementação), poderá ser tomada a decisão de abortar o processo de auditoria.

Durante a realização da auditoria, é essencial implementar e manter um sistema de comunicação adequado entre os membros da equipa auditora, com a obra auditada e, eventualmente, com entidades externas. Este sistema de comunicação pode ser mais ou menos formal, dependendo das circunstâncias, mas, nos casos correntes, é durante as reuniões de trabalho que os factos são comunicados verbalmente.

O trabalho da equipa auditora pode ser acompanhado por guias (da obra auditada) e observadores (da entidade por conta de quem a auditoria é realizada, de entidade certificadora, etc.). O papel dos guias é importante no sentido de apoiar os membros da equipa auditora a executar as suas funções, por exemplo, seleccionando trabalhadores da obra para as entrevistas, testemunhando depoimentos ou clarificando questões surgidas, garantindo as condições de acesso a frentes de obra em condições de segurança, etc.

O princípio básico deste processo é que apenas informação que possa ser verificada deve ser usada como evidência da auditoria. As fontes de informação a utilizar dependem do âmbito e da complexidade da auditoria, mas, é usual utilizar-se as seguintes:

- Entrevistas com a equipa de gestão da obra e com a equipa de gestão do SGA;
- Entrevistas com trabalhadores selecionados;
- Observação dos trabalhos em curso na obra;
- Documentos;
- Registos, atas de reuniões, etc.

As evidências encontradas devem ser confrontadas com os critérios (quantitativos ou qualitativos), de maneira a produzir os resultados da auditoria que podem, então, indicar conformidade ou não-conformidade com os critérios. As não-conformidades devem ser acompanhadas dos registos das respetivas evidências. A atribuição de relevâncias aos critérios tem importância em auditorias externas, quando está em causa, por exemplo, um processo de certificação ou de continuidade da certificação; a graduação tem mais interesse em auditorias internas, em que se pretende auscultar oportunidades de melhoria.

A reunião de encerramento deve ser adequadamente preparada pela equipa auditora, revendo os resultados da auditoria, acordando nas conclusões, estabelecendo recomendações e discutindo atividades de continuação (*follow up*). A cláusula 6.4.8 da norma ISO 19011:2011 refere o conteúdo habitual das conclusões da auditoria.

4.5 Preparação e distribuição do relatório da auditoria

Conforme as cláusulas 6.5.1 e 6.5.2 da norma ISO 19011:2011.

4.6 Finalização

A cláusula 6.6 da norma ISO 19011:2011 refere os processos de finalização, aplicáveis a auditorias de SGA a obras de construção.

5 AUDITORIAS AMBIENTAIS EM ESTALEIROS/CANTEIROS DE CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL

No âmbito de um projeto em curso na Universidade do Minho, desenvolveu-se, em 2013, um inquérito a 23 profissionais da construção com responsabilidades em SGA de 106 obras portuguesas de diversos tipos (edifícios de habitação unifamiliar e coletiva; edifícios industriais e/ou fabris; estradas e obras de arte; instalação de equipamentos; infraestruturas diversas). O inquérito teve como objetivo avaliar o nível de implementação dos PPGRCD (Cardoso, 2013).

À pergunta “Em função dos horizontes temporais expectáveis de realização das obras, são planeadas Auditorias Ambientais” obtiveram-se respostas muito variáveis que apontam, para as seguintes conclusões:

- Em termos gerais, pode dizer-se que são efetuadas auditorias ambientais, com periodicidade muito variável, decorrente da natureza de cada obra (com respostas do tipo “sim, uma vez por ano”; “muito pouco frequentes”, etc.).
- São também efetuadas auditorias ambientais arbitrárias, em função do número de obras no devido espaço temporal definido pelo normativo aplicável.

- Uma parte significativa dos inquiridos revelou a ausência total de realização de auditorias (através de respostas assertivas como, “não se tem verificado”; “nunca vi”; “não sei”).

6 AUDITORIAS AMBIENTAIS EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO PESADA NO BRASIL

Vieira (2012) analisou 30 relatórios de auditorias ambientais no período de 2005 a 2011, de três grandes empresas brasileiras, que realizaram diversas obras de construção pesada (adutoras, barragens, rodovias, pontes etc.). As auditorias internas seguiram procedimentos específicos organizacionais (próprio das empresas) elaborados com base na ISO 14.001: 2004 – Sistema de Gestão Ambiental (ISO, 2004), ISO 9001:2008 – Sistema de Gestão da Qualidade – Requisitos (ISO, 2008) e ISO 19.011: 2002 - Diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental (ISO, 2011a). A autora citada verificou que as desconformidades apresentaram um alto índice de incidência e puderam ser agrupadas segundo os percentuais:

- Não atendimento a requisitos ambientais por parte das construtoras, com 29%;
- O não atendimento de requisitos legais ambientais por parte dos fornecedores contratados pela construtora, com 27%;
- Falta de planejamento para atender as possíveis situações de emergência e acidentes que causem impactos ambientais, com 19%;
- Disposição inadequada de resíduos sólidos, com 15% e;
- Falta de controle da poluição por ruídos e emissões atmosféricas, com 8%.

7 CONCLUSÕES

As auditorias aos SGA são importantes mecanismos de verificação da eficiência e da eficácia dos próprios sistemas e de deteção e correção de eventuais erros de conceção e de implementação dos mesmos. Outra finalidade das auditorias é conhecer o posicionamento das organizações face à sua concorrência, através de processos de *benchmarking*, normalmente baseados em indicadores de desempenho.

As auditorias são processos independentes e objetivos que têm por finalidade acrescentar valor e melhorar o desempenho das organizações em termos ambientais. Estas características deverão estar presentes em todos os tipos de auditorias, sejam elas conduzidas por pessoal interno (auditorias internas) ou externo (clientes ou outras entidades externas, nomeadamente, no âmbito de processos de certificação) às organizações.

Ao nível organizacional, as auditorias não apresentam diferenças significativas entre atividades económicas, uma vez que o referencial normativo utilizado é idêntico (designadamente, a norma ISO 19011:2011; para auditorias no âmbito de processos de certificação de sistemas de gestão da SST, a norma utilizada é ISO/IEC 17021:2011). O mesmo não sucede ao nível das áreas produtivas, com destaque para as obras da construção, por um conjunto de razões que decorrem das especificidades desta atividade.

No inquérito realizado com profissionais da construção em Portugal, verificou-se que a prática de auditar SGA apresenta ainda fragilidades, em função da variabilidade e ambiguidade das respostas obtidas. No caso do estudo realizado no Brasil, observou-se a importância de contar com SGA para melhorar a estratégia operacional e competitiva das construtoras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP/Brasil, rede de pesquisa CANTECHIS (Convênio nº. 01.11.0056.00/FINEP), pelo auxílio concedido.

REFERENCIAS

Brasil. 1997. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997*. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.

Brasil. 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*.

Brasil. 2010. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Brasil. 1998. *Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

Brenny, G.M. 2011. *Entendendo a Auditoria Ambiental*. Disponível em: <<http://glauciabrenny.blogspot.com.br/2011/06/entendendo-auditoria-ambiental.html>>. Acesso em maio de 2014.

CIRIA. 2005. *Environmental good practice on site*, second edition. CIRIA C650, London, UK.

Cardoso, J. C. 2013. *Implementação de Sistemas de Gestão Ambiental na Construção*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biológica da Universidade do Minho (em desenvolvimento).

Couto, A. & Couto, J. 2009. *Prevenção de impactos ambientais dos estaleiros de construção em centros históricos urbanos*. Publindústria.

Estêvão, M. A. 2009. *Ruído de Estaleiros de Construção Civil*. Controlo, Minimização e Intervenção Municipal. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – especialização em construções. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

International Organization for Standardization (ISO). 2008. ISO 9001:2008. *Quality Management systems - Requirements*.

International Organization for Standardization (ISO). 2004. ISO 14001:2004. *Environmental management systems - General guidelines on principles, systems and support techniques*.

International Organization for Standardization (ISO). 2011a. ISO 19011:2011. *Guidelines for auditing management systems*, second edition.

International Organization for Standardization (ISO). 2011b. ISO/IEC 17021:2011: *Conformity assessment - Requirements for bodies providing audit and certification of management system*.

Portugal. 2013. *Decreto-Lei n.º 151-B/2013*, de 31 de outubro (regime jurídico da avaliação de impacte ambiental (AIA) dos projetos públicos e privados suscetíveis de produzirem efeitos significativos no ambiente).

Portugal. 2008. *Decreto-Lei n.º 46/2008*, de 12 de março (regime da operações de gestão de resíduos de construção e demolição).

Portugal. 2004. *Portaria n.º 209/2004*, de 3 de março (aprova a Lista Europeia de Resíduos).

Portugal. 2008. *Portaria n.º 417/2008*, de 11 de junho (transporte de resíduos de construção e demolição).

Portugal. 2007. *Regulamento Geral do Ruído* (Decreto-lei nº 9/2007, alterado pelo Decreto-lei nº 278/2007). Disponível em: <http://www.psp.pt/Legislacao/DecLei_9-2007.pdf>. Acesso em setembro de 2014.

Oliveira, R. V. 2008. *Auditoria operacional: uma nova ótica dos Tribunais de Contas auditarem a gestão pública, sob o prisma da eficiência, economicidade, eficácia e efetividade, e o desafio de sua consolidação no TCE/RJ*. 123f. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Administração Pública), Fundação Getúlio Vargas, RJ.

Rovere, E. L. (Org.) 2001. *Manual de Auditoria Ambiental*. Rio de Janeiro: Qualitymark.

Vieira, G. N. S. 2012. *Desconformidades ambientais mais incidentes nas obras de construção pesada: estudo de caso em três grandes empresas nacionais, no período 2005 – 2011*. 55f. Monografia (Especialização em Auditoria Ambiental), Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC), Fortaleza.

Protocol for evaluating the compliance with requirements of Temporary Edge Protection Systems (TEPS)

Guillermina Peñaloza

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Porto Alegre,RS, Brasil
arq.guillerminapenaloz@gmail.com

Tarcisio Saurin A.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre,RS, Brasil
saurin@ufrgs.br

Carlos T. Formoso

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Porto Alegre,RS, Brasil
formoso@ufrgs.br

ABSTRACT: Although the use of temporary edge protection systems (TEPS) is an important measure to prevent falls from height in construction, there are no widely accepted methods for evaluating their performance. The aim of this study is to present a protocol to evaluate the compliance with TEPS performance requirements. The protocol was developed by identifying and categorizing requirements, establishing sources of evidence to evaluate each requirement and setting a scoring system to differentiate levels of requirement compliance. This article illustrates the application of the protocol to two types of TEPS, called “metallic” and “wooden”. The results of the evaluation were discussed with representatives of contractors and suppliers of TEPS. The limitations and strengths of the protocol are discussed based on these applications.

Key words: Temporary edge protection systems, performance requirements, workplace safety.

1 INTRODUCTION

One of the most commonly used physical protections on construction sites is the Temporary Edge Protection System (TEPS), which prevents falls from height (Garcia, 2010). As a matter of fact, construction safety regulations, both in Brazil and abroad, have several requirements which TEPS must meet. These requirements, in turn, tend to emphasize the structural strength and geometrical configuration of TEPS. Despite the importance and extent of regulatory requirements, several national studies indicate that the requirements associated with TEPS usually are the ones that are least frequently met (Lantelme, 2000; Rocha, 1999; Araújo, 2000; Miranda & Dias, 2004). Among the possible causes of this situation, the lack of TEPS solutions suitable to the technological and managerial characteristics of the works can be mentioned. Nevertheless, previous studies in Brazil and abroad (Hiliard, 1996; Rocha, 1999; Ostrow, 2001; Martins, 2004; Lan 2009, Garcia, 2010; Nascimento, 2011; HSE, 2012; Rodriguez, 2013) have identified good TEPS solutions. It should also be noted that studies about the TEPS usually provide information on resistance and construction of TEPS, do not take into account requirements associated with the efficiency and flexibility and do not investigate its assembly and disassembly processes.

In this context, this article presents a protocol for evaluating the performance of TEPS, which aims to contribute to the identification of promising solutions available in the market. The lack of methods to verify the compliance with TEPS requirements creates difficulties for all stakeholders, such as government enforcement agents, companies and workers, who have few data to compare different systems and evaluate their effectiveness. It should be noted that this study was conducted in the context of the research project "Technologies for Sustainable Construction Sites of Social Interest Housing (Cantechis)". This project has six subprojects, one

of them being "Improvement of collective protection systems on construction sites of the Minha Casa Minha Vida (MCMV) Program ", which is financially supported by FINEP, involving researchers from three Brazilian universities (UFRGS, UFBA and UFSCar).

2 RESEARCH METHOD

2.1 Study Design

To develop this study, we adopted the strategy of constructive research or Design Science, which aims to develop an artifact intended to solve practical problems and, at the same time, to contribute to theory (Lukka, 2003). In the case of this research, the "artifact" is the protocol for evaluation of TEPS. On the one hand, it helps to solve the practical problem of how to evaluate TEPS performance and compare different alternatives. On the other hand, it helps to outline the theoretical construct "TEPS requirements", by identifying what these requirements are, how they can be classified and how they relate to each other. This research was conducted in three stages. Initially, the protocol was developed by: (a) identifying the requirements; (b) analyzing and categorizing the requirements according to their nature; (c) establishing sources of evidence to assess each requirement; and (d) developing a scoring system that describes the degree to which they are met. The second stage comprised applying the protocol, which included: (a) choosing a specific TEPS to be assessed; (b) choosing construction projects that used the selected TEPS and (c) collecting and analyzing data resulting from the application of the protocol. In the third stage, the results of the evaluations were validated and discussed with representatives of contractors, designers and manufacturers in specific feedback meetings with every stakeholder and in a workshop that involved the joint participation of representatives of different stakeholders.

2.2 Identifying the requirements

The TEPS requirements were identified through: (a) a literature review of national standards and regulations such as NR-18 (MTE, 2013) and RTP 01 (FUNDACENTRO, 2003), international standards such as UNE EN 13374 (2004) and OSHA 1926.502 (2006), scientific papers, (b) descriptive memorials of patented TEPS; (c) technical reports of TEPS laboratory tests; interviews with nine engineers responsible for works that used TEPS, five security engineers, two collective protection designers, two fiscal inspectors, two representatives from companies that supply industrialized TEPS and nine workers responsible for installing TEPS. The interviews were recorded and transcribed, lasting on average an hour and being based on a script comprising fifteen questions that gave rise to others in the course of the interview. In the interview transcripts and consulted documents, we identified evidence of TEPS requirements which would fit in the requirement definition used in this study: conditions quantitatively expressing the attributes that a system must possess in order to meet user requirements (NBR 15575). An attribute is the quality of a product that a consumer or user requires. Under the concept of performance, the user's needs are the parameters that define construction attributes.

2.3 Classifying the requirements

After this analysis, 34 requirements were identified, which were grouped into three categories: (a) safety, 17 requirements; (b) efficiency, 11 requirements, and (c) flexibility, 6 requirements. The requirements in the Safety category originate mostly (88%) in standards and are associated with aspects of structural strength, durability and geometry. As occurs in the other two categories, the requirements associated with safety are related to one another. For example, the compliance with the requirement "to minimize the fall of people" relies on another requirement that establishes the TEPS size, as well as another that defines TEPS resistance to stress-strains. Thus, the fulfillment of certain requirements contributes to the fulfillment of

others. On the other hand, most (81%) of the requirements in the category “TEPS efficiency” originated in interviews, observations while in use and analysis of projects. Efficiency-related requirements include ergonomics, productivity, reuse and low cost during the life cycle. Similarly, the requirements associated with flexibility also originated mostly (94%) in interviews and in the analysis of TEPS available in the market. Flexibility includes mainly requirements of adaptability to different geometric configurations, construction techniques and stages of the work.

2.4 Levels of compliance

For each requirement, evaluation criteria were established. According to NBR 15575, criteria are connected to the quantitative specifications of a requirement. However, in this study, some criteria have a qualitative specification, so that it is possible to have multiple criteria associated with a requirement. In addition, we proposed a scoring system from zero to ten to differentiate the levels of requirement compliance. Although any score from zero to ten can be assigned, benchmarks were established to describe what characterizes some of the possible scores between zero and ten, whenever possible, based on criteria defined by standards. Where standards did not provide any input, the literature contributed to the description of the levels or researchers developed a proposal.

2.5 Sources of evidence

To facilitate the application of the protocol, sources of evidence were established to evaluate each requirement, such as: analysis of projects and technical reports of TEPS testing, observations while in use, interviews with engineers and workers. Establishing these sources was important because, due to their nature, some requirements can only be validated through certain sources of evidence. Thus, specific approaches in the literature were used to assess certain requirements. For example, the requirement to "reduce physical exertion in TEPS assembling, disassembling and transporting tasks", Kodak’s proposal was used (1986), which establishes a formula for calculating the percentage of maximum heart rate (PMHR), used for industrial workers performing activities in 8-hour shifts. The same author states that the PMHR should be at most 33%. Similarly, another efficiency requirement concerns the postures assumed by workers, which were evaluated using the WinOwas method (KIVI & MATILA, 1991). Table 1 shows an example of how the requirements were organized and parameterized to comply with the evaluation protocol.



Table 1 – Evaluation Protocol

Category: Safety	
Requirement: to minimize the risk of people falling	Origin: NR-18
Criteria: to meet minimum and maximum TEPS sizes.	
Levels of compliance:	
<ul style="list-style-type: none"> • Score 10: Fully meets the requirement. Minimum height of TEPS: 1.20 m. Maximum height of the intermediate putlog: 0.70 m. Maximum vertical distance between intermediate beams: 0.48 m. • Score 7: Partially meets the requirement with shortcomings that have a moderate impact on the TEPS performance. • Score 3: Partially meets the requirement with shortcomings that have a great impact on the TEPS performance. • Score 0: Does not meet the requirement. 	
Sources of evidence: Project Analysis/Technical Report. Observations while in use. Interview with engineers and workers. (Are the heights of the main and intermediate guardrails suitable? Has any fall accident or near accident involving TEPS happened?).	
Opportunities for improvement:	

2.6 Choosing an TEPS and characterizing the works visited

Work at heights involves significant risks of falls against which workers must be protected. In buildings with large decks, the TEPS are the most appropriate means of collective protection whose main function is to prevent falls. They also allow the mobility, dismissing the employee, to connect voluntarily the lifeline system (CATTLEDGE et al., 1996; KISNER AND FOSBROKE, 1994; RUSER, 1995; SURADA et al., 1995; TOSCANO, 1997). This study emphasizes wooden and metallic TEPS. The choice was based on the following reasons: (a) such systems are known to be the most common in the region where the study took place; (b) local businesses recently developed metal and wooden TEPS designs that are supposedly better than those that they had been using previously, and they had an interest in having them evaluated independently, which could be done through this study. Table 2 shows the characteristics of each system and its use within the building under construction.

Table 2 –Characterizing the systems evaluated.

Wooden (WO)	
<p>Characteristics: System consisting of wood with a protection screen. The components are united using nails. The frames are secured to the beam by an anchor bar, washer and wing nut.</p> <p>Use: Building systems with concrete pillars and beams, in the formwork, concreting and brickwork stages.</p>	
Metallic (ME)	
<p>Characteristics: System consisting of metal modules, at the dimensions of 1.50 x 1.30 m. The modules are held together by being fitted. The frames are fixed to the bricks through an anchor bar, already incorporated into the system.</p> <p>Use: Building systems with concrete pillars and beams and load-bearing masonry, in the formwork, concreting and brickwork stages.</p>	

Altogether, we analyzed four wooden TEPS (WO) and four metallic TEPS (ME). 17 visits were made to eight construction sites in the city of Porto Alegre and its metropolitan area. Data collection, at each visit, had an average duration of four hours involving observations, measurements and interviews and two to three investigators. Due to space constraints, this paper presents only the results of the evaluation of a metal and a wooden TEPS. In Table 3 are characterized the construction sites visited and activities evaluated for both TEPS that make this study.

Table 3 –Characterization of activities and construction sites visited

Site	Characteristics	TEPS	Activity evaluated	Visits
1	Building system: traditional	WO	Assembly/Use/Disassembly	3
	Observation scene: inside the building			
	Workers installing TEPS: Own labor force Project: Designer			
2	Building system: load-bearing masonry	ME	Assembly/Use/Disassembly	3
	Observation scene: Outdoors			
	Workers installing TEPS: Outsourced Project: Manufacturer			

3 RESULTS

3.1 Safety

Figure 1 shows an example of good practice relating to the requirement "to minimize the fall of people." This requirement was met by both TEPS evaluated, which received a score of 10 in this

regard (Fig. 2). Note that this requirement relies on requirements 4 and 5 (to resist stress-strains and to be rigidly fixed to the structure), which were also met.



Figure 1. Example of compliance with TEPS requirements Both figures show workers supported on the TEPS, a frequent situation of use during the concreting stage.. (a) -WO. (b) TEPS-ME.

Another situation concerns the requirements that were not met (grade 0), although their project provided for their compliance. For example, the requirement "to minimize the fall of materials and tools" received a score of 0 for both TEPS evaluated (Fig. 2). In the case of TEPS-WO, that was due to improper procedures that were identified during its use, such as interference from other collective protections as protective platforms, the presence of struts and slabs at the edge which often hamper the installation of the system, or component sizes incompatible with the fixing framework, as illustrated in Figure 3, where the spacers of the frame are larger than those specified in the design. These problems favored the presence of gaps between the baseboard and the work floor, allowing materials and tools to fall down. In the case of TEPS-ME, this requirement is not met due to the toe board component design, which accumulates materials and waste due to its gutter shape. This brings about difficulties when the gutter is moved from one floor to another, as this results in a heavy, time-consuming task and, for this reason, its use is rejected. Thus, the design of the gutter component for the toe board is in conflict with the purpose of the metallic system of being quick and easy to move, a characteristic especially necessary for the agility of the building system in load-bearing masonry. Regarding opportunities for improvement, three examples were selected to illustrate said conflicts between use and design, as shown in Figure 3.

REQUIREMENTS	SAFETY																
	EPS	1. EPS minimizes the risk of fall of materials	2. EPS minimizes the risk of fall of people	3. It must consist of rigid guardrails	4. Resists to stress strains as stipulated in Brazilian standards	5. Rigidly secured to the structure according to guidelines	6. Materials and parts must be resistant and durable.	7. There are no gaps between the toe board and the work surface	8. There is a screen between the upper beam, putlog and toe board	9. EPS allows you to install and remove it safely.	10. The upper beam is at 1.20 m from the flooring	11. The intermediate putlog is at 0.70 m (horizontal), or 0.48 m (vertical)	12. The toe board is at 0.20 m from the flooring.	13. EPS makes the accidental removal of any components harder while being used.	14. EPS is stable when it is windy.	15. Inclination mustn't deviate from vertical more than 15° outward or inward.	16. Beams and toe board continuous and flawless
WO Work 1	0	10	10	10	10	10	0	10	3	10	10	3	7	10	10	7	10
ME Work 2	0	10	10	10	7	10	0	10	10	10	7	0	10	10	10	10	10

Figure 2. Evaluation matrix: Safety.

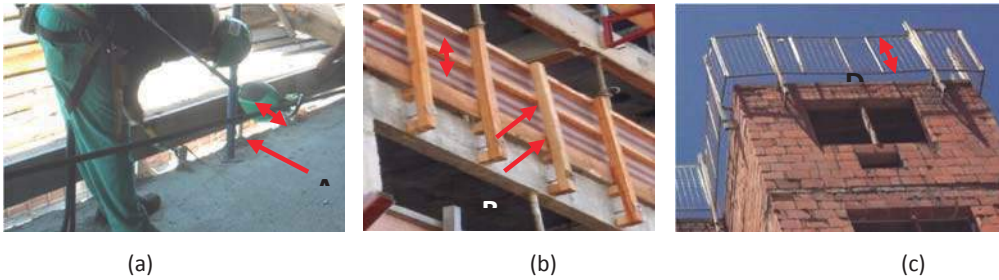


Figure 3. Opportunities for improving TEPS. (a) Left in TEPS-WO, the toe board is above the work floor due to the interference of the fastening hook of the protection platform framework; (b) In the middle, the spacers of the frame are larger than those specified in the design; (c) On the right in the metallic system, no containment gutters indicated by the manufacturer are seen.

Another situation is related to a requirement that is partially met. For example, TEPS-ME was given a score 7 for the requirement establishing that “TEPS must be rigidly fixed according to the specifications of the manufacturer or designer” (Fig. 2). This happened because the condition suggested by the manufacturer was not observed, which indicates that the course of blocks to which struts are secured can be reinforced with concrete or alike. Thus, even if the suggested effort was not made, TEPS-ME was found to show good performance regarding impacts exerted on the work, working adequately without putting workers’ lives at risk (Fig. 4).



Figure 4. Partial compliance with moderate impact on TEPS performance.

Lastly, there are requirements that were partially met, with deficiencies that generate a high impact on TEPS performance. For example, TEPS-WO was given a score 3 for the requirement “installation and removal must be performed safely” (see Table 4). In this case, the lack of safety was clear, because when the frame was installed and removed, workers had their body partially positioned out of the edge. Another factor that worsens the risk of fall arises from the worker’s attitude of clinging to the struts so as not to lose balance, as seen in Figure 5.



Figure 5. Partial compliance with a high impact on TEPS performance.

3.2 Efficiency

In this item, the requirement to “reduce physical exertion in TEPS assembly and disassembly activities” is highlighted. Thus, TEPS-WO was given a score 0 for this requirement, since the

PMHR(percentage of maximum heart rate) calculation was 34% (above the maximum) compared with TEPS-ME, which obtained an 18% PMHR as shown in Figure 6. These data correspond to the evaluation of two workers for 30 minutes. Similarly, to analyze the postural load for TEPS-WO, the posture of standing on both knees bent occurred in 75% of observations, falling, thus, in the high risk category according to the OWAS method (Fig. 7). This posture contributes to the bent back posture that is in risk category 2 (medium risk) in 75% of observations. The unfavorable back and knee postures are due to fixing every single part with nails.

REQUIREMENTS	EFFICIENCY										
	1. Connections between components are easy and quick (no need to use nails and can be fitted)	2. EPS poses no difficulties for loading/unloading of materials through the storey edge	3. Components can be reused in the same work and in future works	4. Maintenance is simple, and tasks don't require skilled labor	5. EPS enables good productivity in assembly, disassembly and transportation tasks.	6. It must reduce physical exertion in assembly, disassembly and transportation operations	7. EPS doesn't interfere (or its design provides solutions to deal with interferences) with other collective protections	8. EPS has a low cost throughout its life cycle (purchase, installation, maintenance, disposal).	9. EPS has decreased the no. of components by 3 - 4 units	10. Minimize weight per linear meter	11. Minimize amount of losses from installation and removal of EPS
EPS											
WO Work 1	0	10	0	10	7	0	0	0	0	3	0
ME Work 2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	10

Figure 6. Evaluation matrix: Efficiency

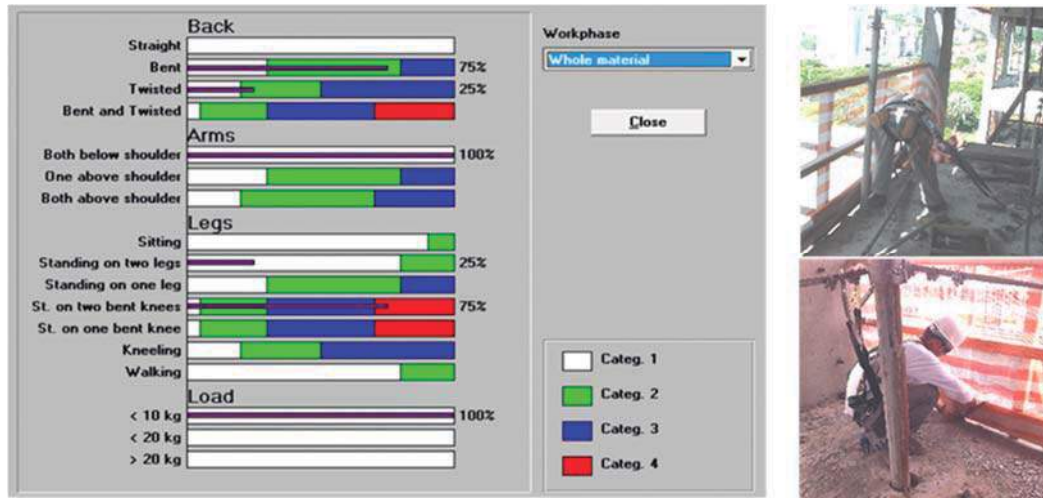


Figure 7. Postures analyzed with WinOWAS. (TEPS-WO assembly).

For TEPS- ME, the most critical position was found to be that which involves keeping an arm above the shoulder, which occurred in 56% of observations. This posture is in risk category 2 according to the OWAS method and lasted, on average, 3 seconds (Figure 6). In this sense it is noteworthy that equipment for work at height should be simple in nature because a complicated process affects the effectiveness and efficiency of the installation and removal of TEPS (CHEUNG, 2012). Therefore, the locking systems safe and fast should be designed and conceived from the beginning as well as its quick release system is also essential.

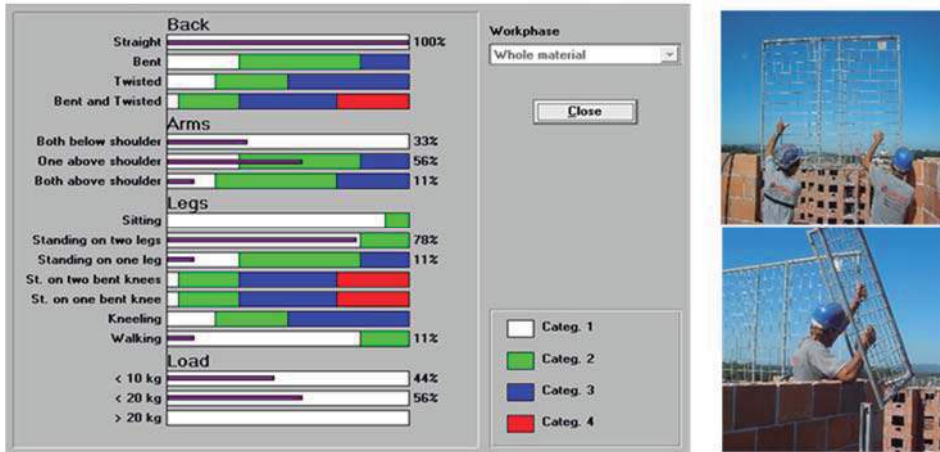


Figure 8. Postures analyzed with WinOWAS. (TEPS-ME assembly).

3.3 Flexibility

TEPS-ME was found to have a better behavior related to aspects of flexibility, adapting and adjusting to all phases of the work and to different geometric configurations. This is because the project is designed to meet the specific format of each building, serving each particularity and providing solutions to situations that generate interference. Another important aspect of this category are manipulable metal frames whose length can be adjusted and struts with adjustable height, which allows them to better adapt to different building systems. In TEPS-WO, the only noteworthy aspect of its flexibility is the adaption to different geometric configurations, allowing you to shape and adjust the system to specific or unexpected situations arising from the construction site. However, some suggestions were made from the point of view of the design of work equipment in height, which should consider adjustable levels to increase applications within the construction site and the dimensions must be flexible for different types of building systems (Bobick et. al., 2010).

REQUIREMENTS	FLEXIBILITY					
	EPS 1. EPS is easy to handle. Its shape and size don't make its handling and transportation difficult 2. It allows initial courses of bricks to be laid without having to remove it 3. It can be used during formwork, concreting and brickwork steps. 4. It provides solutions for adjustment to different geometric configurations. 5. EPS is adaptable to different building technologies 6. It has special modules that may occasionally serve as gates					
WO Work 1	7	0	3	10	0	0
ME Work 2	10	10	10	10	7	10

Figure 9. Evaluation matrix: Flexibility

4 CONCLUSIONS

This study presented a protocol to assess the compliance with TEPS performance requirements. Among the main advantages of TEPS-WO, we can highlight: (a) low cost in comparison with

TEPS-ME; (b) easy handling in terms of the material used, as it consists of smooth wood easy to work on; (c) adaption to different geometrical configurations in terms of system flexibility. Conversely, the main disadvantages of TEPS-WO are: (a) amount and variety of loose components (10 units) compared with TEPS-ME; (b) when components are fixed, the parts are nailed manually, without following specific criteria (number and spacing of nails), which causes the rigidity of connections to be lost over time, favoring the accidental removal of components; (c) low reuse; (d) high cost throughout its life cycle; (e) large amount of losses and resulting waste compared with TEPS-ME; (f) interferences and incompatibilities with guardrails, equipment and fixing structure, because its design is restricted to specific scenarios (edge, slopes, shape) and not to the building as a whole; (g) it does not adapt to different building technologies. The main advantages of TEPS-ME are: (a) more resistant and durable materials than TEPS-WO; (b) low number of components (4 components); (c) hard and safe connections between components by means of sockets and locks incorporated into the system; (d) high reuse; (e) low cost throughout its life cycle; (f) no amount of losses and waste; (g) easy to handle as it is a compact system with incorporated mechanisms; (h) it can be used in all stages of the work; (i) adapts to different geometrical configurations as it is previously adjusted in the design. The main disadvantage of TEPS-ME concerns the toe board component design, since it is designed with the shape of a gutter. This component is rejected by workers because it accumulates materials and is too heavy to move, which favors the fall of materials and tools. Within the limitations of this study, it is considered that the protocol has been applied just a few times, so we intend to keep expanding the study in order to validate the method by using better defined levels. So far, a workgroup was created in the meetings with representatives from companies, and the results of evaluations have been discussed. This paper also gives suggestions for future studies, such as: (a) updating the protocol according to new requirements, bearing in mind that the process evolves over time; (b) identifying and testing improvement opportunities and possible solutions, which would allow stakeholders to be encouraged to develop innovations.

REFERENCES

Araújo, N. 2000. Aplicação da NR-18 na Paraíba sob a ótica dos operários, empresários, especialistas e da fiscalização. In XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção.

Associação brasileira de normas técnicas - ABNT. 2013. NBR 15575-1: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais : 6-9. Rio de Janeiro:ABNT.

Bonick, T.G; McKenzie Jr. E.A; Tsui-Ying, K. 2010. Evaluation of guardrail systems for preventing falls through roof and floor holes. In *Journal of Safety Research* 41: 203–211.

Brasil - Ministério do Trabalho e Emprego. 2010. Guia de análise: acidentes de trabalho. 2010.: www.mte.gov.br/seg_sau/guia_analise_acidente.pdf Accessed on: Jan/18/2014.

Cattledge, G., Hendricks, S., Stanevich, R. 1996. Fatal occupational falls in the U.S. construction industry. In *Accident Analysis and Prevention* 28 (5): 647–654.

Cheung, E. 2012. Rapid demountable platform (RDP) - A device for preventing fall from height accidents. In *Journal of Accident Analysis and Prevention* 48 : 235– 245.

Garcia, M. D. L. N. G. 2010. Consideraciones respecto a los sistemas provisionales de protección de borde. p. 27. Madrid: Universidad politécnica de Madrid.

Health and Safety Executive - HSE. 2012. Selecting equipment for work at height. <http://www.hse.gov.uk/falls/campaign/selectingequipment.pdf> . Accessed on: May 2 2014.

Hillard, J. H. 1996. Support for Temporary Guard Railing - United States Patent. <http://www.google.com/patents/US5560588> Accessed on: May 6 2014.

Kisner, S.; Fosbroke, D. 1994. Industry hazards in the construction industry. In *Journal of Occupational Medicine* 36 (2): 137–143.

Kivi, P.; Matilla, M. 1991. Analysis and improvement of work postures in the building industry: application on the the computerised OWAS method.

Kodak, E. 1986. *Ergonomic Design for People at Work*, vol. 2. John Wiley & Sons.

Lan, A.; Daigle, R. 2009. Development and validation of a method for evaluating temporary wooden guardrails built and installed on construction sites. In *Safety Science*, 47.

Lantelme, E; Formoso, C. T. 2000. Contribuições Para Aperfeiçoamento da NR-18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Study Report. 140 p. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul..

Lukka, K. 2003. The constructive research approach. In Ojala, L. & Hilmola, O-P. (eds.) *Case study research in logistics*. B1: 2003: 83-101. Turku :Turku School of Economics and Business Administration

Martins, M. S. 2004. Diretrizes para elaboração de medidas de prevenção contra quedas de altura em edificações. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.

Miranda, C. R.; Dias, C. R. 2004. PPRA/PCMSO: auditoria, inspeção do trabalho e controle social. In *Cadernos de Saúde Pública* v. 20, n. 1: 220-238. Rio de Janeiro.

Nascimento, L.; Carvalho, R. F.; Silva, R.; Oliveira, V.; Camara, G.; Ferreira, E.; Sampaio, J. 2007. Desenvolvimento de Sistema de Proteção Coletiva contra quedas para Indústria da Construção Civil. In *Segurança e Trabalho Online* <http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/quedas-licia.pdf> Accessed on: May 2, 2014.

Ostrow, P. 2001. Temporary Guard Railing - United States Patent. <http://www.google.com/patents/US6220577> . Accessed on: May 6 2014.

Rocha, C. A. G. C. 1999. Diagnostico do cumprimento da NR 18 no subsetor edificações da construção civil e sugestões para melhorias. 158p. Master's Dissertation, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Rodriguez, C. F. G. C. 2013. Diagnóstico de sistemas de proteção coletiva em canteiros de obras na região de São Carlos. 214p. Master's Dissertation . São Carlos : Universidade Federal de São Carlos.

Ruser, J.W. 1995. A Relative Risk Analysis of Workplace Fatalities. In *Fatal Workplace Injuries in 1993: A collection of Data and Analysis*. Report 891. Washington: US Department of Labor, BLS.

Surada, A., Fosbroke, D., Braddee, R. 1995. Fatal work-related falls from roofs. In *Journal of Safety Research* 26 (1).

Toscano, G., 1997. Dangerous Jobs, Fatal Workplace Injuries in 1995: A Collection of Data and Analysis. Report 913: 38–41US Washington: US Department of Labor, BLS.

Análise de Desempenho Acústico de Escritórios em Canteiros de Obra

Fábio Rafael Mian

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET), Departamento de Engenharia Civil (DECiv), São Carlos, SP, Brasil

fabinhomian@gmail.com

Léa Cristina Lucas de Souza

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET), Departamento de Engenharia Civil (DECiv), São Carlos, SP, Brasil

leacrist@ufscar.br

Sheyla Mara Baptista Serra

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET), Departamento de Engenharia Civil (DECiv), São Carlos, SP, Brasil

sheylabs@ufscar.br

ABSTRACT: This paper evaluates the acoustical airborne insulation in ten office facilities of construction sites. For this purpose, the average sound pressure level of the exterior and interior environment have been determined under conditions of both open and closed window frames. The interior sound pressure level was corrected by the reverberation time conditions. This procedure allowed the estimation of the difference of the average sound pressure level between the emission and the receptor environment, as well as the determination of sound insulation of each studied case. A spreadsheet for the verification of the sound insulation conditions of the offices was proposed, taking into account the NBR15.575 as a reference for analysis. Finally, the analysis demonstrated that the acoustical performance criteria should be considered in the conception process of the office facilities on construction sites, in order to achieve the appropriate acoustical conditions for working comfort and productivity.

Keywords: construction site, acoustic comfort, noise, labor health, environmental comfort

RESUMO: Neste artigo são avaliadas as condições de isolamento sonoro de ruído aéreo em instalações de dez escritórios de canteiros de obras. Para isso, determinou-se o nível médio de pressão sonora externo e interno sob condições de esquadrias abertas e fechadas. Os valores do nível de pressão sonora interno foram corrigidos pelas condições de tempo de reverberação dos escritórios. Com isso foi possível estimar a diferença de nível médio de pressão sonora entre os ambientes de emissão e recepção e determinar o isolamento sonoro proporcionado por cada caso de estudo. Foi proposta uma planilha de verificação das condições de isolamento acústico, tendo como referência os parâmetros da NBR-15.575. Por fim, a análise demonstra que o critério de desempenho acústico deve ser utilizado para conceber a edificação que servirá para os escritórios em canteiro de obra, com a finalidade de proporcionar condições adequadas de trabalho e produtividade aos operários.

Palavras-chave: canteiro de obras, conforto acústico, ruídos, saúde ocupacional, conforto ambiental

1 INTRODUÇÃO

Dentre as diversas etapas de produção de obras, o canteiro de obras é a fase inicial composta por suas instalações provisórias, construídas com materiais leves. As atividades realizadas nesta fase envolvem a utilização de máquinas pesadas e equipamentos mecânicos, que caracterizam-

no como um ambiente emissor de ruídos. No entanto, apesar dessa característica inerente aos canteiros de obras, não existem regulamentações específicas sobre o ruído para as instalações e atividades que estão envolvidas nessa fase da construção (Ballesteros et al. 2010).

O ruído coloca em risco à saúde do trabalhador e, segundo Fernández et al. (2009), é um dos contaminantes mais encontrados na construção civil, causando efeitos negativos para o sistema auditivo. Além disso, a exposição prolongada aos ruídos intensos pode gerar problemas cognitivos, transtornos psicológicos e problemas cardiovasculares (Szalma & Hancock 2011; Banerjee et al. 2014). Por essa razão, a aplicação de instrumentos que promovam a melhoria das condições acústicas em canteiros de obra merece especial atenção dos diversos agentes envolvidos na construção civil.

Diante da importância da questão e da falta de instrumentos específicos para o seu combate efetivo, uma forma simplificada e prática de se ter rápida aproximação com o problema é realizar em campo um diagnóstico do desempenho acústico encontrado nas instalações dos canteiros de obras. Nesse contexto, a regulamentação da NBR-15.575 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2013) torna-se uma ferramenta de apoio, mesmo que não concebida para fins de instalações provisórias. Essa norma pode fornecer alguns subsídios para que sejam verificados diversos níveis de desempenho do edifício e seus sistemas, incluindo entre eles o desempenho acústico. Direcionada a edificações habitacionais, essa norma aponta alguns critérios mínimos a serem adotados nas construções e que, guardadas as limitações e objetivos da norma, podem ser estendidos como referência mínima para avaliação de diversas etapas de produção da construção.

As instalações provisórias com materiais leves são elementos suscetíveis à transmissão de ruídos, quando não tratados para promover o isolamento acústico. O isolamento é uma característica do material que promove a perda de energia sonora por transmissão e que mantém relação direta com a massa construtiva. Assim, a utilização da NBR-15.575 como referência mínima para esse tipo de instalação pode trazer ganhos para o desempenho acústico dos canteiros de obras e conseqüente melhoria da qualidade de vida do trabalhador. Na prática, os níveis de desempenho mínimo apontados pela norma para o isolamento acústico de edificações pode servir de base para análise das condições encontradas em canteiros existentes.

Com esse enfoque, a pesquisa apresentada nesse artigo procura estudar as condições de isolamento sonoro promovidas em escritórios de canteiros de obras, em função das tipologias de seus materiais de construção. Para isso apresenta os levantamentos acústicos realizados para diversas tipologias de materiais aplicados nesse tipo de instalação em algumas cidades do estado de São Paulo, Brasil. Demonstra ainda a possibilidade de criação de instrumentos de verificação do desempenho acústico em canteiros de obras.

2 MATERIAS E MÉTODOS

2.1 Casos de Estudo e Tipologias estudadas

Foram analisados os ambientes acústicos de dez escritórios de canteiros de obras com as características físicas e materiais tipológicos discriminados conforme a Tabela 1.

Na Figura 1 pode ser verificada a situação de algumas das instalações provisórias pesquisadas. Destaca-se, que as instalações da obra 1 e da obra 8 são semelhantes entre si e, por isso, sendo registrado aqui apenas a obra 8.

Tabela 1. Características físicas e materiais dos casos de estudo.

Obra	Material da Vedação	Material da Janela ou abertura	Área do piso	Dimensões da abertura	Volume do ambiente
			m ²	m	m ³
1	Madeirit	Madeirit	6,93	0,81x2,10	20,79
2	Madeirit	Madeirit	22,65	2,00x1,00	71,34
3	Container metálico	Porta metálica	11,66	2,30x1,20	26,83
4	Madeirit	Madeirit	7,32	2,10x1,11	22,33
5	Madeira OSB	Vidro	19,03	1,15x0,59	45,68
6	Container metálico	Vidro	24,63	2,15x1,00	59,11
7	Isolante acústico	Vidro	13,75	1,23x1,10	32,99
8	Madeirit	Madeirit	7,18	0,81x2,10	18,82
9	Container metálico	Porta metálica	8,04	1,05x1,80	18,89
10	Madeira OSB com estrutura metálica	Vidro	34,56	1,00x1,00	81,22



Figura 1. Vista geral das instalações provisórias para escritórios nos canteiros de obra pesquisados.

2.2 Método e Parâmetros

Não havendo uma norma brasileira específica que trate da questão do ruído em canteiros de obra, procurou-se determinar o isolamento acústico promovido pelos casos de estudo, tomando-se como base de referência a NBR-15.575 – parte 4 (ABNT, 2013). Nessa norma, a verificação do desempenho de edificações habitacionais deve considerar as seguintes classes de ruído determinada pela localização do edifício:

I – instalações que se localizam distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza,

II – instalações localizadas em áreas sujeitas a ruídos não enquadráveis nas classes I e III,

III – instalações sujeitas a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação, que servem como subsídio na definição dos requisitos acústicos dos edifícios, previstos pela mesma norma de desempenho.

Dentre os métodos sugeridos pela norma para a determinação do desempenho, o método de engenharia (ou de campo) possibilita a determinação do isolamento de ruído aéreo em campo. Isto é, permite determinar a diferença padronizada de nível ponderada ($D_{nT,w}$), que é um número único de isolamento de ruído aéreo, derivado dos valores encontrados para as diversas bandas de frequências sonoras. Nesse método, a determinação da classe de ruído das instalações é dada pelo valor da diferença padronizada de nível ponderada medida a 2m de distância ($D_{2m,nT,w}$) da vedação externa do edifício (no caso da norma, do dormitório), medida com portas e janelas fechadas. Assim, as classes de ruído correspondem às diferenças apontadas na Tabela 2. Portanto, o mínimo de isolamento admitido é de 20dB, para ambientes distantes de ruídos intensos.

Tabela 2. Correspondência entre classes de ruído e diferença padronizada de nível ponderada a 2m.(ABNT, 2013)

Classes	$D_{2m,nT,w}$ dB
I	≥ 20
II	≥ 25
III	≥ 30

Para determinação do isolamento acústico pelo método de engenharia, considerou-se que em campo não é possível isolar o efeito da parede avaliada e, por isso, o nível registrado no ambiente de recepção resultou do som transmitido pela composição da parede, piso e teto. Além disso, no ambiente interno, as reflexões sonoras sobre as superfícies provocam um tempo de reverberação na sala que influi sobre o nível registrado. Para isolar esse efeito, foi ainda medido o tempo de reverberação (TR) e considerado o tempo ótimo de reverberação (TR_o) igual a 0,6s para todos os casos de estudo.

Determinou-se o nível médio de pressão sonora externo e o nível médio de pressão sonora interno, corrigindo-se as condições de reverberação do ambiente interno (TR/TR_o). Assim, foi possível estimar a diferença de nível médio de pressão sonora entre os ambientes de emissão e recepção, aplicando-se a equação 1.

$$D_{nT} = L1 - L2 + 10 \times \log \left(\frac{TR}{TR_o} \right) \quad (1)$$

onde TR= tempo de reverberação; TR_o = tempo ótimo de reverberação; L1= nível médio de pressão sonora externo; L2= nível médio de pressão sonora interno; D_{nT} = diferença de nível médio de pressão sonora.

Adotou-se como parâmetro de conforto acústico, o nível de ruído admitido pela NBR-10.152 (ABNT, 1987) para salas de administração e projetos, que equivale a 45 dB(A).

Nas coletas de dados de níveis de pressão sonora, as medições foram realizadas em altura de 1,5 m e distante de paredes e superfícies, aplicando-se o medidor de nível de pressão sonora (sonômetro) *Hand-Held Analyser 2270* da marca *Brüel & Kjær*, precisão 1, com microfone protegido contra o vento. Foi utilizado um cabo “Y” para medições simultâneas interna e externa e selecionada opção de canal duplo no medidor. O equipamento foi calibrado a cada medição. O tempo de reverberação interno foi medido a partir da geração de fonte de ruído por estouro de balão.

As medições foram realizadas sob situação de esquadrias abertas e esquadrias fechadas, para que fosse possível verificar as condições apresentadas pelas situações normais de utilização.

2.3 Verificação do desempenho acústico

Adaptando-se e simplificando-se o método de avaliação acústica para fins de avaliação imobiliária proposto por Righi (2013), aplicou-se uma planilha de verificação como ferramenta de análise do desempenho acústico em canteiros de obra. A ferramenta contém quatro partes:

a) Classe de ruído: identificação da classe de ruído devido à localização do empreendimento; b) Caracterização dos elementos construtivos da fachada: descrição dos materiais de composição das 4 paredes, sistemas de piso e cobertura; c) Medidas Acústicas: entrada de dados acústicos e cálculo do isolamento identificado pela composição; d) Atendimento à norma: Verificação de atendimento à norma quanto aos limites mínimos e o nível de desempenho obtido. Nela foram programados campos de preenchimento manual e automático. Os campos manuais referem-se à caracterização física do escritório do canteiro de obras em si, juntamente com os dados registrados nos levantamentos acústicos. O campo automático é o verificador do atendimento aos limites da NBR-15.575. O produto resultante dessa ferramenta é a ficha de caracterização demonstrada na Figura 2.

VERIFICAÇÃO DA NORMA NBR 15.575		
1. CLASSE DE RUÍDO		
	OBRA Nº	
	Localização do Empreendimento	
Classe I	Distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza	
Classe II	Áreas sujeitas a ruídos não enquadráveis nas Classes I ou III	
Classe III	Sujeita a ruído intenso de meios de transporte e outras natureza	
2. CARACTERIZAÇÃO		
	Descrição do Material	Área (m²)
Parede da fachada		
Janelas		
Portas		
Parede esquerda à fachada		
Janelas		
Portas		
Parede em frente à fachada		
Janelas		
Portas		
Parede à frente da fachada		
Janelas		
Portas		
Piso		
Cobertura		
Cobertura		
3. MEDIDAS ACÚSTICAS		
	Classe de ruído	II
	Tempo de Reverberação medido - Tr (s)	0,5
	Tempo de Reverberação Ótimo - Tro (s)	2
	Nível sonoro externo - L1 (dB)	50
	Nível sonoro interno - L2(dB)	10
	Isolamento Acústico do Ambiente - Rw (dB)	33,98
4. VERIFICAÇÃO DA NORMA NBR 15.575		
	Atendimento à norma	ATENDE
	Nível de Desempenho	INTERMEDIÁRIO

Figura 2. Ferramenta para verificação do atendimento ao nível de desempenho acústico de canteiros de obra, com base nos limites referenciais da NBR-15.575.

3 RESULTADOS

Os resultados relativos aos níveis de pressão sonora, internos e externos, durante as medições realizadas com a situação de esquadrias abertas, são apresentados na Figura 3, enquanto aqueles encontrados com a situação de esquadrias fechadas podem ser observados na Figura 4.

Observou-se que em condição de esquadrias abertas, 50% das obras analisadas encontravam-se acima do limite de conforto acústico de 45dB sugerido pela NBR-10.152. Para condições de esquadrias fechadas, 40% das obras não atendem ao limite.

De uma forma geral, os níveis de pressão sonora encontrados no ambiente externo da obra 5 tenderam a permanecer acima de 60 dB(A) em todos os momentos de análise. Os níveis das obras 9 e 10 também alcançaram a faixa acima de 60 dB(A) nas medições de esquadrias abertas, mas essa característica não se manteve constante, uma vez que, no período em que foram realizadas as análises para as janelas fechadas, isso não se repetiu. O entorno das obras 6, 7, 8, 9 e 10 são caracterizados por níveis sonoros acima de 50dB(A), estando os demais canteiros de obras implantados em locais que apresentam níveis sonoros acima de 40dB(A). Essa primeira

análise aponta que pelo entorno dos escritórios analisados, a obra 5 requer isolamentos sonoros de maior magnitude para o conforto acústico do usuário.

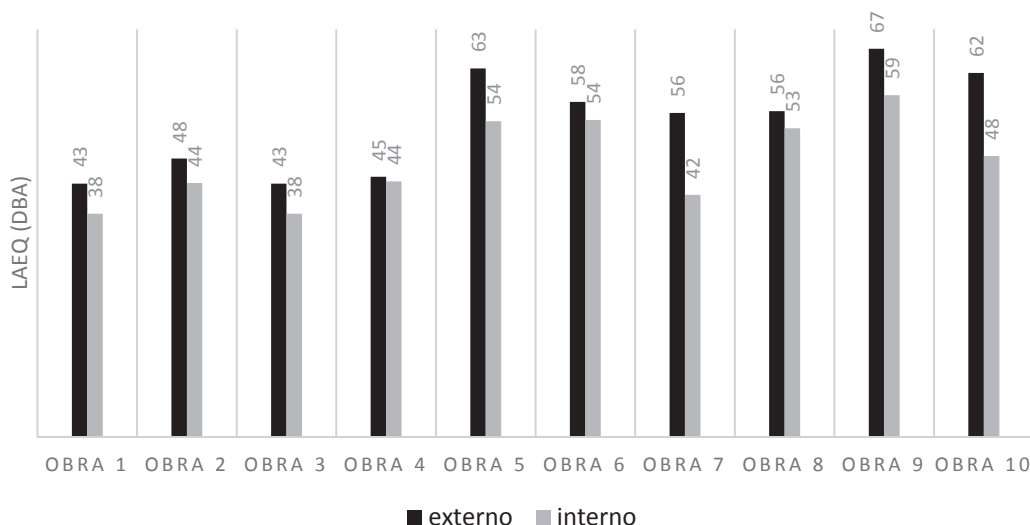


Figura 3. Níveis de pressão sonora nos ambientes externos e internos para a condição de esquadrias abertas.

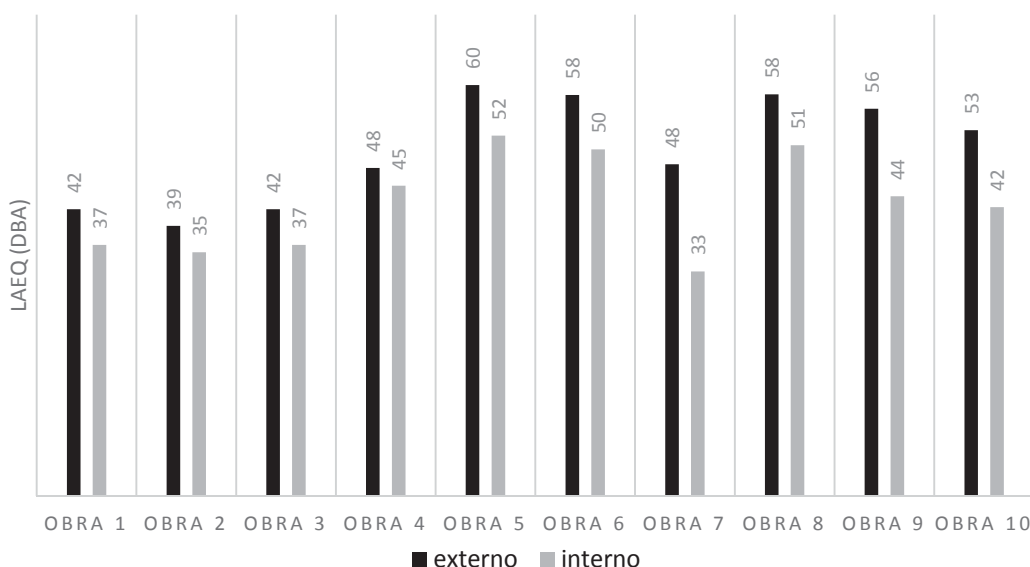


Figura 4. Níveis de pressão sonora nos ambientes externos e internos para a condição de esquadrias fechadas.

As maiores diferenças entre os ruídos externos e internos foram encontradas no escritório implantado na obra 7. Pelas características tipológicas dos materiais construtivos, observa-se que é também a obra 7 que apresenta material isolante acústico em sua composição.

Para que o isolamento acústico promovido por cada uma das tipologias analisadas pudesse ser calculado sem a influência das reflexões sonoras internas, foi verificado o tempo de reverberação ocorrido no interior daqueles ambientes (Fig. 5).

Observou-se que os maiores TR encontrados relacionaram-se com a obra 2, que possui o ambiente de maior volume (m^3) e cujo material tipológico é o madeirit. Como pode ser esperado, existe uma tendência de maiores TR com esquadrias fechadas, decorrentes da reflexão sonora que ocorre nas superfícies dessas janelas. Quando elas estão abertas, os raios incidentes nos seus vãos tendem a não voltar para o ambiente interno e, por isso, o TR dos ambientes com janelas fechadas torna-se um pouco mais elevado.

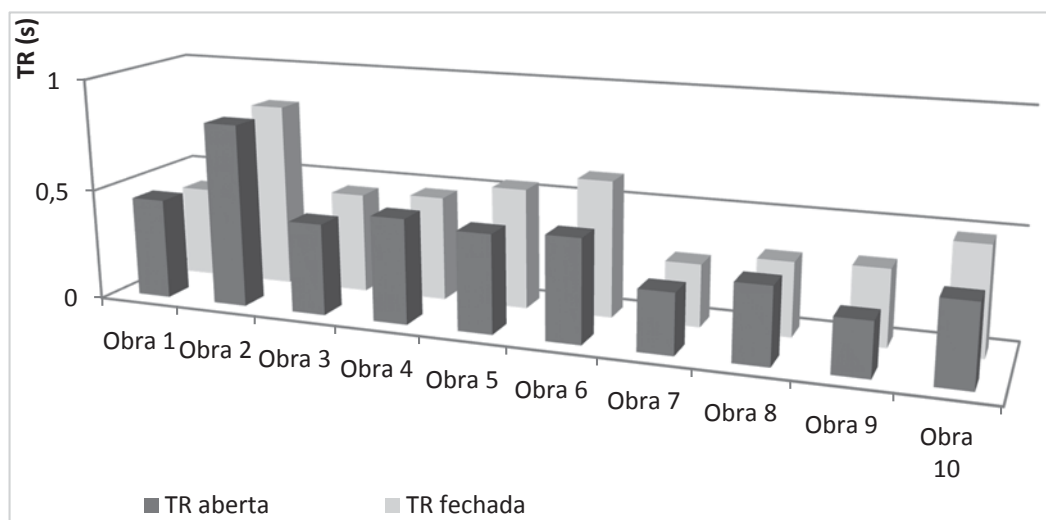


Figura 5. Tempos de reverberação internos aos escritórios dos canteiros de obra em situações de esquadrias abertas e fechadas.

Dentre as maiores diferenças encontradas entre os TR com janelas abertas e fechadas, a obra 6 é a que apresentou as maiores diferenças entre as duas situações. Este é um escritório cujas instalações correspondem a um container metálico.

Após cálculo das influências decorrentes do TR, os valores de isolamento resultantes são apresentados na Figura 6.

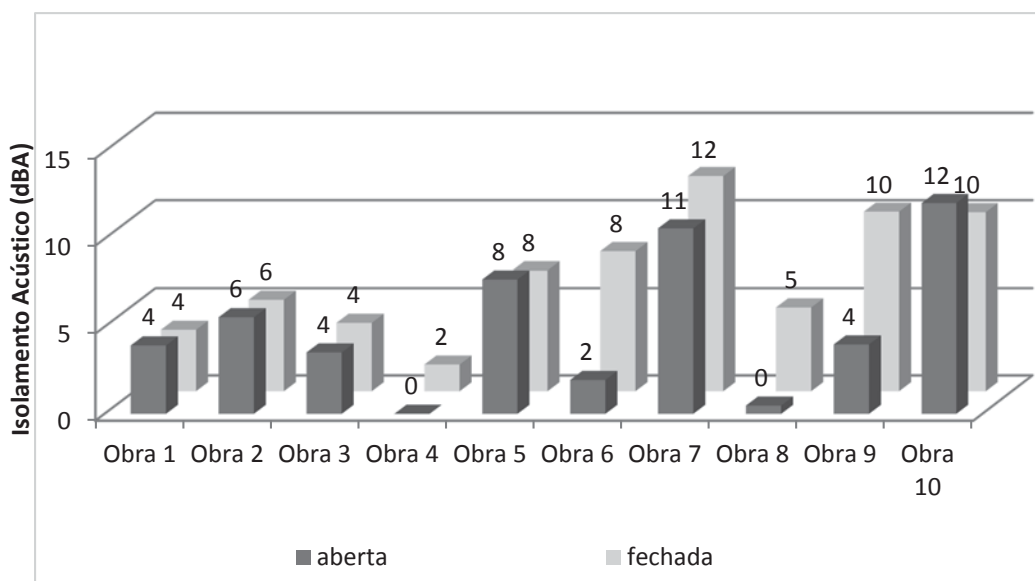


Figura 6. Isolamentos acústicos verificados nos escritórios dos canteiros de obra em situações de esquadrias abertas e fechadas.

Os resultados da Figura 6 apontam que as obras 7 e 10 apresentaram-se com o maior isolamento acústico. A composição do material da obra 7 corresponde a chapas metálicas com tratamento acústico e a composição da obra 10 corresponde à estrutura metálica com painéis de madeira (OSB). Ambos são composições de materiais, com montagem em painéis modulares, estanques, que acabam auxiliando no amortecimento da onda sonora externa e conseqüente isolamento sonoro de ruído aéreo entre os ambientes.

O menor isolamento encontrado refere-se à obra 4, que mesmo com esquadrias fechadas alcançou isolamento de apenas 2 dB(A). Esse é um escritório cuja tipologia de material é o madeirite com vedações do mesmo material.

No entanto, não é só o material um dos responsáveis pelo desempenho acústico desses ambientes. Outro elemento que interferiu foi a proporção da área dos vãos das janelas em relação ao volume do escritório, como pode ser verificado na Figura 7.

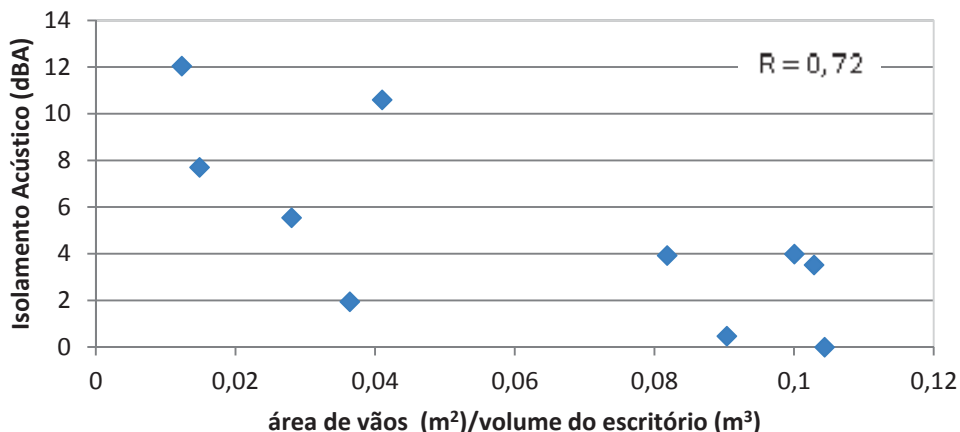


Figura 7. Influência da proporção entre área de vãos das janelas e o isolamento acústico dos escritórios.

Nesse caso, observou-se um coeficiente de correlação (R) de 0,72. Essa análise de correlação indicou que a razão entre a área dos vãos das janelas e o volume do escritório, quando a janela encontra-se aberta, influi sobre o isolamento de forma que, quanto maior essa razão, menor o isolamento acústico alcançado.

VERIFICAÇÃO DA NORMA NBR 15.575			VERIFICAÇÃO DA NORMA NBR 15.575		
OBRA 4			OBRA 7		
1. CLASSE DE RUÍDO			1. CLASSE DE RUÍDO		
Localização do Empreendimento			Localização do Empreendimento		
Classe I	Distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza		Classe I	Distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza	
Classe II	Áreas sujeitas a ruídos não enquadráveis nas Classes I ou III		Classe II	Áreas sujeitas a ruídos não enquadráveis nas Classes I ou III	
Classe III	Sujeita a ruído intenso de meios de transporte e outras natureza		Classe III	Sujeita a ruído intenso de meios de transporte e outras natureza	
2. CARACTERIZAÇÃO			2. CARACTERIZAÇÃO		
Descrição do Material			Descrição do Material		
Área (m²)			Área (m²)		
Parede da fachada	madeirite	-	Parede da fachada	sanduíche acústico (metálica + lâ de rocha)	-
Janelas	1x madeirite	2,33	Janelas	1x alumínio + vidro	1,35
Portas	-	-	Portas	-	-
Parede esquerda à fachada	madeirite	-	Parede esquerda à fachada	sanduíche acústico (metálica + lâ de rocha)	-
Janelas	-	-	Janelas	-	-
Portas	-	-	Portas	1x sanduíche acústico (metálica + lâ de rocha)	1,89
Parede em frente à fachada	madeirite	-	Parede em frente à fachada	sanduíche acústico (metálica + lâ de rocha)	-
Janelas	1x madeirite	1,32	Janelas	1x alumínio + vidro	1,35
Portas	1x madeirite	1,8	Portas	-	-
Parede à direita da fachada	madeirite	-	Parede à direita da fachada	sanduíche acústico (metálica + lâ de rocha)	-
Janelas	-	-	Janelas	-	-
Portas	-	-	Portas	-	-
Piso	-	7,32	Piso	-	10,85
Cobertura	-	7,32	Cobertura	-	10,85
3. MEDIDAS ACÚSTICAS			3. MEDIDAS ACÚSTICAS		
Classe de ruído			Classe de ruído		
I			I		
Tempo de Reverberação medido - Tr (s)			Tempo de Reverberação medido - Tr (s)		
0,44			0,285		
Tempo de Reverberação Ótimo - Tro (s)			Tempo de Reverberação Ótimo - Tro (s)		
0,5			0,5		
Nível sonoro externo - L1 (dB)			Nível sonoro externo - L1 (dB)		
47,71			48,25		
Nível sonoro interno - L2 (dB)			Nível sonoro interno - L2 (dB)		
45,12			32,65		
Isolamento Acústico do Ambiente - Rw (dB)			Isolamento Acústico do Ambiente - Rw (dB)		
2,0			13,2		
4. VERIFICAÇÃO DA NORMA NBR 15.575			4. VERIFICAÇÃO DA NORMA NBR 15.575		
Atendimento à norma			Atendimento à norma		
NÃO ATENDE			NÃO ATENDE		
Nível de Desempenho			Nível de Desempenho		
NÃO ATENDE			NÃO ATENDE		

Figura 8. Planilhas de verificação do desempenho acústico quando a NBR-15.575 é excepcionalmente aplicada aos canteiros de obra estudados.

Em relação ao atendimento dos limites adotados como referência com base na NBR-15.575, foi realizada uma demonstração dos resultados atingidos pelos casos mais extremos entre si, que são aqueles representados pela obra 7 (maior isolamento) e pela obra 4 (menor isolamento). A

aplicação da planilha de verificação é demonstrada na Figura 8 para a situação de esquadrias fechadas.

Conforme pode ser observado, pela análise dos casos de maior isolamento e de menor isolamento sonoro, nenhum dos casos de estudo conseguiu atender aos níveis de desempenho mínimo indicados por norma.

4 CONCLUSÕES

Procurou-se evidenciar as condições acústicas encontradas em escritórios de canteiro de obras, utilizando-se uma ferramenta que auxiliou na comparação entre limites de conforto acústico e condições reais existentes nas obras estudadas. Os escritórios que ofereceram melhor desempenho são constituídos por materiais que apresentam-se com montagem em painéis com boa vedação ou com aplicação de material acústico.

Aplicando-se a ferramenta de verificação, que se configurou como uma planilha de rápido acesso às informações e avaliações do ambiente, observou-se que os requisitos mínimos exigidos pela norma de desempenho NBR-15.575 (ABNT, 2013) não foram alcançados nas instalações dos canteiros de obras analisados.

Apesar da referida norma não ser especificamente destinada a canteiros de obra, os seus limites mínimos deveriam ser válidos para quaisquer situações em que o ser humano desempenhe suas atividades. Essa é uma questão que não deve ser negligenciada, pois apesar da característica provisória inerente aos escritórios de canteiros de obras, a exposição ao ruído é uma constante nesse tipo de atividade, trazendo riscos à saúde e à qualidade de vida do trabalhador.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIBIC/CNPq, à FAPESP e à FINEP, rede de pesquisa CANTECHIS (Convênio nº. 01.11.0056.00/FINEP), pelos auxílios concedidos aos diversos participantes em diferentes etapas dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT. 1987 NBR 10.152: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro:ABNT.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT. 2013 NBR 15.575: Edificações Habitacionais - desempenho. Rio de Janeiro:ABNT.

Ballesteros, M.J.; Fernández, M. D. ; Quintana, S.; Ballesteros, J.A. & González, I. 2010 Noise emission evolution on construction sites. Measurement for controlling and assessing its impact on the people and on the environment In. *Building and Environment* 45(3): 711–717

Banerjee, D.; Pratim Das, P.; Foujdar, A. 2014. Association between road traffic noise and prevalence of coronary heart disease. In *Environmental Monitoring and Assessment* 186, 2885-2893.

Fernández, M. D.; Quintana, S.; Chavarría, N. & Ballesteros, J.A. 2009. Noise exposure of workers of the construction sector In *Applied Acoustics* 70(5): 753–760

Righi, P.C.R. 2013. Avaliação do desempenho acústico das edificações para fins de financiamento imobiliário. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia Civil) - Santa Maria:Universidade Federal de Santa Maria

Szalma, J. L.; Hancock, P. A. 2011 Noise effects on human performance: A meta-analytic synthesis. In *Psychological Bulletin* 137(4), 682-707.

Orientações para a elaboração do projeto de inventário para alvenaria

Maria Viviane Agostinho dos Santos

Federal University of Ceara, Technology Center, Fortaleza, Ceará, Brasil.

mariaviviane@hotmail.com

Sheyla Mara Baptista Serra

Federal University of São Carlos, Department of Civil Engineering, São Carlos, São Paulo, Brasil.

sheylabs@ufscar.br

Alexandre Araújo Bertini

Federal University of Ceara, Department of structural engineering and construction, Fortaleza, Ceará, Brasil.

bertini@ufc.br

ABSTRACT: The present work discusses the willingness of local support for the activities performed within the construction site, which needs a logistics study mainly based on physical flows involved, such as transporting materials. One of the activities with a high degree of movement of components is the execution of masonry elevation, usually because the blocks are received and stored in temporary locations until they are transported to the application site. Thus, the drafting of inventory to the masonry directly contributes to the rationalization of these displacements. The goal of the present work is to suggest guidelines for this type of project within the flowerbeds, facilitating the distribution of pallet blocks, the flow of materials and the increased productivity of the professional whom perform the service, causing unnecessary displacements are reduced, decreasing waste materials and hand labor, by analyzing document and visiting construction sites.

Keywords: masonry, project inventory, construction site.

RESUMO: Esse trabalho discute a disposição dos locais para apoio às atividades que serão realizadas dentro dos canteiros de obra, que necessitam de um estudo logístico baseado, sobretudo, nos fluxos físicos envolvidos, como os de transporte de materiais. Uma das atividades com alto grau de movimentação de componentes é a execução da alvenaria de elevação, pois normalmente os blocos são recebidos e armazenados em locais provisórios até serem transportados ao local de aplicação. Assim, a elaboração de projetos de inventário para a alvenaria contribui diretamente para a racionalização destes deslocamentos. O objetivo da pesquisa é sugerir orientações para este tipo de projeto dentro dos canteiros, facilitando a distribuição dos blocos paletizados, o fluxo de materiais e o acréscimo de produtividade do profissional que vai executar o serviço, fazendo com que os deslocamentos desnecessários sejam reduzidos, diminuindo o desperdício de materiais e de mão de obra, a partir de análise documental e visitas a canteiros de obras.

Palavras-chave: alvenaria, projeto de inventário, canteiro de obras.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil foi responsável por 63,5% da participação no PIB total da Cadeia Produtiva, demonstrando a importância da realização de estudos que tragam desenvolvimento e melhorias para o setor, aumentando assim a capacidade de crescimento.

Na apresentação do Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos 2014, originado de acordo com ABRAMAT (2014), da parceria de 9 anos entre a

FGV e a ABRAMAT, o valor adicionado a cadeia produtiva da construção, em 2013, foi de R\$ 349,2 bilhões, equivalente a 8,5% do PIB do País. No mesmo ano, a região que liderou o crescimento de vendas da indústria quando comparado com 2012, foi a Região Nordeste, com 8,6%, seguida da Região Sul e Norte, com 8,1% e 7,6%, respectivamente. Na publicação do ano anterior, a Região Nordeste estava no 3º lugar da lista.

Durante a concepção de uma empresa e no decorrer de sua atividade em determinado horizonte de tempo, há escolha da estratégia a ser seguida, porém, na ocasião de abordagem mais apropriada para sua atividade desenvolvida, pode ocorrer a troca ou adequação, sempre atualizando o que tem de novo no mercado e assim, manter-se competitiva.

Existem duas abordagens para sistema de chão de fábrica, segundo Vollmann, Berry e Whybark (1997), a primeira é baseada no sistema de Produção Enxuta, que procura atender as necessidades do cliente no momento da necessidade e a segunda, é baseada no sistema Material Requirement Planning (MRP), onde é requerido um complexo sistema de programação do chão de fábrica direcionado a um departamento.

Algumas empresas adotam uma intercessão das duas abordagens, se apropriando das características mais favoráveis as suas estratégias.

As atividades que acontecem dentro do canteiro de obras precisam seguir um planejamento para que as movimentações ocorram de forma a reduzir os desperdícios relacionados a espera, transporte e movimentos desnecessários. Colocar referências (introdução e justificativas)

Há inúmeros serviços acontecendo ao mesmo tempo dentro de um canteiro, e uma das etapas que mais necessita de atenção é a alvenaria, por apresentar um alto grau de movimentação de materiais dentro do canteiro e na etapa anterior, já que os blocos são recebidos do fabricante seguindo um planejamento prévio, e no recebimento são estocados em locais provisórios, até serem levados ao ambiente de aplicação. Assim, o canteiro precisa estar preparado para gerir várias atividades ao mesmo tempo e procurar atender ao planejamento daquelas que, bem realizadas, acabam diminuindo os desperdícios, tanto de material, tempo e mão de obra, além de facilitar a gestão dos resíduos sólidos.

A alvenaria passa por um processo produtivo que pode ser artesanal, racionalizado ou industrializado. Grande parte dos serviços de alvenaria realizados hoje no Brasil, são artesanais, com o emprego intensivo da mão de obra, e com elevado desperdício de tempo e material. O que vem se trabalhando nas grandes obras é a incorporação de princípios de planejamento e controle, contudo, sem alterar radicalmente os métodos da produção. O recebimento, o armazenamento, os transportes e as inspeções, fazem parte do fluxo que não agregam valor, mas são necessários para o processo e a qualidade do produto sendo, portanto, classificadas como atividades auxiliares. Mesmo não agregando valor ao produto, essas etapas não podem ser eliminadas e sim, precisam ser melhoradas para otimizar o processo.

Uma forma de planejar melhor essas atividades é por meio da elaboração de plantas de inventário para cada unidade de trabalho, seja ele o apartamento, o pavimento, ou a unidade que melhor se adeque ao perfil da obra. Assim, à medida que as atividades de fluxo são reduzidas, as atividades de conversão tornam-se mais eficientes, proporcionando um salto na qualidade e produtividade dos processos.

As ferramentas disponíveis para planejamento e controle se bem utilizadas podem fornecer bons resultados a uma obra, tornando a obra mais limpa, sendo isto bastante perceptível quando da visita ao canteiro de obras.

A elaboração de plantas de inventários para alvenaria pode se tornar uma aliada para um ambiente de trabalho mais organizado, com as rotas de circulação mais livres, com menor desperdício de material, mão de obra e tempo, além de possibilitar um controle mais eficaz dos componentes utilizados, no entanto, exige um treinamento para a mão de obra, para aproveitar

todos os benefícios das ferramentas utilizadas.

A abordagem do tema surge da necessidade de conhecer melhor a etapa de execução de alvenaria e analisar como está sendo realizada essa integração entre a fábrica e a obra, para que as interferências sejam identificadas e minimizadas.

Esta pesquisa é parte de um projeto em parceria entre três estados (Alagoas, Ceará e Santa Catarina), financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e denominado Rede Nacional para Desenvolvimento em Sistema integrador aplicado a sistemas construtivos em alvenaria com base na coordenação modular e na conectividade entre componentes (Rede SISMOD), com objetivo explícito na descrição da sigla.

O projeto possui várias metas e esta pesquisa procura colaborar com a proposição de melhorias de processos na movimentação interna e montagem de componentes em canteiro de obras, integrando com as soluções para ordenação dos componentes em fábrica.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é fornecer orientações para a elaboração de um projeto de inventário para alvenaria, de forma a deixar o ambiente de trabalho mais organizado e reduzindo as interferências presentes em obras durante a etapa de execução de alvenaria.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Canteiro de obras

Segundo Silva & Cardoso (1999), a definição dos equipamentos de movimentação de materiais, incluindo a definição de áreas de armazenagem, são atividades associadas ao projeto de canteiro. Portanto, cada empresa deve desenvolver padrões, seguindo a melhor técnica de execução, as normas de segurança vigentes e as características da obra.

A elaboração do projeto de canteiro é importante por permitir o planejamento da melhor utilização do espaço físico disponível, tornando homens e máquinas mais eficientes, trabalhando com segurança, principalmente reduzindo as movimentações de materiais, componentes e mão de obra (Saurin & Formoso, 2001).

De acordo com Silva (1994), quando há falta de padronização de produtos e embalagens de fabricantes, ocorre agravamento da dificuldade de movimentação. Processos mais racionalizados dentro do canteiro exigem uma maior articulação na busca da integração da cadeia produtiva.

Buscando analisar as alternativas para movimentação de materiais e localização de elementos de canteiro, pode-se fazer uso de fluxogramas de processo, estudos de produtividade da mão de obra e dos ciclos de transporte (Silva & Cardoso, 1999).

Quando o material é estocado adequadamente, há diminuição nos custos de operação e aceleração do ritmo de trabalho, colaborando ainda, para a redução no desgaste de equipamentos de movimentação, diminuição dos acidentes de trabalho e menor incidência de problemas de administração (Ribeiro, 2006).

2.2 Alvenaria

“Conjunto coeso e rígido, conformado em obra, de tijolos ou blocos (unidades de alvenaria) unidos entre si por uma argamassa” (Sabbatini apud Araújo, 1995). Ou, ainda, “conjunto de blocos artificiais ou componentes naturais, ordenadamente dispostos, unidos por uma argamassa ou não, formando um maciço que deve apresentar resistência, durabilidade e impenetrabilidade” (Araújo, 1995).

Alvenarias de vedação são aquelas destinadas a compartimentar espaços, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas. Assim, não devem suportar mais

que seu peso próprio e cargas de utilização. Devem apresentar resistência adequada as cargas laterais e dinâmicas, como por exemplo, a atuação do vento e impactos acidentais (Thomaz et. al., 2009).

Os blocos cerâmicos e os blocos de concreto, utilizados na execução das alvenarias de vedação, devem atender respectivamente a NBR 15270/2005 e a NBR 6136/2014, que define os termos e fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis.

As dimensões de fabricação devem ser correspondentes a múltiplos do módulo dimensional adotado no Brasil como $M=10$ cm, menos 1 cm. Existe uma família de blocos, com meios-blocos, canaletas U, que podem ser utilizadas como verga e contra verga, canaleta J, os blocos compensadores e outros especificados em projeto.

2.3 Gestão da cadeia de suprimentos

Para o *Council of Supply Chain Management Professional* (CSCMP, 2008), o gerenciamento da cadeia de suprimento, engloba o planejamento e o gerenciamento de todas as atividades envolvidas não só com a aquisição e suprimento, mas também com transformação e atividades de gerenciamento logístico.

Segundo Guilherme (2007), uma boa gestão da cadeia de suprimentos deve permitir:

- Adicionar valor para o cliente;
- Reduzir o tempo de ciclo da produção;
- Reduzir os custos da produção;
- Melhorar a qualidade da produção.

Todo esse esforço visa o aumento das vantagens competitivas, para poder se manter bem no mercado.

A estratégia competitiva de uma empresa define o conjunto de necessidades do consumidor que ela pretende satisfazer por meio de seus produtos e serviços (Meindl & Chopra, 2003).

A aquisição de materiais traz um grande impacto sobre o custo final do produto, somado a isso, os desperdícios com mão de obra, tempo e materiais durante a movimentação deste dentro do canteiro, o custo eleva seu valor consideravelmente, podendo tornar inviável a construção, se não houver um planejamento que absorva todas essas variáveis.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi em parte bibliográfica, pois se buscou o conhecimento científico acumulado que tivesse relação com o tema, porém também houve pesquisa de campo no sentido de conhecer as práticas utilizadas, sem controlar as variáveis, percebendo como as relações são estabelecidas e obtendo suporte para verificar a utilidade prática do que está sendo proposto neste trabalho. A abordagem pode ser caracterizada como qualitativa, por descrever sugestões que não podem ser quantificadas, por se tratar de interpretação dos fenômenos ocorridos durante a pesquisa de campo, chegando a um método indutivo, após observar os fenômenos e suas relações, e gerando generalizações para o objeto de pesquisa.

O início da pesquisa se deu na busca por informações sobre o projeto de inventários presentes no mercado da construção civil, tendo sido coletados quatro exemplos de diferentes empresas construtoras. Após a leitura de pesquisas ligadas a produção da alvenaria e a análise dos projetos existentes, foi possível obter ferramentas para analisar estes projetos com maior clareza e criticidade.

Na Figura 1 são apresentadas as etapas utilizadas durante a metodologia.

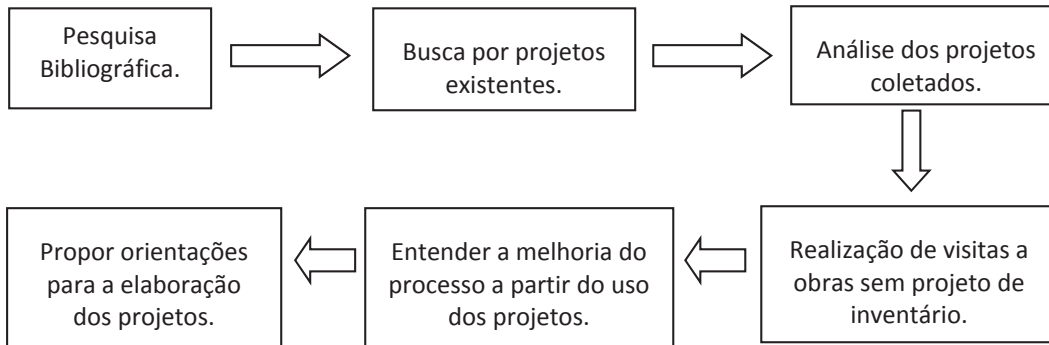


Figura 1. Etapas seguidas durante a metodologia do trabalho.

Na etapa de pesquisa bibliográfica, vários trabalhos científicos foram estudados a fim de conceituar o assunto dentro da área de estudo, já a etapa seguinte se fez necessário buscar canteiros de obras que fizessem uso deste tipo de projeto, sendo então solicitado o projeto para posterior análise, na etapa que se segue. Foram coletados 04 (quatro) projetos de inventário. Após analisados esses projetos, várias visitas foram realizadas em obras que não possuíam projetos de inventário e assim, conseguir observar a vantagem de se ter um projeto específico para a produção da alvenaria com um nível maior de detalhamento. Foram visitados 10 (dez) canteiros de obras, todos em fase de execução de alvenaria, observados e fotografados. Todas as obras são de torres comerciais ou residenciais, com mais de 17 pavimentos tipo, localizadas no município de Fortaleza, no Estado do Ceará. Ao final, foi proposta uma lista com as orientações necessárias para a elaboração de um projeto de inventário de alvenaria, que resumidamente é a disposição dos blocos, de preferência paletizados, sejam eles de cerâmica ou concreto, na unidade de aplicação, seja ela o apartamento, o pavimento, ou outra unidade que melhor se adeque a obra. Essa disposição fará toda a diferença no momento que o profissional for executar a alvenaria, proporcionando um ganho de produtividade, uma redução no desperdício, sem contar com a organização do ambiente de trabalho e liberação dos locais de circulação de pessoas, materiais e equipamentos.

4 RESULTADOS

Após revisão da bibliografia foram coletados 04 (quatro) projetos de inventários, sendo apresentados abaixo, através das Figuras 2 e 3.

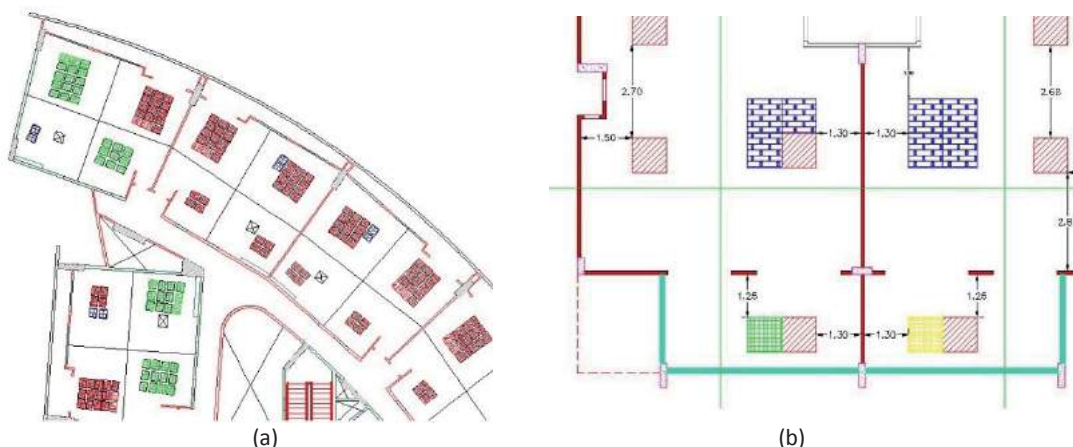


Figura 2. (a) Projeto de Inventário Obra A. (b) Projeto de Inventário Obra B.

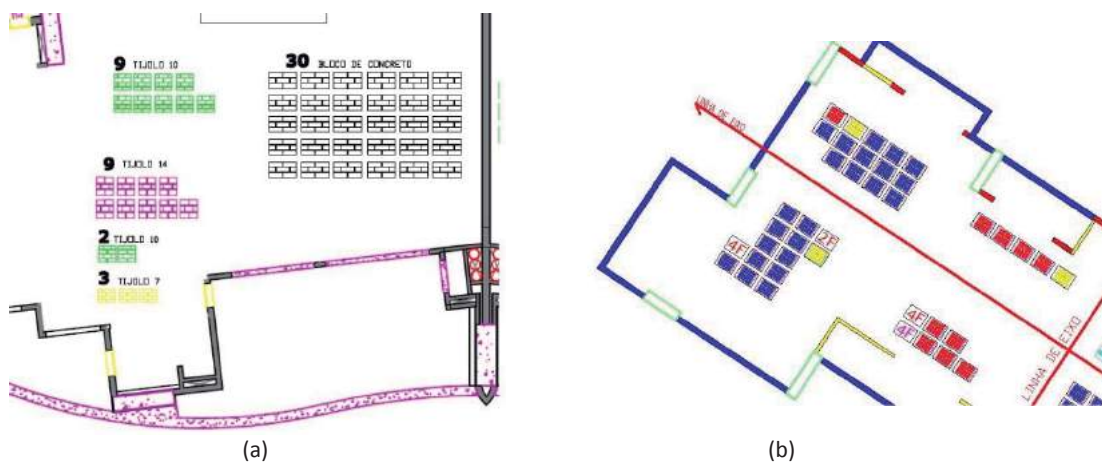


Figura 3.(a) Projeto de Inventário Obra C (b) Projeto de Inventário Obra D.

É possível, através dos projetos analisados, obter diretrizes para a elaboração destes projetos, sendo elas:

- trabalhar com base no projeto de arquitetura do pavimento tipo, ou da unidade considerada com padrão;
- usar legendas, separando os tipos de paletes ou componentes;
- utilizar cores para identificar e relacionar os componentes ao seu local de aplicação;
- respeitar os espaços de circulação de pessoas, materiais e equipamentos;
- conhecer a capacidade de carga da laje para definir a disposição dos paletes;
- dispor os paletes próximo ao local de utilização, diminuindo assim a movimentação do operário;
- incluir quadros resumos, ou inventários de componentes, facilitando o controle de uso e de desperdício

Durante as visitas foram coletadas diversas imagens de disposição de blocos no pavimento, de forma não planejada, atrapalhando o tráfego de pessoas e materiais, além de não se ter controle sobre a quantidade de blocos que é necessária para a execução de determinada parede, ou o percentual de perda de componente naquele ambiente de trabalho.

A seguir, as Figuras 4 e 5, registradas durante as visitas, onde é possível observar um canteiro com planejamento deficiente quanto à gestão dos seus componentes.



Figura 4.(a) Blocos em paletes maiores (b) Novo palete na obra (c) Paleta no pavimento.

Na figura 4a podemos visualizar o armazenamento dos paletes padrão, no tamanho de (1,10 x 1,10)m, em local desprotegido e dividindo espaço com outros materiais. Na Figura 4b é possível

observar a formação de um novo palete, de dimensão menor, já no carrinho que será transportado para o guincho. A Figura 4c apresenta esses paletes no pavimento onde serão utilizados pelos profissionais. A Figura 5 apresenta respectivamente: a chegada do material no canteiro e a presença de interferências com a rede elétrica, operários transportando os componentes sem nenhum auxílio de carrinhos e distribuição dos blocos no pavimento para assentamento posterior.



Figura 5. (a) Interferência de instalações. (b) Transporte dos blocos. (c) Pavimento sem paletes.

As Figuras 6 e 7 apresentam um canteiro com maior controle sobre a movimentação de seus componentes cerâmicos para alvenaria, com disposição em local adequado até sua destinação no local de assentamento. A sequência abaixo apresenta a respectiva situação: chegada dos blocos ao canteiro, utilização de carrinhos porta-paletes na dimensão do palete oriundo da fábrica, armazenamento dos blocos em local protegido e destinado exclusivamente para isto, disposição dos componentes ainda em paletes no pavimento e geração de resíduos na obra.

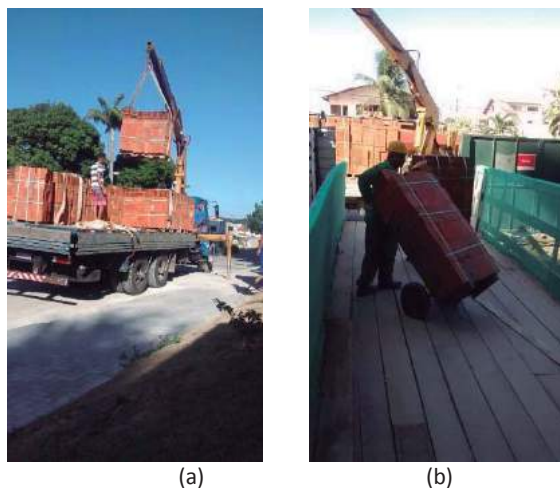


Figura 6 (a). Chegada dos blocos ao canteiro (b) Transporte dos blocos.

A partir do exposto, fica evidente que a utilização de medidas relativamente simples, pode facilitar a organização no pavimento, eliminando etapas de armazenamento em locais provisórios ou ainda minimizar as perdas de tempo ou tarefas sem valor agregado para a etapa seguinte e que desperdiçam tempo e mão de obra.

O melhor entendimento do uso da planta de inventário foi possível, observando todas essas práticas com ou sem planejamento eficiente, podendo prejudicar sua competitividade no mercado.

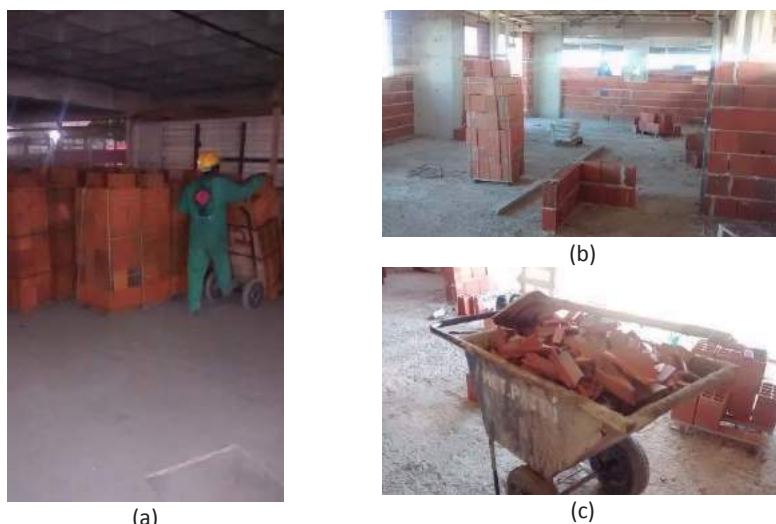


Figura 7 (a) Armazenamento dos blocos. (b) Disposição dos paletes no pavimento (c).Resíduos gerados no pavimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, após a análise de várias obras que não utilizam a planta de inventário, nota-se que a planta de inventário, a partir das orientações, é simples de ser elaborada, porém auxilia na gestão do canteiro, quanto aos fluxos físicos presentes no pavimento, ao controle de desperdícios e as interferências entre os diversos serviços e componentes, além de minimizar as movimentações desnecessárias do profissional que executa a alvenaria.

Portanto, para a elaboração de um projeto de inventário, é importante, primeiro, que o projeto de alvenaria, primeira e segunda fiada, esteja aprovado e compatibilizado com os demais projetos, evitando interferências no momento da execução dos serviços e de tomadas de decisão precipitadas, sem solução que atenda ao projeto e aos demais serviços posteriores a alvenaria. Após aprovação, uma equipe ou profissional responsável deverá elaborar o projeto de inventário, com base nas informações contidas no projeto de alvenaria e no orçamento, obtendo assim o inventário de todos os blocos necessários para execução de uma parede. A utilização de cores é de fundamental importância, pois permite rapidamente o entendimento do projeto, com sua distribuição de acordo com a sequência de execução do serviço por parte dos profissionais responsáveis. Contudo, não podem ser esquecidos os locais destinados a circulação de pessoas, materiais e equipamentos, incluindo a chegada do material no pavimento, onde há manobras para posicionamento correto do palete e a capacidade de carregamento da laje.

REFERÊNCIAS

- Araújo, H. N. 1995. Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: Um estudo de caso. Dissertação Florianópolis: UFSC..
- Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (ABRAMAT). 2014. Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos. <http://www.abramat.org.br/site/>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT. 2014. NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos. Rio de Janeiro:ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. 2005. NBR 15270: Componentes Cerâmicos para alvenaria de vedação – requisitos. Rio de Janeiro:ABNT.
- Council of Supply Chain Management Professionals –CSCMP. 2008. Annual global conference..
- Guilherme, K. C. J. 2007. Parcerias entre construtoras e fornecedores de materiais e componentes.. Mba em Tecnologia E Gestão na Produção de Edifícios. São Paulo.

Meindl, P.; Chopra, S. 2003. Gerenciamento da Cadeia de Suprimento: Estratégia, Planejamento e Operação. São Paulo:Prentice Hall.

Ribeiro, P. K. P. 2006. Gerenciamento do ciclo de aquisição de materiais na produção de edifícios. Dissertação. São Carlos:UFSCar.

Saurin, T. A.; Formoso, C.T. 2001. Planejamento de canteiros de obras e gestão de processos. Organização de Carlos Torres Formoso. Porto Alegre. 69p. Porto Alegre: UFRGS/PPGEC/NORIE.

Silva, F. B.; Cardoso, F. F. 1999. Conceitos e diretrizes para a organização da logística em empresas construtoras de edifícios. II. In Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, 1º Recife, 1999. *Artigo Técnico*. 10p. Recife.

Silva, M. A. C. 1994. A modernização do macrocomplexo da construção civil: o posicionamento competitivo na contribuição ao desenvolvimento do país. In Seminário Internacional (sobre) Estratégias de Modernização da Construção Civil: Qualidade na Cadeia Produtiva, São Paulo - 5 e 6 dez., 1994. *Livro de Actas*. Sao Paulo.

Thomaz, E.; Vicente, C.; Cleto, F. Cardoso, F. 2009. Códigos de práticas nº 1: Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

Vollmann, T.E.; Berry, W. L.; Whybark, C.D. 1997. Manufacturing Planning and Control Systems. 4ª ed. New York: McGraw-Hill,

Using a checklist for assessing the sustainability on water use in construction sites

Ludimilla de Oliveira Zeule

Department of Civil Engineering, Federal University of São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brazil
zeule.eu@gmail.com

Sheyla Mara Baptista Serra

Department of Civil Engineering, Federal University of São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brazil
sheylabs@ufscar.br

ABSTRACT: The practice of sustainability and its application in construction can be considered recent in some countries, requiring studies which try to detail the different existing possibilities. This paper presents a method for the identification and comparison of sustainability practices in construction sites. The original research proposes a list of items which facilitate the implementation of sustainability in construction sites, aiming to promote technological development and dissemination of aspects of sustainability through the implementation phase of the projects. It was identified that there are six major themes which need further investigation, and this article relates to the theme "Rational Use of Water" at construction sites. The article uses the case study method, consisting of four constructions of various types and geographical locations in Brazil, which can evaluate the major difficulties and the best occurrences of sustainable practices related to the water use in construction sites.

Keywords: Sustainability, Rational use of water, Construction site, Environmental Management.

1 INTRODUCTION

Usually identified as an industry consuming a lot of the natural resources, civil construction has considerable influence over the management of the environment and somehow triggered the adoption of sustainable postures by their agents. The issue of sustainability has been discussed by various experts and by society from the 1980's decade and aimed, according to the definition of the Brundtland Report: "development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (WCED, 1987).

Thus, it was found over time the use of different sustainable practices in the production cycle of construction and the pursuit of certification in various enterprises, seeking to register the innovations to the society and also as a way for the companies to remain competitive in the market. Currently, there are several certifications of sustainability for buildings, originated in different parts of the world, available to entrepreneurs and to the society.

Certifications programs function as a quality parameter incorporated into the building. According to the United States Green Building Council (USGBC, 2015), Brazil is the third country in the world ranking of green buildings, with 223 certified buildings and 950 in the certification process, built after 2007, behind the United States and China. For this Council, the development of the sustainable construction industry involves the adoption of best practices and an integrated process of design, construction and operation of buildings and built spaces.

Thus, it can be stated that the certification process should also consider the process of execution of works. For Cardoso; Araújo (2007), the construction phase of a building accounts for a significant portion of the negative impacts to the environment, especially those related to losses of materials and waste generation and those referring to the interference in the vicinity of the

construction site and the physical, biotic and anthropic means of the site where the building is built.

Sustainable construction becomes understood and developed from the actions which fight crisis and solve the ecological problem, through the use of technology and adequate materials, creating constructions not only useful to the user, but also to the environment. Its principles are the use of recyclable material, rational use of water and energy efficiency while providing comfort to the user (Valente, 2009).

There is a diversity of practices helping to reduce the impacts which needs to be better known. Therefore, this article focused on presenting guidelines and solutions found in the references and case studies for the rational use of water in construction sites and it is based on the original research (Zeule, 2014).

2 LITERATURE REVIEW

As a way of responding to global concern and demonstrate commitment to sustainability in general, the construction sector sought deploy methodologies aimed at environmental certification of buildings as a way to present the concern to society and the possibility of obtaining enterprises that may reduce or eliminate different types of environmental, social and economic impacts.

The implementation of the sustainable certification seals brings environmental, economic and social benefits, and the buildings taking the “green criteria” into account profit from the reduction of operational costs, improve the safety and health of workers and occupants, the rational use of natural resources, among other advantages. It is understood that the seals of environmental certification can serve as a form of aid in implementations, since they contribute to the minimization of pollution and consumption emerged in the stages of production (Halliday, 2010).

The Ministry of the Environment (Brasil, 2014) mentions that within the building, some factors are essential, such as: adequacy of the project to the local climate; minimization of energy consumption and optimization of ventilation conditions; use of natural lighting and heating; attention to the proper solar orientation, avoiding the repetition of the same project in different directions; use of green roofs. This way it is possible to notice that the needs for the occupancy phase can be foreseen since the implementation phase, that is, the construction site can also predict the sustainability involving various factors such as building, construction site and neighborhood, people, suppliers, materials and processes.

2.1 2.1 Sustainable management of water and other resources in construction sites

The importance of the construction site in the context of sustainability is emphasized, since sustainable practices regarding enterprise are most frequently seen focusing on the occupation phase, perhaps because it is a phase with higher energy consumption, long-term lifespan, as well as the need to display characteristics serving the welfare of the people who will reside in it. Normally, the implementation phase has shorter terms and the occupation of workers is done partially during the day. However, some sustainability guidelines can be adapted and/or used in the two phases of the project.

Regarding the water management within the construction sites, there are several researches and guidelines for the use of strategies to minimize and control the consumption. However, there is no massive deployment at construction sites yet, perhaps due to lack of enforcement of state and national standardization. For the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB, 2014) the water reuse is "part of a broader activity which is the rational and efficient use of water, also including the control of losses and waste and the minimization of the effluent production and consumption of water".

The known and consulted international manual for water reuse is the "Guidelines for Water Reuse" published jointly by the Environmental Protection Agency (EPA) and Agency for International Development in 2004 and reissued in 2012, whose main objective is to guide the reuse of water in places where there are no rules for such practice (EPA, 2012).

Brazil has several regulatory documents, such as the NBR 15527 (ABNT, 2007) which deals with the exploitations of rainwater for non-potable use; the Resolution number 357 of the Environment National (CONAMA, 2005) which classifies water according to the quality required for their predominant uses in thirteen classes (among them, water for human consumption); the National Water Resources Policy (Brasil, 1997); and NBR 13969 (ABNT, 1997), which is not specific for reuse but has an item defining classes of water reuse and indication of expected quality standards, which describes the units of post-treatment and suggests alternatives for final disposal of liquid effluents from septic tanks.

There are also several recommendations and rulings of the National Sanitary Vigilance Agency - ANVISA, which is responsible for overseeing aspects of people's health in Brazil. According to the Ministry of Health (Brasil, 2011), "all water intended for human consumption, collectively distributed through collective alternative water supply system or solution should be subject to control and supervision of water quality." In order to check the water quality, parameters of international reference should be followed, for instance, the methodologies proposed by the World Health Organization - WHO, among others.

Thus, alternatives to water reuse are highlighted, since it is a finite natural resource and deserves great attention to the proper use and reuse. The stage of construction site consumes large amounts of water, but most do not need to use potability, being necessary actions to minimize the use of potable water for activities such as spraying water at the construction site, vehicle wheel wash, washing equipment, irrigation of landscaping, etc.

For Giacchini (2011), Brazil does not have specific technical standards for water reuse systems yet. In general, international reference standards or technical guidelines produced by private institutions are adopted, which has hindered the application of this practice in the country because besides the lack of specific legislation and regulation, it could jeopardize the health of the population due to lack of technical guidance for implementation and monitoring.

In this way, sustainable practices at construction sites analyzed in this research, have sought to be based on existing certifications programs so that it can improve the activities occurred in the construction site, since most of the requirements of certification programs are meant to phase occupancy.

2.2 Practices of sustainable water use in construction sites

According to the Regulatory Standard 18 which describes the "Work Conditions and Environment in the Construction Industry" (BRASIL, 2013), the use of water in construction sites is related to the essential demands of the employees and must be present in the basic items: a) cafeterias; b) sanitary facilities; c) drinking fountains. In general, water should also be present in the work fronts to meet the demands of activities and services.

According to Reis; Souza and Oliveira (2004), the design of hydraulic systems in construction sites helps to minimize excessive consumption of water, helping to reduce the environmental impact of construction. For these authors, the construction sites located in regions that do not have public water supply may be supply by artesian, semi-artesian wells, water tanker vehicles or performing the uptake in a near source.

Thus, the need for systematic evaluation of the impact generated in the vicinity during the implementation phase of the project arises. According to the Brazilian Architecture Offices Association (AsBEA, 2012), it is important to consider that the region where the work is located interferes significantly on the sustainability assessment, guiding almost forcefully, the adoption

of a sustainable practice.

Among the main responsibilities found is the "harvesting of rainwater and greywater" and their consequent treatment for reuse in construction. The greywater comes from the showers, washbasins, bathtubs, tanks and washing machines. It is important to observe if the water collected (rainwater and/or greywater) is properly treated for later reuse and whether the devices for collecting rainwater are totally separated from drinking water facilities to prevent contamination of drinking water.

An experimental study by Santos et al. (2011) includes the analysis of the efficiency of treatment and the assessment of the quality potential of treated greywater, with low cost and easy maintenance for the reuse, being the gross greywater collected from sinks / lavatories public water and water from locker room showers. The system showed potential for recovery of greywater, but concentrations of some solids were not low enough to reach the limits presented in legal and reference documents.

Other practice to be cited is the use of "technologies for wastewater" which may consider the quality of sewer facilities in the work, the method used to collect wastewater (sewage), the possible existence of reservoir for sedimentation of waters with particulate material, such as hardened mortar, plaster and other debris which could interfere in the sewage collection system. The occurrence of periodic maintenance of such facilities should also be evaluated.

The depletion of the water served in the construction site by public system, when poorly done, can cause leaks and hence percolation of sewage through the soil, contaminating surface and groundwater (Cardoso & Araújo, 2007).

Another practice is the "Reduced consumption" where can be checked if the site has activities to instruct employees on how to generate water savings, and if they put them into practice. For the effectiveness of this strategy, it is also important to mention the use of equipment to reduce the water consumption. Some manufacturers of sanitary equipment make available on the market the taps with a proximity sensor and toilets with dual drive flush for liquids and solids. The vessel operates with a half flush for liquids and full flow for solids. These technologies have been applied to various public places due to the unregulated flushes and taps that end up generating a waste of water.

3 METHOD AND APPARATUS FOR RESEARCH

In the methodological field, this research is classified as descriptive study of multiple cases because according to Yin (2009), this work has a contemporary focus, whose data obtained are from more than one case and intends to answer the main research question with structuring like "How?" and "Why?".

The research initially sought a comparison of guidelines and scoring rules for the environmental certifications seals in order to develop a single instrument for the observation of sustainability in construction sites. Thus, a comparative table was made based on the four certifications - LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), AQUA (High Environmental Quality), BREEAM (Building Research Establishment Assessment Method) and SELO CASA AZUL (BLUE HOUSE SEAL) from the bank Caixa Econômica Federal- and two authors who served as a reference for sustainable practices in construction site - Cardoso and Araújo (2007) and Brandão (2011), as seen in Table 1. The last column corresponds to the classification and questions adopted in the list of proposed verification, on which this search is based. Table 1 presents the issues which must serve as a guide to verify the sustainability in construction site, only in relation to the item "Rational Use of Water". The six topics checklist developed are: Sustainable space; Rational Use of Water; Energy and Atmosphere; Materials and Resources; Environmental Quality; Innovations and Processes.

Table 1 - Reference Sources and subsequent questions from the survey instrument developed

LEED	AQUA	BREEAM	Casa Azul Seal	CARDOSO and ARAÚJO (2007)	BRANDÃO (2011)	Question from checklist aimed at construction site
Collection of greywater and rainwater						
Project for controlling the quantity and quality	Rainwater treatment and waterproofing. The collection devices must be completely separated from potable water tanks	Rainwater project	Rainwater retention and reuse		Rainwater reuse plan	Is there or will there be any system for rainwater harvesting? Is there or will there be any system for greywater harvesting? Is the water collected (rain and/or greywater) properly treated for reuse? Are the rainwater collection devices separated from the potable water?
Technologies for waste water						
Efficiency in the use of water and innovative technologies for waste water treatment	Sanitary quality of water; Maintenance of facilities	Ensuring the quality of sanitary water; Detecting and preventing water leakage	Minimum radius of 2.5 Km away from Sewage Treatment Plants (WWTP) and water	Provide a correct system for discharge of wastewater from the site; Periodic maintenance of facilities		Was a waste water discharge system planned for the site? Are the waste water facilities periodically checked?
Reduction of consumption						
Reduction of consumption	Potable water control; Toilet flushing tank with capacity smaller or equal 6 liters	Water consumption monitoring	Individual measurement of water; Water-saving flushing systems, meters, aerators, flow reducers	Water meters installed in living areas, to read the consumption and fight the waste	Reduction of consumption workers for the reduction of water consumption?	Is there awareness from the workers for the reduction of water consumption? Are there any measures taken to fight the water waste? Do the bathrooms have ceramics and metals which save water?

4 CASE STUDIES

The projects presented in this article are four, called Site A, Site B, Site C and Site D. The phase of the construction sites studied was restricted, identifying sites which were in structure and/or masonry closing phase. Table 4 presents the main features of each site visited, identifying whether it is Social Interest Housing (SIH) or not.

Several sustainable practices were identified in these works, some of which related to the Rational Use of Water can be seen in Figures 1 and 2 below. In Figure 1 we can observe that Site A and Site C have adequate water filtration system, storage and cooling for consumption by workers at the construction site and Site B uses the high level flushing tank in the workers restrooms, which has controlled flow for toilets flush, avoiding waste.

Table 4 . Characteristics of construction sites visited

Sites	City/State	Building System	SIH	Certification Program
Site A	Fortaleza/CE	Structural masonry	Yes	No
Site B	Pindamonhangaba/SP	Structural masonry	No	AQUA
Site C	Fortaleza/CE	Precast concrete	Yes	No
Site D	Limeira/SP	Reinforced concrete	No	AQUA

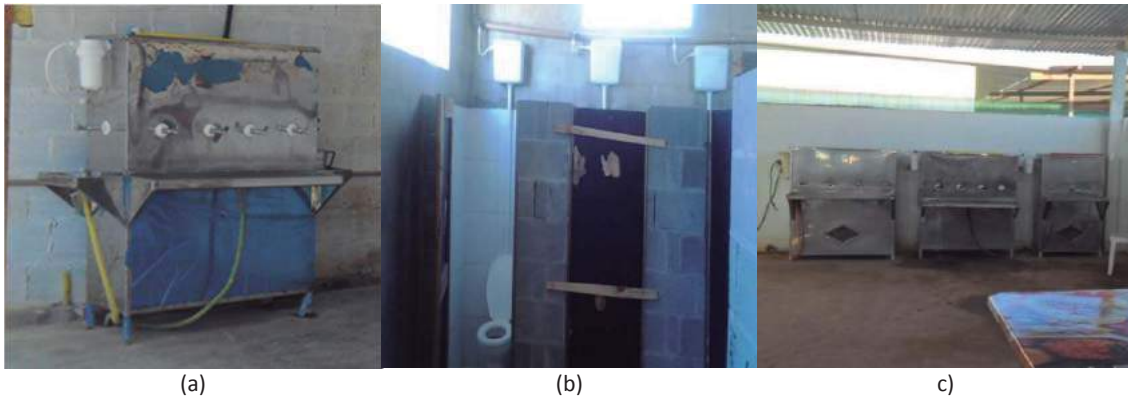


Figure 1 - Sustainable Construction Practices . (a) Water supply for consumption- Site A (b) high level flushing tank - Site B (c) Supply of drinking water – Site C

Site B uses two other practices (Fig. 2) which are the spraying of water on soil by a water tanker vehicle to prevent dust to go up with captured rainwater and simple rainwater collecting without treatment for non-drinkable use.



Figure 2 - Sustainable Practices Site B (a) Water tanker vehicle to irrigate construction site (b) Collection of rainwater by the roof

In Figure 3, we present some practices used in the construction site of Site D for the rational use of water in this location. In Figure 3 (a) can be seen beyond the rainwater harvesting system by

pipes for the temporary premises of the construction site and the use of air-conditioning, where the dripping water is reserved for humidified cleaning of environments . Tanks for storage and treatment of rainwater can be seen in Figure 3 (b), and the faucet with reuse water for washing vehicle wheels and ready mixed concrete wagon spouts can be seen in Figure 3 (c).

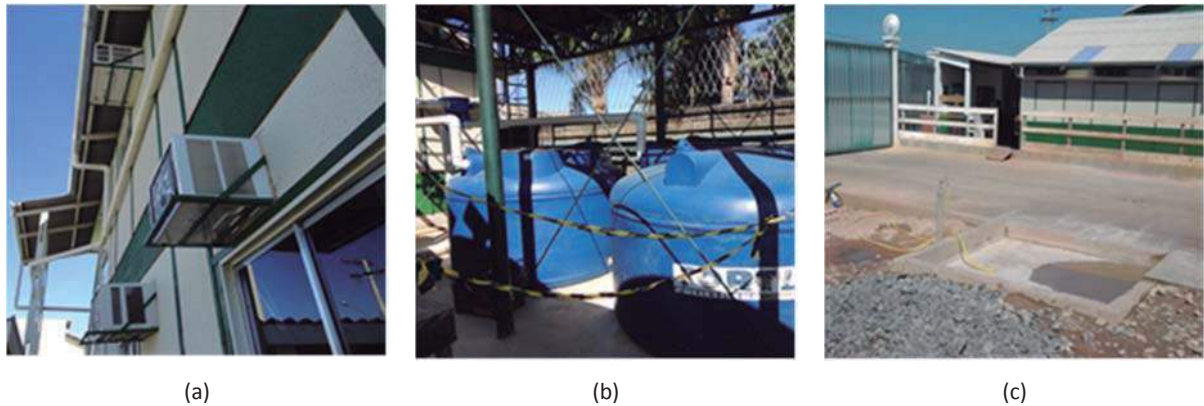


Figure 3 - Sustainable Practices of Site D (a) rainwater harvesting by roof water spouts (b) Tanks to reserve rainwater after treatment (c) place for washing vehicle wheels and hoses.

5 RESULTS

Finally, the checklist was applied in these sites to evaluate the sustainable practices occurring in each construction work. The percentage results obtained in each sub-item can be seen in Figure 4 and Table 1 following.

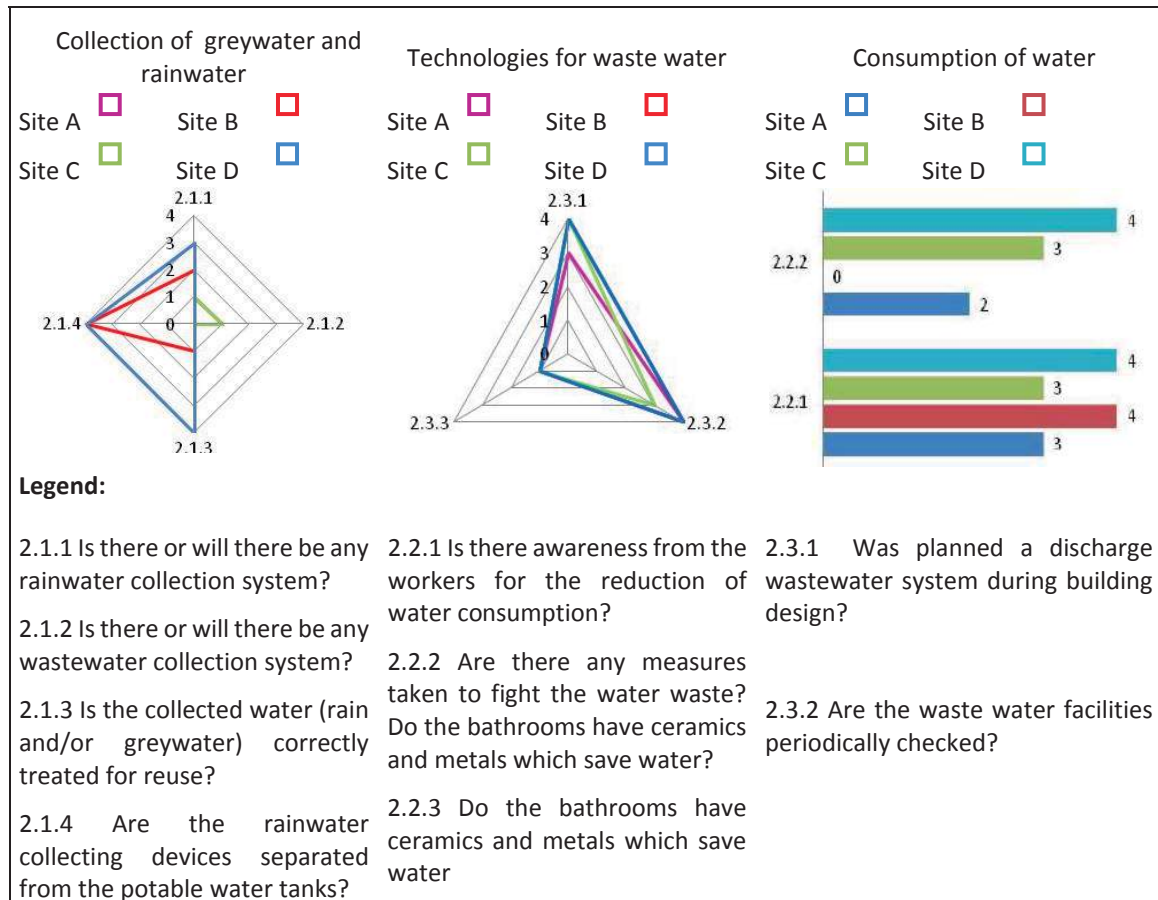


Figure 4 . Charts of analysis of the answers from the item "Rational Use of Water"

Table 1 . Percentage of item / subitems and average

Rational use of Water	Site A	Site B	Site C	Site D
Rain and greywater harvesting	0%	44%	0%	69%
Technologies for wastewater	63%	50%	75%	100%
Decrease of consumption	67%	75%	67%	75%
Average of item by site	43%	56%	47%	81%

After the analysis of Table 1, one can check the final score for the "Rational Use of Water" item. It is observed that the Site A has the worst score, and fits in level 1- construction with few sustainable practices, according to the classification of Table 3; Site C also would fit in level 1 due to score 47%. In relation to the Site B with 56% it would be framed in level 2 – site with a good level of sustainable practices, and the Site D, with the best score of the four plots with 81%, would be at level 4 - construction site with excellent level of sustainable practices. Comparing them with Table 4, we can see that the B and D construction sites, which reached AQUA certification, achieved the highest scores according to the proposed instrument and present best practices of sustainability in water use.

6 CONCLUSION

According to the results obtained, it is observed that there are strategies for the use, reuse and management of water at construction sites and sustainability practices were found in the four visited construction sites. Although the scores were low in both works, it is emphasized that there are initiatives to conserve water, which is an exhaustible natural resource and has been of great concern today. The best scores were obtained by two construction works which have environmental certification seal and have minimum requirements that must be met since the implementation phase but even so, the Site B did not get a mark suitable for the classification of sustainable work. It was highlighted that in the Sites A and C, which are enterprises SIH, the scores were zero in sub-item "Rain and greywater harvesting." It is believed that there could be initiatives by the contractor, in case of governments, to demand the use of this type of practice during the execution phases and occupation.

Is recommended by legislation to company of construction seek alternative that act on reducing environmental impacts and adopt management tools such as the implementation of an environmental management system, and checklist as proposed by this study that should be the solution for a company you want to improve your position in relation to the environment.

Finally, we emphasize that tools like the proposed checklist can serve as a resource for improving the implementation of sustainability in construction, and especially in the construction site, which is the phase of greater movement and occurrences during the building process as well as social and economic benefits to the enterprise, besides the environmental.

7 ACKNOWLEDGEMENTS

To Brazilian fostering agencies CAPES, Rede Pró-engenharias, and FINEP, Rede CANTECHIS (Technologies for Sustainable Construction Sites for Habitations of Social Interest), for support for this research.

REFERENCES

Associação Brasileira dos Escritorios de Arquitetura- ASBEA 2012. *Guia de Sustentabilidade na Arquitetura: diretrizes de escopo para projetistas e contratantes*. São Paulo: Prata Design.

Associação Brasileira de Normas Tecnicas- ABNT. 1997. *NBR 13.969: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro:ABNT.

Associação Brasileira de Normas Tecnicas- ABNT. 2007. *NBR 15.527: Água de chuva: aproveitamento de coberturas*

em áreas urbanas para fins não potáveis. 8 p. Rio de Janeiro:ABNT

Bertram, D. 2009. Likert Scales. In *Topic Report*, Belgrade: University of Belgrade.

Brandão, G. B. M. 2011. Tecnologias e Certificações para Canteiros Sustentáveis. 66f. Final Work Course of Civil Engineering, Sao Carlos:Federal University of São Carlos.

Brasil. 1997. Lei no. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. In *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, seção 1*, p. 470, v. 135, n. 6, 09 de janeiro de 1997. Brasília: Diário Oficial.

Brasil - Ministério do Meio Ambiente. National Environmental Council (CONAMA). 2005 Resolução nº 357, de 17 de março. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Accessed on July 2014.

Brasil-Ministério do Meio Ambiente. *Construção Sustentável*. 2014. <http://www.mma.gov.br/cidadessustentaveis/urbanismosustentavel/construcao-sustentavel> Accessed on July 2014.

Brasil-Ministério do Trabalho e Emprego. 2013. *Norma Regulamentadora nº 18: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção*. <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-18-1.htm> Accessed on July 2014.

Brasil -Ministério da Saúde. 2011. Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011. http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html Accessed on July 2014.

Cardoso, F.F.; Araujo, V.M. 2007. Levantamento do estado de arte: canteiro de obras. 38p. In *Projeto Finep: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável*. São Paulo:Finep.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. 2014. *Reúso de água*. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/39-Reúso-de-%C3%81gua> Accessed on July 2014.

Environmental Protection Agency - EPA. 2012. Guidelines For Water Reuse. Washington. <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100FS7K.pdf> Accessed on July 2014.

Giacchini, M. 2011. Uso e Reúso da Água. In *Technical Series Reports*. Regional Council of Engineering of the State of Paraná (CREA-PR), Brazil. Curitiba:CREA-PR

Halliday, S. 2010. Sustainable Construction. Burlington: Butterworth-Heinemann.

Reis, R.P.A.; Souza, U.E.L.; Oliveira, L.H. 2004. Alternativas e Soluções de Instalações Hidráulicas Provisórias em Canteiros de Obras. 10p. In: *I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável – X Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Proceedings*. São Paulo.

Santos, C.; Taveira-Pinto, F.; Cheng, C.Y.; Leite, D. 2011. Development of an experimental system for greywater reuse. Porto:FEUP-Faculty of Engineering, University of Porto.

United States Green Building Council - USGBC. <http://www.gbcbrazil.org.br> Accessed on July 2013.

Valent, J.P. 2009. Certificações na Construção Civil: comparativo entre Leed e HQE. 71p. Rio de Janeiro: Polytechnic School, Federal University of Rio de Janeiro.

World Commission on Environment and Development - WCED. 1987. Our Common Future: The Bruntland Report. In *United Nations World Commission*. New York:Oxford University Press.

Yin, R.K. 2009. Case Study Research: design and methods. 4th.ed. In Thousand Oaks. *Applied Social Research Methods Series*; v.5. SAGE Publications

Zeule, L.O. 2014. Práticas e avaliação da sustentabilidade em canteiros de obras. 268f. Thesis (MSc in Structures and Construction). São Carlos:Federal University of São Carlos.

Aferição de custos no canteiro de obra: um comparativo entre as tipologias das instalações provisórias

Natalia Silva Matos

Universidade Federal do Ceará, Mestrando do PEC em Engenharia Civil, Fortaleza, Ceará, Brasil
arquitetanataliamatos@gmail.com

Sérgio de Melo Duarte

Universidade Federal do Ceará, Mestrando do PPAC em Controladoria e Administração, Fortaleza, Ceará, Brasil
sergiomelo@melocontadores.com.br

Maria Naiula Monteiro da Silva

Universidade Federal do Ceará, Mestrado do PPAC em Controladoria e Administração, Fortaleza, Ceará, Brasil
naiula@ufc.br

ABSTRACT: The construction industry, especially the buildings sector, is often cited as low levels of productivity and high wastage of resources, presenting performance lower than the manufacturing industry. One of the main highlights of this situation is the high rate of loss of materials. The planning of the construction site, in particular, has been one of the most overlooked aspects in the construction industry, in which decisions are taken as problems arise, leaving something to be desired in organization and security. In recent years, there were several discussions about the importance of cost information as a tool to support strategic activity. Most of these discussions have been driven by the growing complexity that has taken place in the business environment, for greater participation of intangible nature resources in the formation of the costs of products and services, by the demands of markets and by the increasing improvement of information technologies, among other factors to stimulate competitiveness between companies. Considering the moment of transformation of the construction market, as rising factor, seeks to analyze the costs when using traditional provisional installations versus the use of containers. To this end, the study drew a parallel between the costs incurred in the use of traditional systems and the use of containers. The survey obtained data from research carried out in undertakings providing service of leasing of containers, real budgets to interim facilities of a construction site vertical condominium-type, and the indexes of the table SINAPI, raised in the months of Dec/13 and Jan/14 in the metropolitan region of Fortaleza. The study demonstrated that the use of containers is only suitable as a reduction of cost for short and medium term, because the use of this typology, even in the initial phase of the work (first 10 months), had the largest value. This practice demonstrates that the ICC is walking toward the industrialization, and that the concept of mounting and dismounting, use and reuse is possible to be adopted at the jobsites.

Keywords: Civil Construction. Costs. Sustainability.

RESUMO: A indústria da Construção Civil, especialmente o setor de edificações, é frequentemente citado como de baixos índices de produtividade e elevados desperdícios de recursos, apresentando desempenho inferior à indústria de transformação. Um dos principais reflexos desta situação é o alto índice de perda de materiais. O planejamento do canteiro, em particular, tem sido um dos aspectos mais negligenciados na indústria da construção, sendo que as decisões são tomadas na medida em que os problemas vão surgindo, deixando a desejar em organização e segurança. Nos últimos anos, surgiram diversas discussões acerca da importância da informação de custos enquanto instrumento de apoio à atividade estratégica. A maioria dessas discussões tem sido impulsionada pela crescente complexidade que vem ocorrendo no ambiente dos negócios, pela maior participação de recursos de natureza intangível na formação

dos custos dos produtos e serviços, pelas exigências dos mercados e pelo crescente aprimoramento das tecnologias de informação, entre outros fatores de estímulo à competitividade entre as empresas. Considerando o momento de transformação do mercado da construção civil, como fator ascendente, procura-se analisar os custos quando da utilização de instalações provisórias tradicionais *versus* a utilização de *containers*. Para tanto, o estudo fez um paralelo entre os custos incorridos na utilização de sistemas tradicionais e na utilização de *containers*. A pesquisa obteve os dados a partir de pesquisa realizada em empresas prestadoras de serviço de locação de *containers*, orçamentos reais para instalações provisórias de um canteiro de obra do tipo condomínio vertical, e os índices da tabela SINAPI, levantados nos meses de dez/13 e jan/14 na região metropolitana de Fortaleza. O estudo demonstrou que a utilização de *containers* somente é adequado como redutor de custo para obras de curto e médio prazo, pois a utilização dessa tipologia, mesmo na fase inicial da obra (dez primeiros meses), teve o maior valor. Essa prática demonstra que a ICC está caminhando em direção à industrialização, e que o conceito de montagem e desmontagem, utilização e reutilização é possível de ser adotado nos canteiros.

Palavras-chave: Construção Civil. Custos. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A Construção Civil tem passado por grandes processos de transformação, seja na área de projetos, de materiais, de equipamentos, de processos construtivos, ou na área de recursos humanos. Essas transformações representam desafios para esse setor, que se traduzem na busca por uma maior competitividade através da atualização e do aprimoramento dos processos de gestão e das tecnologias empregadas.

Segundo dados da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), a indústria da construção ocupa lugar de destaque no cenário socioeconômico do país; tanto pelo número de pessoas que emprega direta ou indiretamente.

Em setembro de 2013 o número de postos de trabalho formais chegou a 3,547 milhões, representando um crescimento de 1,03% em relação a agosto do mesmo ano. (Fundação Getúlio Vargas, 2013) Em relação ao PIB, a Construção Civil, segundo trimestre de 2013, apresentou um crescimento de 3,8%, enquanto o crescimento da Indústria foi de 2,0% e do Setor de Serviços de 0,8%. (Câmara Brasileira da Indústria da Construção)

Apesar do número elevado de empregos gerados pelo setor, a construção civil ainda causa muitos impactos ao meio ambiente, principalmente face à grande utilização de matérias-primas não renováveis, do alto consumo energético e da expressiva geração de resíduos. O setor se caracteriza como um dos que mais consomem recursos naturais, desde a produção dos insumos utilizados até a execução da obra e sua operação ao longo da vida útil da edificação. O Conselho Internacional da Construção (CIB) estima que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção.

Essas características têm levado a uma tendência à inserção de parâmetros de sustentabilidade na construção de edificações, como forma de minimizar os impactos ambientais e aumentar a competitividade das empresas do setor, além da importante contribuição no que diz respeito ao bem-estar da sociedade.

Para Souza (2012), sustentabilidade é um conceito que estimula o mercado a adotar formas inovadoras para lidar com as empresas, os empreendimentos, os projetos, os materiais, os equipamentos e as obras, trazendo resultados para os acionistas, colaboradores, meio ambiente, sociedade e gerações futuras. Desta forma, surge o interesse pela implementação de sistemas de medição na construção civil, que foi intensificado com os programas de qualidade baseados nas exigências das normas da série ISO 9000 e ISO 1400, e as certificações ambientais de edifícios.

Reforçando o conceito de Souza, no Brasil aplica-se o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H). Observou-se que as duas certificações mais difundidas no segmento são a americana “Leadership in Energy and Environmental Design” (LEED) e a da Construção Sustentável – Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental do Empreendimento), cuja adaptação para o Brasil advém da “Démarche HQE” Frances.

A etapa de execução na construção civil é complexa e com muitas interferências, tais como questões ambientais, legais, logísticas e de segurança e higiene do trabalho. Por isso, a organização do canteiro de obra é fundamental para melhorar o processo produtivo otimizando a ocupação dos espaços, evitando desperdícios de materiais e de tempo, e falta de qualidade final dos serviços realizados. Mas, apesar de existência de Normas Regulamentadoras (NRs), elaborada em conjunto por construtoras, trabalhadores e governo, que estabelecem diretrizes e exigências diversas, fornecendo subsídios para o planejamento do canteiro, essas regras ainda são pouco adotadas e insuficientes para a garantia da sustentabilidade nessa etapa.

De acordo com Zanutto (2012), a boa gestão nos canteiros de obras é imprescindível, ainda que não ocorra a necessária implantação de técnicas para a efetiva redução do impacto ambiental gerado pela indústria da construção civil. Nesse contexto, os profissionais que trabalham na área de engenharia de custos têm atualmente, assumido papel de destaque nas organizações; pois, segundo Goldman (1999), com o planejamento de custo é possível criar um sistema que garanta o cumprimento das metas preestabelecidas para a execução dos empreendimentos, além de propiciar alternativas técnicas capazes de reduzir custos e a promoção da evolução tecnológica.

O entendimento acerca da importância do estudo comparativo entre os custos de sistema tradicional de instalações provisórias com os custos de utilizar *containers* como instalações provisórias para a indústria da construção civil, levou à definição do seguinte problema de pesquisa: como se caracterizam os custos de tipologias provisórias utilizadas na construção civil: sistema tradicional e *containers*?

Para responder a questão de pesquisa, o presente estudo tem como objetivo geral analisar os custos de tipologias de instalações provisórias, sistema tradicional e *containers*, para a indústria da construção civil. Na consecução desse objetivo, foram delineados os seguintes objetivos específicos: i) analisar os custos aferidos na utilização de Sistema tradicional e os custos na utilização de *containers* na construção civil; ii) comparar os custos das tipologias.

Além desta introdução, consta no artigo o referencial teórico, base para o estudo. Em seguida, descreve-se a metodologia utilizada e expõem-se os resultados obtidos. Por fim, são apresentadas as considerações finais e as referências.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Métodos de custeio

No processo de apuração do custo dos produtos, segundo Cardoso, Mário e Aquino (2007), os gestores dispõem de algumas metodologias, dentre elas destacam o Custeio por Absorção, o Custeio Variável e o Custeio Baseado em Atividades.

Embora cada um apure um valor diferente para o resultado e para o estoque final, não há como afirmar que um determinado método seja melhor que o outro, pois essa avaliação depende do objetivo que se tem ao apurar os custos. Daí, a partir da afirmação que custo é informação, é importante saber em que será utilizada esta informação. Assim, dependendo do propósito dessa apuração, um ou outro método será mais adequado.

2.2 Formação de preços baseada em custos

Na formação de preços baseado em custos, o ponto de partida, segundo Martins (2008), é o custo do bem ou serviço apurado conforme o método de custeio adotado. Sobre esse custo

agrega-se uma margem, ou percentual, que deve ser estimado para cobrir os gastos não incluídos no custo, sendo esses, as despesas incidentes sobre as receitas e o lucro desejado. Considerando esse enfoque, merece destaque o método de formação de preços: Bonificações e Despesas Indiretas (BDI), bastante utilizado por empresas do ramo da construção civil.

2.2.1. Bonificações e Despesas Indiretas

O BDI é definido por Andrade (2010) como um percentual relativo às despesas indiretas, que incide sobre os custos diretos de maneira geral, a fim de compor com precisão o preço de venda de um serviço.

Figueiredo (2007), por sua vez, afirma ser o BDI uma parcela de custo do contrato ou empreendimento incorrida independentemente do que se denomina custo direto, ou seja, a parte fixa do custo unitário. Acrescenta que o BDI é afetado pelos impostos e demais incidências legais; pelos custos com administração central; pelas eventuais despesas e custos indiretos necessários à execução da obra; e pelo lucro que se espera obter.

Segundo Oliveira (2007) as parcelas que compõe o BDI são: Administração local: mão de obra indireta e os equipamentos multifuncionais não contemplados no custo direto; Impostos: PIS/COFINS, CFMF, ISSQN, etc; Despesas financeiras: inflação, custo financeiro, seguros, etc; Administração central: despesas com escritório central, salários, manutenção, etc; Lucro: o percentual de lucro que o empresário pretende obter, também chamado de bonificação.

Andrade (2010) apresenta um novo conceito de BDI, que considera a seguinte divisão de custos: Custos diretos: materiais, mão de obra, equipamentos, mobilização/ desmobilização da obra e administração local; Custos indiretos: administração central, custos financeiros, impostos e lucro.

O autor explica que os custos com mobilização e desmobilização são aqueles destinados a transporte desde sua origem até o local aonde se implantará o canteiro de obra, os recursos humanos, todos os equipamentos e instalações, além do pessoal e utensílios necessários à perfeita realização do empreendimento. Enquanto que administração local corresponde aos custos relativos à administração do canteiro de obras.

Para o cálculo do custo de mão de obra, deve se considerar o salário propriamente dito; o custo de contratação; treinamentos iniciais e periódicos; encargos sociais; horas extras e benefícios.

Enquanto que a administração central se dá em função da estratégia da empresa e do custo de *staff* requerido para gerir a empresa. E compõe-se da remuneração do pessoal lotado no escritório central e os custos de manutenção da sede, tais como aluguéis, energia, limpeza, etc. E o lucro, por sua vez, é em função da remuneração dos acionistas, além de ser considerado para definição do mesmo, a área de atuação da empresa e público-alvo. Pontuando que os preços de uma obra, e conseqüentemente o lucro que a mesma gerará, devem ser necessariamente calculados para as condições específicas desta obra.

2.3 Aferição de custos na construção civil

De acordo com o anuário PINI da construção (2013), comparar preços de insumos em busca de economia é parte do dia a dia de orçamentistas e do pessoal de planejamento das construtoras. No entanto, além de ser uma atividade rotineira, analisar cotações corretamente é algo crucial para a realização de boas compras; pois comparação de preços malfeita pode induzir à compra de produtos mais caros ou indevidos.

O processo de cotação de preços seria simples se as empresas trabalhassem da mesma forma e sempre fornecessem orçamentos considerando exatamente os mesmos itens. Mas os fornecedores apresentam a cotação em formato próprio, e nem todas as cotações incluem o mesmo escopo. Outra dificuldade é a mensuração da mão de obra, gerando disparidade de

preços entre as empresas, pois a diferença pode estar nos salários que são pagos, nos equipamentos de segurança individual, na racionalidade de trabalho, entre outros. Os orçamentistas precisam estar atentos, pois a complexidade do trabalho de orçar depende do grau de detalhamento do orçamento. (Anuário PINI da construção, 2013)

A metodologia mais adequada para comparação de orçamentos é utilizar a ordenação dos serviços com o uso de planilha comparativa dos materiais e serviços de construção que contemple a descrição dos materiais e serviços, as quantidades, as unidades, os preços unitários e os preços totais de cada serviço (Anuário PINI da construção, 2013).

Para que a análise comparativa de composições de custos possa ser feita de forma adequada, os profissionais e empresas prestadoras de serviços da construção civil utilizam procedimentos, planilhas, tabelas e índices previamente elaborados, como base em índices de institutos estaduais, federais e privadas.

O índice mais utilizado é o do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que disponibiliza informações de custos e índices da construção civil e tem a Caixa Econômica Federal e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como responsáveis pela divulgação oficial dos resultados, manutenção, atualização e aperfeiçoamento do cadastro de referências técnicas, métodos de cálculo e do controle de qualidade dos dados disponibilizados pelo SINAPI.

Este sistema constitui ferramenta útil para elaboração e análise de orçamentos, estimativas de custos, reajustamentos de contratos e planejamentos de investimentos (Caixa Econômica Federal, 2013). Entre outros índices, existem as tabelas da Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA) e a de custos da PINI.

2.4 Tipologia das instalações provisórias de canteiro de obra

A NR-18, a norma que defini as condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, defini canteiro de obra como a área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra; descreve que os canteiros de obras devem dispor de instalações sanitárias, vestiário, local de refeições, cozinha (quando houver preparo de refeições), alojamento, lavanderia e área de lazer (obrigatório nos casos onde haja trabalhadores alojados), e ambulatório (quando se tratar de frentes de trabalho com cinquenta ou mais trabalhadores).

O canteiro de obra, geralmente, é composto de três setores básicos: o setor administrativo, abrigando escritório de administração, departamento técnico, departamento de engenharia, sala do mestre e encarregados, e sala de reuniões; o setor operacional, que abrange o almoxarifado, ferramentaria, carpintaria e armadoria, área de concreto e argamassas; e o setor de pessoal, consistindo dos sanitários, vestiários e refeitório, com instalações dimensionadas para atender o número de operários necessários.

Existem diversas possibilidades para a escolha da tipologia das instalações provisórias, cada uma com suas vantagens e desvantagens; no que se refere às paredes, podem ser de alvenaria, madeira ou material equivalente. Mas, independente do sistema a ser utilizado, alguns critérios deverão ser considerados: custos de aquisição, custos de implantação, custos de manutenção, reaproveitamento, durabilidade, facilidade de montagem e desmontagem, isolamento térmico e impacto visual. (Saurin, 2006; Formoso, 2006).

Dentre as tipologias existentes, uma das mais utilizadas é o sistema tradicional de barracões de alvenaria de tijolo cerâmico com dimensões de 19x19x9cm, piso cerâmico e cobertura em fibrocimento de 4 mm, incluso instalações hidrossanitárias e elétricas. Outro sistema tradicional é o constituído de módulos de chapa de compensado resinado, com espessura de 10 ou 12 mm, ligados entre si por qualquer dispositivo que facilite a montagem e a desmontagem, tais como

parafusos, dobradiças ou encaixes, cobertura em fibro cimento de 4 mm, incluso instalações hidrossanitárias e elétricas. Segundo Birbojm (2002), o grande benefício dessa alternativa é o reaproveitamento do material, que varia de cinco a sete reutilizações.

Em países desenvolvidos, uma nova tipologia vem sendo utilizada há algum tempo, que é a alternativa de *containers*. No Brasil essa ainda é uma prática minoritária se comparada aos sistemas tradicionais (Saurin, 2006 Formoso, 2006); ressaltando-se, entretanto, que a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) registrou, no ano de 2011, um aumento de 20% na demanda por *containers* para a construção civil.

Originalmente, os *containers* são usados no transporte e/ou acondicionamento de cargas, constituídos de chapa de aço com nervuras trapezoidais, forrado com isolamento termo acústico. Apresentam diversas vantagens, tais como a rapidez e limpeza no processo de montagem e desmontagem, leveza, não precisando de fundações, facilidade de transporte, reaproveitamento total da estrutura, menor risco de incêndio e diminuição no passivo ambiental.

Os *containers* podem ser ainda, adquiridos ou alugados, havendo opções de entrega já montado ou somente de entrega de seus componentes para montagem na obra. Existem várias possibilidades de arranjos internos, podendo ser utilizado como almoxarifado, escritório com ou sem banheiro, vestiário, alojamento, refeitório e sanitário (Saurin, 2006, Formoso, 2006).

É possível a colocação de um *container* sobre o outro, diminuindo o espaço ocupado pelas instalações provisórias liberando área para melhorar a logística do canteiro.

Segundo a NR-18, é necessário que o *container* possua uma ventilação natural de 15% da área do piso, composta por, no mínimo, duas aberturas; e sua estrutura deve ser aterrada eletricamente, prevenção contra choques elétricos.

3 METODOLOGIA

É a natureza do problema ou o seu nível de aprofundamento que determina a escolha do método, apesar dele precisar estar apropriado ao tipo de estudo que se deseja realizar.

De acordo com as considerações de Gil (2002), quanto à forma de abordagem do problema, o presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa qualitativa.

Quanto aos objetivos alcançados, o trabalho pode ser classificado como uma pesquisa exploratória que proporciona maior familiaridade com o problema, com a intenção de torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. Para isto, na maioria das vezes, são necessários levantamentos bibliográficos, entrevistas com pessoas que tiveram experiências com o problema e a análise de exemplos que auxiliem a abrangência do assunto. E quanto ao procedimento técnico, realizou-se uma pesquisa de campo.

O levantamento bibliográfico relacionado à temática do trabalho teve como fontes: livros, artigos científicos, revistas e periódicos, de forma a compor a fundamentação teórica da pesquisa, gerando bases para os autores darem prosseguimento às fases subsequentes.

1.1 Delimitação do estudo

Devido ao reduzido foco do estudo, os dados levantados na pesquisa de campo se limitou a região metropolitana de Fortaleza.

Com o objetivo de contextualizar o ambiente da pesquisa, as tipologias escolhidas foram denominadas:

- Tipologia 1: sistema tradicional de barracões de alvenaria de tijolo cerâmico;
- Tipologia 2: sistema tradicional constituído de módulos de chapa de compensado;
- Tipologia 3: sistema com *containers*;

- Tipologia 4: sistema misto, parte barracões de alvenaria e parte *containers*.

1.2 Seleção dos sujeitos

Os sujeitos da pesquisa foram escolhidos de forma intencional e baseou-se na acessibilidade do acesso das informações.

Entre os índices da construção civil disponíveis para a elaboração e análise de orçamentos, estimativas de custos, reajustamentos de contratos e planejamentos de investimentos, foi escolhido a base de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), por ser o índice mais utilizado em obras públicas.

Para a escolha das empresas prestadoras de serviço de locação de *containers*, realizou-se uma busca no site <http://www.guimais.com.br/>, no mês de janeiro de 2014, identificando nove empresas, que compuseram a amostra; assim denominadas, para efeito do estudo, de empresas A, B, C, D, E, F, G, H e I, sendo sete empresas localizadas no município de Fortaleza, uma empresa localizada no município de Maracanaú e uma empresa localizada no município de Eusébio.

E para a escolha do canteiro de obra do tipo condomínio vertical da Construtora M, baseou-se na acessibilidade e disponibilidade dos gestores.

1.3 Coleta de dados

Para a aferição dos custos da utilização da tipologia 1, utilizou-se da pesquisa de campo. A coleta de dados foi realizada no mês de janeiro de 2014 em um canteiro de obra do tipo condomínio vertical da Construtora M no município de Fortaleza. O gestor da obra disponibilizou os dados necessários.

Para aferição dos custos da utilização da tipologia 2, a base de dados foi a da Tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de custos e Índices da construção civil (SINAPI) do mês de dezembro de 2013, por ser a disponível até o desenvolvimento da pesquisa.

Para aferição dos custos da utilização da tipologia 3, foi realizado levantamento de dados em empresas prestadoras de serviço de locação de *containers* para canteiro de obra. Nas empresas A, B, C, D e E, os dados foram obtidos via telefone, e nas empresas F e G os dados foram obtidos via e-mail. A empresa H foi excluída da amostra, considerando que não foi possível a obtenção dos dados para efeito do estudo. Na empresa I, os dados foram obtidos mediante uma visita in loco, para verificação das informações relevantes da pesquisa. A escolha da empresa para a visita foi aleatória, considerando a disponibilidade dos gestores. Não houve a necessidade de visitar todas as empresas participantes dessa amostra, haja vista que a locação de *containers* segue um padrão de mercado no que concerne às especificações de tamanho.

Para aferição dos custos da utilização da tipologia 4, foi mesclado dados da tipologia 1 e da tipologia 3, visto que o sistema é misto.

1.4 Tratamento e análise dos dados

De posse dos dados necessários e para que o comparativo possa ser feito de forma adequado, foi realizada a análise dos mesmos através do método de análise de conteúdo, e foi gerando tabelas comparativas entre as tipologias para obter o objetivo geral dessa pesquisa.

Para Gil (2002), a análise de conteúdo desenvolve-se em três fases: primeiro, uma pré-análise, onde se procede à escolha dos documentos, à formulação de hipóteses e à preparação do material para análise; segundo, exploração do material, que envolve a escolha das unidades, a enumeração e a classificação; por fim, o tratamento, inferência e interpretação dos dados.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A construtora M, escolhida como amostra da pesquisa, atua no mercado de Fortaleza a mais de 40 anos, principalmente em obras de condomínios verticais multifamiliares. O canteiro de obra observado apresenta 303,88 m² de área, tendo os seguintes ambientes: sala técnica com banheiro, almoxarifado, refeitório, vestiários, banho/ sanitários, baias e depósito de cimento.

O tamanho padrão de mercado dos *containers* para canteiro de obra é de 6m x 2,4m e 2,4m de altura, e existem dois tipos: o *container* almoxarifado, também usado para outros fins, como refeitório e vestiário, e o *container* escritório com banheiro.

A partir da pesquisa de mercado, o custo médio do aluguel mensal de *containers* para canteiro de obra é de R\$ 576,88 para o tipo almoxarifado, R\$ 949,38 para o tipo escritório com banheiro e R\$ 1.100,00 para um especial, adaptado com sanitários e chuveiros.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	P. UNIT.	TOTAL
1.0	Coberta em telha aparente (Fibrocimento) - Sala Técnica, Almoxarifado, Refeitório, Vestiário, Banho/Sanitário	m ²	171,28	59,08	10.119,22
2.0	Almoxarifado	m ²	11,31	307,71	3.480,19
3.0	Sala Técnica	m ²	27,01	497,63	13.440,88
4.0	WC Sala Técnica	m ²	4,57	1122,74	5.130,92
5.0	Refeitório	m ²	11,31	567,69	6.420,59
6.0	Calçada Interna	m ²	25,35	31,26	792,49
7.0	Baias / Depósito de Cimento	m ²	96,37	155,33	14.968,81
8.0	Vestiário	m ²	48,14	316,26	15.224,99
9.0	Banho / Sanitários	m ²	79,82	498,13	39.761,05
10.0	Muro Externo	m ²	135,66	61,28	8.313,36
11.0	Portões de Ferro	m ²	75,60	207,27	15.669,61
	Custo sem B.D.I.				133.322,11
	B.D.I.	%	0,25		33.330,53
TOTAL (R\$)					166.652,64

Figura 1. Custos Canteiro de Obra – Tipologia 1. Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com as informações coletadas e analisadas, a tipologia 1, sistema tradicional de barracões de alvenaria de tijolo cerâmico, demonstrou um custo final de R\$ 166.652,64; conforme descrito na figura 1.

Para a Tipologia 2, sistema tradicional constituído de módulos de chapa de compensado, demonstrou que o custo final é de R\$ 97.953,74, conforme figura 2.

CÓDIGO SINAPI	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	P. UNIT.	TOTAL
74210/001	Almoxarifado	m ²	11,31	272,15	3.078,02
73805/001	Sala Técnica	m ²	27,01	202,01	5.456,29
73752/001	WC Sala Técnica	und	1,00	2.741,25	2.741,25
73805/001	Refeitório	m ²	11,31	202,01	2.284,73
73892/002	Calçada Interna	m ²	25,35	25,26	640,34
85253	Baias / Depósito de Cimento	m ²	96,37	118,79	11.447,79
74242/001	Vestiário	m ²	48,14	147,72	7.111,24
73752/001	Banho / Sanitários	und	10,00	2.741,25	27.412,50
74220/001	Tapume de vedação	m ²	135,66	35,18	4.772,58
74100/001	Portões de Ferro	m ²	75,60	177,49	13.418,24
	Custo sem B.D.I.				78.362,99
	B.D.I.	%	0,25		19.590,75
TOTAL (R\$)					97.953,74

Figura 2. Custos Canteiro de Obra – Tipologia 2. Fonte: Dados da pesquisa

Para a tipologia 3, sistema de *containers*, o levantamento demonstrou que o custo final é de R\$ 222.611,29, conforme demonstrado na figura 3.

A utilização dos *containers* para o almoxarifado, escritório e refeitório foi considerado uma unidade para um período de 10 meses; pois, após esse período, a obra já tem disposição para

dispensar os *containers*, alocando a estrutura no subsolo da edificação. Os outros *containers* permanecem durante toda a obra, sendo contabilizados por unidades pagas.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	P. UNIT.	TOTAL
1.0	Container Almojarifado	und x tempo	10,00	576,88	5.768,80
2.0	Container Escritório c/ WC	und x tempo	10,00	949,38	9.493,80
3.0	Container Refeitório	und x tempo	10,00	576,88	5.768,80
4.0	Calçada Interna	m ²	25,35	31,26	792,49
5.0	Baixas / Depósito de Cimento	m ²	96,37	155,33	14.968,81
6.0	Container Vestiário	und	47,00	576,88	27.113,36
7.0	Container Banho/Sanitários	und	82,00	1.100,00	90.200,00
8.0	Muro Externo	m ²	135,66	61,28	8.313,36
9.0	Portões de Ferro	m ²	75,60	207,27	15.669,61
	Custo sem B.D.I.				178.089,03
	B.D.I.	%	0,25		44.522,26
TOTAL (R\$)					222.611,29

Figura 3. Custos Canteiro de Obra – Tipologia 3. Fonte: Dados da pesquisa

Para a tipologia 4, sistema misto - composto em parte por barracões de alvenaria de tijolo cerâmico, permanecendo até o final da obra, e em parte por *containers*, utilizados por 10 meses - o levantamento demonstrou que o custo final é de R\$ 155.335,98, conforme demonstrado na Figura 4.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	P. UNIT.	TOTAL
1.0	Coberta em telha aparente (Fibrocimento) - Refeitório, Vestiário, Banho/Sanitário	m ²	132,96	59,08	7.855,28
2.0	Container Almojarifado	und x tempo	10,00	576,88	5.768,80
3.0	Container Escritório c/ WC	und x tempo	10,00	949,38	9.493,80
4.0	Refeitório	m ²	11,31	567,69	6.420,59
5.0	Calçada Interna	m ²	25,35	31,26	792,49
6.0	Baixas / Depósito de Cimento	m ²	96,37	155,33	14.968,81
7.0	Vestiário	m ²	48,14	316,26	15.224,99
8.0	Banho / Sanitários	m ²	79,82	498,13	39.761,05
9.0	Muro Externo	m ²	135,66	61,28	8.313,36
10.0	Portões de Ferro	m ²	75,60	207,27	15.669,61
	Custo sem B.D.I.				124.268,78
	B.D.I.	%	0,25		31.067,20
TOTAL (R\$)					155.335,98

Figura 4. Custos Canteiro de Obra – Tipologia 4. Fonte: Dados da pesquisa

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do tempo, o desenvolvimento da construção civil se relaciona com o desenvolvimento tecnológico de cada época e com a necessidade do emprego de novas soluções para resolver desafios. Com o mercado aquecido e a falta de mão de obra, as construtoras buscam atualização das tecnologias construtivas que possibilitem a diminuição de prazos e o aumento da qualidade e da lucratividade.

O custo como fator determinante para as tomadas de decisões, caso seja considerado isoladamente, pode levar as construtoras a continuar a utilizar as tipologias tradicionais de instalações provisórias. Entretanto, antes da tomada de decisão, a construtora deve levar em conta fatores como o tempo de execução do canteiro e a perspectiva de reutilizá-lo em futuras empreitadas; vantagens observadas na utilização de *containers*.

Este estudo objetivou comparar os custos de tipologias tradicionais, como barracões de alvenaria de tijolo cerâmico e módulos de chapa de compensados, com a tipologia do sistema de *containers*, ambos aplicados na indústria da construção civil.

Nesse sentido, foi realizado levantamento de custos aplicados a 4 tipologias distintas, demonstrando que, mesmo na fase inicial da obra, 10 primeiros meses, a utilização de *containers* alugados teve o maior valor. Essa tipologia somente é adequada como redutor de custos para obras de curto e médio prazo.

Apesar dessa conclusão, a utilização de *containers* em canteiros de obras demonstra que a construção civil está caminhando em direção à industrialização, e que o conceito de montagem e desmontagem, utilização e reutilização é possível de ser adotado; visto as diversas vantagens, tais como a rapidez e limpeza no processo de montagem e desmontagem, facilidade de transporte, redução do espaço ocupado pelas instalações provisórias liberando área para melhorar a logística do canteiro, reaproveitamento total da estrutura, menor risco de incêndio e diminuição no passivo ambiental.

Também foi observado que o mercado consumidor de locação de *containers*, na região metropolitana de Fortaleza, é novo, visto que as empresas prestadoras desse tipo de serviço têm em média 2 anos de serviços.

O tema abordado neste trabalho tem relevância, e vem sendo cada vez mais foco de discussões nas empresas da construção civil, importância esta que se dá a partir da necessidade de uma adequada gestão de custos, como forma de garantir a sustentabilidade e sucesso das empresas.

Devido ao reduzido foco da pesquisa, este trabalho não esgota o tema custos das instalações provisórias. Porém, os resultados obtidos podem auxiliar e servir de base de dados para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

Andrade, Jobson Nogueira. *Metodologia para elaboração de orçamentos em prestação de serviços*. Belo Horizonte: IMEC, 2010.

Anuário PINI da construção. Editora PINI. São Paulo, 2013.

Birbojm, Allan. *Construções temporárias para o canteiro de obras*. São Paulo: EPUSP, 2002.

Cardoso, Mario e Aquino. *Contabilidade Gerencial*. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

Figueiredo, Marcelo E. *A Formação de Preços na Visão da CVRD*. In: Bonificações e Despesas Indiretas nas Obras Industriais, 2007, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.sinduscon-mg.org.br/site/publicacoes>> Acesso em: 10 dez. 2013.

Gil, A. C.. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

Goldman P. *Sistema de planejamento e controle de custos na construção civil: Subsetor edificações*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense. Niterói, 1999.

Martins, Eliseu. *Contabilidade de Custos*. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

Oliveira, Ilso José. *A Formação de Preços no Âmbito das Obras Civas Industriais*. In: Bonificações e Despesas Indiretas nas Obras Industriais, 2007, Belo Horizonte.

Disponível em: <<http://www.sinduscon-mg.org.br/site/publicacoes>> Acesso em: 10 dez. 2013.

Saurin, T. A; Formoso C. T. Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos. *Recomendações Técnicas HABITARE*, vol. 3 - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC. Porto Alegre, 2006

Souza, Roberto de. *Diálogos com a construção: qualidade, gestão, sustentabilidade, inovação*. São Paulo. Ed. Nome da Rosa, 2012.

Zanutto, T. D. *Diagnóstico para subsidiar a gestão de resíduos da construção civil na cidade de São Carlos – SP*. 2012. Dissertação (Mestrado em Construção Civil)-Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2012.

CHAPTER 19 | CAPÍTULO 19 | CAPÍTULO 19

Urban mobility and accessibility

Mobilidade urbana e acessibilidade

Movilidad urbana y accesibilidad



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Análise Espacial da Acessibilidade e Mobilidade Urbana em Teresina, Piauí - Brasil

Nícia Leite

Federal University of Piauí, Department of Civil Construction and Architecture, Piauí, Brazil
nicialeite@ufpi.edu.br

Geraldo Magela Costa

Federal University of Minas Gerais, Institute of Geosciences, Minas Gerais, Brazil
gemcosta.bhz@terra.com.br

ABSTRACT: The expansion of urban areas has exerted strong pressure on basic urban infrastructure, leading to difficulties in accessibility and urban mobility. The aim of this study was to evaluate the accessibility and urban mobility in Teresina, PI, Brazil, focusing on the production of urban space and the use of GIS techniques and multi-criteria analysis. To this, were combined several dimensions of urban analysis that affect the mobility and accessibility, using a computer system for spatial analysis. Rays coverage of public basic services were considered for evaluation of accessible areas and analysis of urban mobility in the city of Teresina. It was observed that the suitability of the areas of accessibility to the city of Teresina is variable and depends mainly on the location of public services and not just for being inserted into peripheral areas and low purchasing power, because even in the central areas there is damage of the accessibility.

Keywords: Urban Planning, Urban Sustainability, Geoprocessing, Multicriterial Analysis, Fuzzy Logic.

RESUMO: A expansão da área urbana tem exercido forte pressão sobre as infraestruturas urbanas básicas, acarretando dificuldades na acessibilidade e na mobilidade urbana. O objetivo desse trabalho foi avaliar a acessibilidade e a mobilidade urbana em Teresina, PI, Brasil, com enfoque na produção do espaço urbano e na utilização de técnicas de geoprocessamento e análise multicriterial. Para isso, combinaram-se diversas dimensões da análise urbana, que afetam a mobilidade e acessibilidade, por meio de um sistema computacional de análise espacial. Foram considerados os raios de abrangência dos serviços públicos básicos municipais para avaliação das áreas acessíveis e análise da mobilidade urbana da cidade de Teresina. Observou-se que a aptidão das áreas de acessibilidade para a cidade de Teresina é variável e dependente, predominantemente, da localização dos bens e serviços públicos e não apenas por estarem inseridas em áreas periféricas, pois mesmo em áreas mais centrais, há o comprometimento da acessibilidade.

Palavras-Chave: Planejamento Urbano, Sustentabilidade Urbana, Geoprocessamento, Análise Multicritério, Lógica Fuzzy.

1. INTRODUÇÃO

A concentração populacional nas áreas urbanas tem aumentado em ritmo acelerado em todo o mundo. Em 1800, no início da Revolução Industrial, havia no mundo apenas 20 cidades com mais de 100 mil habitantes e nenhuma com um milhão de habitantes, sendo que apenas 1,7% da população mundial era considerada urbana. Em 1900, o número de cidades com um milhão de habitantes passou para 19, aumentando na década de 1950 para 141, sendo que três com mais de 10 milhões de habitantes. Nessa década, a população urbana era de 21% atingindo em 1980, 41,5% (FERRARI, 1986). A Organização das Nações Unidas (ONU), no relatório do Fundo de

População das Nações Unidas, estima que a população mundial urbana supere a rural até 2030 e os moradores das cidades corresponderão a 60% da população. (UNFPA, 2007).

No Brasil, como nas grandes cidades dos países capitalistas periféricos, houve, sobretudo a partir de meados do século XX, um crescimento urbano acelerado, pautado principalmente pela adoção de um modelo de planejamento econômico voltado para o incentivo à industrialização (CARDOSO, 2007). Esse processo de urbanização brasileiro foi rápido e intenso, pois entre os anos de 1940 e 1991, a população total cresceu 355% e a urbana em torno de 750% (SANTOS, 2005). Estima-se que o grau de urbanização da população brasileira seja de 84,4% (IBGE, 2011).

A expansão da área urbana, em conjunto com o aumento populacional de grande parte das cidades brasileiras, exerce forte pressão sobre as infraestruturas urbanas básicas, marcadas pela insuficiência do atendimento, pela inexistência do serviço e, muitas vezes, pela adoção de soluções ambientalmente condenáveis. Ademais, acarreta dificuldades na acessibilidade e na mobilidade, evidenciadas com as carências sociais e urbanas que compõem grande parte da paisagem nas zonas de expansão urbano-metropolitana (TORRES, 2002; OJIMA, 2005). Em consequência, produzem-se alterações na distribuição espacial da população, gerando movimentos de atração, expulsão ou retenção, acarretando rebatimentos na segregação residencial e nos movimentos pendulares, com subsequentes mudanças no padrão de mobilidade urbana. Há grande parcela da população que é obrigada a ocupar áreas sem qualquer infraestrutura, tornando as populações de menor renda privadas também do consumo coletivo. Essa periferação das cidades, resultado da expansão territorial urbana, relaciona-se diretamente com a produção e reprodução do espaço urbano.

A produção do espaço urbano configura-se como um processo dinâmico, pois os conteúdos que o compõem - econômicos, sociais e políticos - são alterados continuamente, isto é, o espaço urbano está sempre se reproduzindo de maneira inter-reativa à própria reprodução da sociedade que o erigiu. A compreensão sobre o espaço e a sociedade, enquanto dimensão indissociável da realidade está expressa nas contribuições de Lefebvre (1972, 1993 e 1999), que traduz o espaço urbano como o meio e condição de realização da sociedade que o produziu, algo simultaneamente contingente e condicionador das relações sociais de produção. Partindo desse pressuposto, pode-se afirmar que o espaço urbano é um objeto das forças produtivas da sociedade e, portanto, um elemento ativo do seu processo histórico.

Em conjunto com as questões do uso e ocupação do solo, a produção do espaço urbano, configura, hoje, assuntos polêmicos, que envolve a questão da mobilidade e acessibilidade urbana que se relaciona diretamente com o direito à cidade, à moradia digna, ao consumo dos espaços de lazer e de convivência e à distribuição equitativa dos equipamentos urbanos, para atingir a sustentabilidade urbana. Entende-se que a produção do espaço urbano pode constituir-se em um processo seletivo de acessibilidade na cidade, acentuando as desigualdades deste espaço e contribuindo para diferenciação das condições de vida de parcelas significativas da população urbana. Nesse contexto, a produção desigual do espaço urbano e a expansão territorial urbana produzem e reproduzem espaços cada vez mais distintos que podem reforçar a exclusão social.

A mobilidade - conceitualmente, a capacidade de um indivíduo deslocar-se e o uso que esse indivíduo faz dessa capacidade e a acessibilidade, a oportunidade que um indivíduo tem de participar de uma atividade particular, alcançando um determinado destino ou atividade (PILON; XAVIER, 2006) - são essenciais no contexto urbano, pois o deslocamento das pessoas constitui, de fato, a estrutura de produção de uma cidade, já que normalmente há uma separação entre os locais de moradia e o do trabalho, bem como das demais atividades necessárias ao seu desenvolvimento (PEREIRA, 2006). A avaliação desses conceitos no meio urbano tem adquirido uma visão mais holística, buscando maior inclusão social nas cidades, como sinônimo de igualdade de oportunidades para toda a população, podendo ser considerada

como um direito à cidade que deve abranger toda a população visando atingir a sustentabilidade urbana.

Aliado à mobilidade tem-se o conceito de acessibilidade, o qual seria a medida de esforço gasta para se deslocar espacialmente entre regiões caracterizadas pelas oportunidades disponíveis ao indivíduo ou um grupo de indivíduos, para que possam exercer suas atividades, podendo ser de trabalho, estudo, ou lazer. Assim, quanto maior o grau de acessibilidade de uma localidade para os usuários que nela exercem os vários tipos de atividades, maior o potencial de desenvolvimento desta área.

Portanto, um estudo calcado na mobilidade e na acessibilidade urbana baseado nas características de distribuição espacial e da produção do espaço, auxiliados por um sistema de informação geográfica (SIG), poderá ser de grande valia para o entendimento da dinâmica urbana. Os SIGs representam uma ferramenta extremamente útil para os propósitos do planejamento urbano, devido essencialmente à capacidade de apresentar os dados em diferentes níveis de detalhe, dentro de enfoques holísticos ou analíticos com que se estuda a cidade. Além disso, por reunirem um extenso conjunto de aplicativos para coletar, armazenar, recuperar, transformar e representar visualmente dados espaciais e também dados estatísticos ou textuais a ele relacionados, os SIGs representam um grande passo para uma melhor racionalização nos processos decisórios e no gerenciamento de recursos no rol de atividades de administrações municipais (HASENACK; WEBER, 1998).

Neste trabalho, especificamente, será analisada a cidade de Teresina-PI, esta opção como estudo de caso justifica-se pelo fato de que Teresina é uma capital jovem, com 162 anos, em pleno desenvolvimento e que apresenta certas características, como ter o poder público como principal agente produtor do espaço desde sua criação até os dias de hoje. É bastante expressiva a ação do poder público na implantação de políticas habitacionais e na indução do crescimento territorial do seu espaço urbano, fatores que se relacionam diretamente com a mobilidade e acessibilidade da cidade.

2. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no Município de Teresina (05° 05' 20" S; 42° 48' 07" W) localizado na região centro-norte do Estado do Piauí, à margem direita do rio Parnaíba, tendo ao lado o município maranhense de Timon. Teresina possui área aproximada de 1392 km² (Figura 1), sendo 284 km² de área urbana e 1.108 km² de área rural e uma população de 814.230 habitantes, com 94,30% concentrados na área urbana (IBGE, 2010). Nas duas últimas décadas, a área urbana praticamente dobrou. A população de baixa renda está segregada na periferia, em áreas cada vez menos acessíveis, desprovidas total ou parcialmente de infraestrutura e de serviços.

Inicialmente constituiu-se uma base de dados, considerando-se como referência a divisão regional utilizada na pesquisa de fluxo de transporte que foi complementada com informações qualitativas, como indicadores de desenvolvimento urbano, e quantitativas, a exemplo de número de usuários dos transportes coletivos, relativas à mobilidade e acessibilidade na cidade de Teresina-PI que, quando tabuladas, evidenciaram os fluxos e a funcionalidade existentes.

A primeira etapa constou da coleta e organização de dados relativos ao diagnóstico urbano, mais especificamente a demografia, a mobilidade e acessibilidade, dados socioeconômicos, espacialização de serviços públicos, sistema de tráfego e imagens de satélite. Essas informações foram coletadas de diversos órgãos públicos como: Prefeitura Municipal de Teresina (PMT) – Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Companhia de Recursos Minerais (CPRM). Em seguida, foram realizadas visitas técnicas *in loco* com o intuito de avaliar a veracidade de parte das informações coletadas.

A fase seguinte consistiu no tratamento, processamento e análise dos dados, resultando em subsídios para a discussão da problemática da mobilidade e da acessibilidade urbanas. Nessa etapa, hierarquizaram-se os dados, elencando aqueles relevantes para análise e compilaram-se por meio do cruzamento das informações obtidas, as quais foram comparadas, para efeito de diferenciação de cenários do recorte espacial e temporal.

Os procedimentos adotados foram iniciados a partir da geração dos arquivos digitais dos mapas temáticos oriundos dos pressupostos estabelecidos referentes aos aspectos relacionados à mobilidade e acessibilidade urbana da cidade de Teresina-PI, com o uso do SIG e a adoção de critérios tabulados e hierarquizados os quais foram elencados posteriormente.

Utilizaram-se vários materiais cartográficos digitais e programas, para a realização do trabalho, detalhados a seguir: a) Cartas plani-altimétricas produzidas pelo IBGE na escala de 1:50.000 (1978) com equidistância vertical de 20 metros entre curvas de nível e 1:25.000; b) Planta cadastral do núcleo urbano, no formato digital, contendo o perímetro urbano, arruamentos, quadras e o uso e ocupação do solo; c) Imagem LandSat 7 nas Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 (EMBRAPA, 1999), para auxiliar na interpretação dos dados cadastrais; d) Mapas temáticos de malha viária e hidrografia; para servir de subsídios nas análises e compreensão do urbano, e) Software GIS Idrisi32, Version I32.2 (The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis), para geração, manipulação e análises espaciais das imagens em formato *raster*; f) Software GIS ArcView 3.2a (Environmental Systems Research Institute, Inc), para execução do *layout* final das imagens *raster* para impressão.

Na terceira etapa, incorporou-se o uso de tomadas de decisão, com o intuito de satisfazer a um ou múltiplos critérios predeterminados relacionados à mobilidade e acessibilidade urbana. O processo de decisão consistiu na avaliação de maior adequabilidade para o uso em estudo, dentro de um determinado espaço geográfico (EASTMAN, 1997).

A forma de combinar os critérios, relativos à mobilidade e à acessibilidade urbana, a consideração de todos ou apenas parte deles (os melhores, os piores, os médios, ou qualquer combinação) e a forma como alguns critérios podem compensar outros são aspectos que assumiram grande importância nas decisões. Entre as atitudes mais extremas de risco na avaliação – conservadoras e arriscadas – pode haver lugar para cenários de avaliação que sejam mais compatíveis com as condições que contextualizam a decisão (MELO, 2001; LEITE, 2005).

Somando-se à abordagem quantitativa, foram enfocados também os métodos de análises sociais, os quais compreenderam uma série de medidas e índices com base nos dados qualitativos obtidos. O desafio foi relacionar esses métodos com atributos da lógica *fuzzy*, teoria em que o SIG modela gradualmente o espaço e tempo dos fenômenos geográficos (SUI, 1992). Mais especificamente, a lógica *fuzzy* permite a utilização de um intervalo para ponderar a adequabilidade entre os limites 0 e 1 ou 0 e 255, e não apenas estes ou aqueles, como no caso binário. Como é uma lógica que utiliza valores contínuos e não discretos, torna-se necessária uma representação por conjuntos, descritos por funções como as que seguem (SUI, 1992).

As variáveis utilizadas em *fuzzy* são chamadas de linguísticas por não terem valores precisos, e poderem ser definidas como na linguagem, representando um espectro de valores. Por exemplo, quando se diz que a temperatura está normal, isso não significa um valor exato, mas um intervalo (SUI, 1992).

Para comparar os critérios e chegar a uma avaliação, considerando também as próprias avaliações com intuito de produzir decisões, foi necessária a construção de uma regra de decisão, que se refere à padronização dos critérios, executadas por meio das funções de pertinência ao conjunto *fuzzy* (Sigmoidal, J-Shaped, Linear e User-Defined). No entanto, nem todos os critérios fatores podem ser padronizados dessa forma, por estarem em escala nominal. Nesse caso, são atribuídos valores arbitrários na escala de 0 menos apto a 255 mais apto.

(PÉRICO; CEMIN, 2006 p. 47). Como descrito anteriormente, a padronização uniformiza as unidades dos mapas numa escala comum de valores.

Nesse estudo, os critérios para a análise da mobilidade e acessibilidade urbana de Teresina, foram elencados tendo por base, inicialmente, o conceito de acessibilidade, determinado pelo acesso aos bens e serviço públicos municipais e pela facilidade aos bens primários de serviços urbanos, como: escolas públicas municipais, posto de saúde, vias de transporte público, áreas de comércio e indústria e o centro urbano, este último, devido à cidade de Teresina ainda ser muito dependente do seu centro inicial (Tabela 1).

Os critérios relacionados as funções *fuzzy*, foram gerados a partir dos estudos de dimensionamentos para áreas urbanas defendidos por Ferrari (1986) e Guimarães (2004), os quais estabelecem distâncias consideradas ótimas para a implantação dos equipamentos urbanos em relação à unidade habitacional, caracterizando o que foi denominado raio de ação ou de influência

Tabela 1. Critérios determinados para análise de acessibilidade e mobilidade na cidade de Teresina-PI .

Fatores de Distância	Faixa de Adequabilidade (m)		Função
Vias de transporte público	50	500	J-Shaped decrescente
Escolas municipais	400	1600	Sigmoidal decrescente
Postos de saúde	800	1600	Sigmoidal decrescente
Centro Urbano	0	10000	Linear simples decrescente
Zonas comerciais	800	2400	Sigmoidal decrescente
Centros comerciais	1600	3200	Sigmoidal decrescente
Zonas Industriais	1600	3200	Sigmoidal decrescente

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A abordagem proposta para o estudo da mobilidade e acessibilidade urbana na cidade de Teresina-PI parte do pressuposto de que um ambiente urbano compõe-se de diferentes localidades, ou seja, locais onde pessoas vivem e interagem com seus vizinhos, isto é, produzem o espaço. A intensidade dessas interações varia de acordo com o grau de proximidade entre pessoas e com o uso dos serviços urbanos: moradia, trabalho, estudo e lazer.

Para integração dessas informações tem sido bastante utilizada a elaboração de mapas temáticos, gerados pela sistematização de modelos conceituais e matemáticos e aplicados como métodos de estudo no sentido de compreender o uso da terra e sua mudança ao longo do tempo. Mesmo considerados simplificadores e reducionistas, os mapas temáticos podem servir como uma importante ferramenta na compreensão dos estudos urbanos especialmente quando aliados ao SIG, instrumento de planejamento urbano extremamente útil para compreensão dos estudos de processos e fenômenos da produção do espaço urbano, o qual permite uma abordagem holística e rápida para subsidiar as políticas públicas. Com esta integração e, portanto, sob uma abordagem espacial, a interpretação e análises dos dados tornam-se facilitadas, principalmente quando relacionadas ao estudo da mobilidade e acessibilidade urbana.

Nesse trabalho, os mapas temáticos gerados estão associados às variáveis urbanas, consideradas extremamente úteis para a mensuração do potencial de uso dos serviços urbanos e, subsequentemente, para verificar a acessibilidade aos bens de serviços da cidade, por meio do transporte público. Ademais, possibilita-se, por meio dessa abordagem, orientar a ordenação do uso e ocupação do solo quanto à aplicação de instrumentos legais, a qual se preocupa em distribuir espacialmente as atividades socioeconômicas visando a uma melhor ordenação na área urbana. As variáveis estão relacionadas com o processo de produção e reprodução do espaço associado às condições de vida da sociedade e determinado por ela. Essas variáveis

podem determinar o grau e a medida em que se dará a ampliação e o desenvolvimento das relações sociais urbanas.

Para comparar os critérios e chegar a uma análise urbana, foi utilizada a construção de uma regra de decisão, que se refere à padronização desses critérios, executada por meio das funções de pertinência ao conjunto *fuzzy* (Sigmoidal, J-Shaped, Linear e User-Defined). Na Figura 1, tem-se as imagens geradas para determinação dos critérios para a análise de acessibilidade.

O fator distância das vias em que transitam os transportes coletivos, considerado como um dos elementos principais, relacionado com a mobilidade e acessibilidade urbana. Observou-se que, apesar da grande malha viária, há diversas áreas fora da abrangência do raio de influência dessa variável, fator que indica áreas de baixa acessibilidade. Quanto ao critério relacionado às áreas educacionais municipais e à zona comercial, respectivamente, a cidade de Teresina possui fácil acesso, indicando alcance satisfatório a esses bens e serviços, considerando-se que a maior parte das áreas é envolvida pelo raio de influência dos fatores. Porém, no critério associado aos estabelecimentos básicos de saúde, observaram-se grandes áreas não contempladas, causando prejuízos no acesso, com reflexos negativos sobre a mobilidade urbana. Por meio dos critérios relacionados aos principais estabelecimentos de comércio da cidade e a zona industrial, verificou-se que há grandes áreas sem acesso imediato, tornando-as dependentes da malha viária, o que contribui para aumento da necessidade de grandes deslocamentos, criando, invariavelmente, sérios problemas de mobilidade urbana.

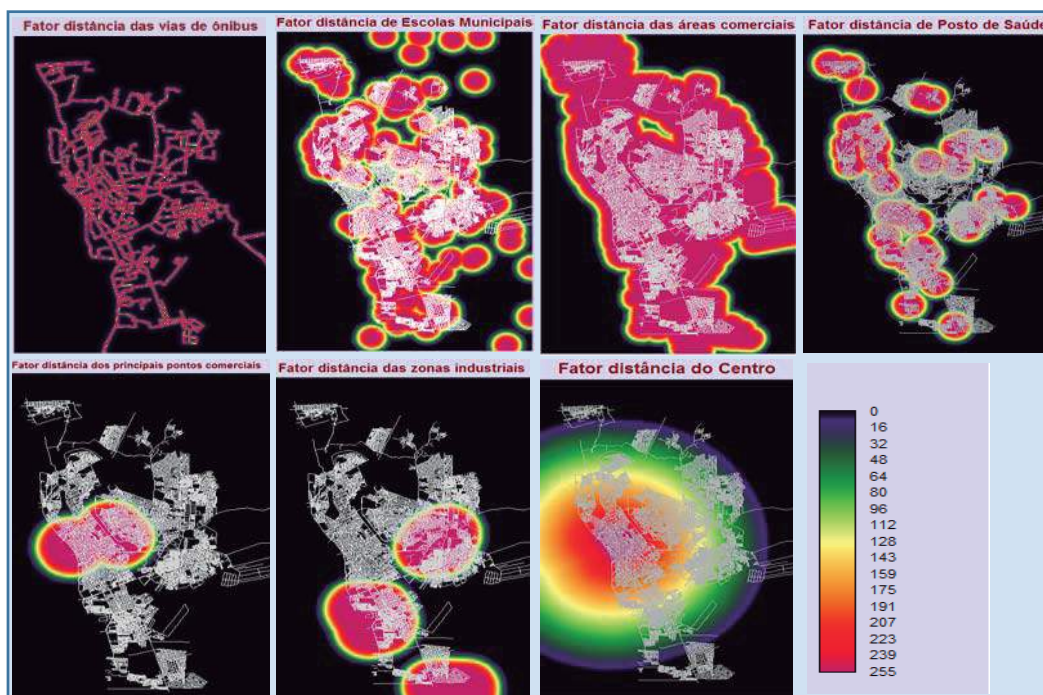


Figura 1. Mapas de aptidão relacionados aos fatores de bens de serviços da cidade de Teresina – Piauí.

O fator distância do centro urbano é importante em decorrência de Teresina manter as características de uma cidade monocêntrica, ou seja, muitos dos serviços institucionais e comerciais estão situados no seu eixo central. Como consequência dessa configuração geográfica, a população, na sua quase totalidade, necessita sistematicamente ir ao centro, gerando grandes deslocamentos e confluindo as linhas de desejos, comprometendo, sobremaneira, o fluxo de veículos e de pessoas. Observou-se que, devido a uma expansão urbana de forma espalhada, os bairros periféricos estão fora do raio de abrangência, ficando difícil o acesso das pessoas aos bens e serviços localizados na região central da cidade.

Os mapas de aptidão das áreas acessíveis estão apresentados na Figura 2. O processo de integração dos fatores discutidos anteriormente resultou em um *layer* de áreas potenciais de acessibilidade aos bens e serviços urbanos, com variação de 0, considerado de menor adequabilidade, a 228, considerado de maior adequabilidade. Assim, as cores avermelhadas representaram áreas com um potencial mais elevado de acessibilidade e aquelas mais escuras, próximas do preto, de menor potencial, as quais apresentam características como a distância do centro urbano e as distâncias dos postos de saúde, desfavoráveis à acessibilidade.

Observou-se, dessa forma, que os locais de maior acessibilidade estão relacionados à maior proximidade com as vias de transporte público, devido ao peso atribuído a esta característica e à similaridade com o fator de distância das principais zonas comerciais. Na cidade de Teresina, a maioria das zonas consideradas comerciais está situada em torno das vias urbanas, especialmente àquelas mais importantes ou de maior fluxo e isto favorece a acessibilidade.

Na abordagem realizada nesse estudo, diferentemente do que se faz com SIG em análise booleana, considerada muito restritiva (zero ou um), estabeleceu-se, por meio de mapas difusos, ou seja, com padrões de dados por semelhança, uma escala de grau de adequabilidade da área, com estratificações essenciais para geração de informações consideradas mais amplas e com uma conotação holística, que contribui para melhor percepção do planejamento urbano. Assim, em decorrência da possibilidade de agregar mais áreas, com análises de pontos semelhantes, há maior proximidade com a realidade, o que pode ser fundamental para formulação de políticas públicas de acessibilidade mais eficientes.

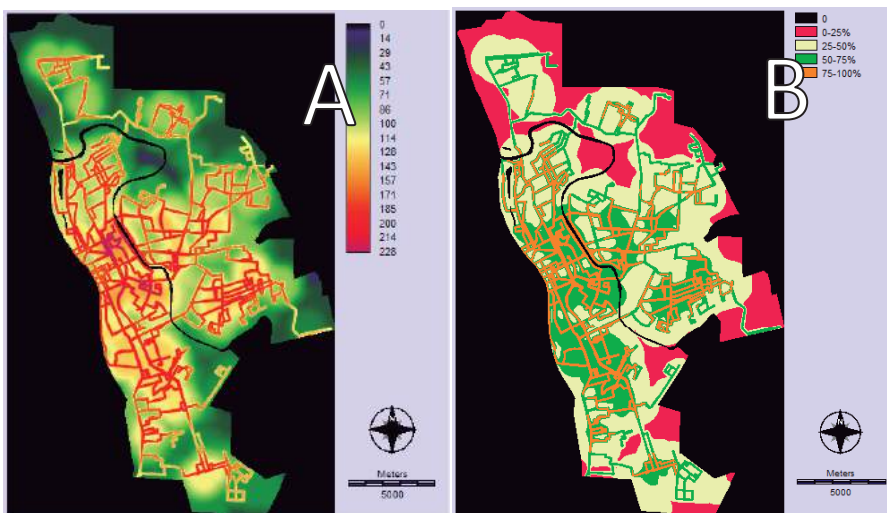


Figura 2. Mapa de aptidão das áreas com maior acessibilidade aos bens e serviços municipais da cidade de Teresina – Piauí, em análise difusa (A) e estratificada (B).

No mapa final de aptidão das áreas acessíveis aos bens e serviços municipais por porcentagem, com estratificação em quatro níveis. De acordo com análise do *layer* final de adequabilidade da área, constatou-se, com base no recorte da área, que a cidade de Teresina possui mais de 60% de sua área considerada de muito baixa a baixa acessibilidade, significando aproximadamente 150 km² (Tabela 2).

Tabela 2. Áreas acessíveis da cidade de Teresina quanto à classificação.

Aptidão de acessibilidade	Classificação de acessibilidade	Km ²	Relação com área total (%)
0-25%	Muito Baixa	49,9212	20,69
25-50%	Baixa	101,8921	42,23
50-75%	Média	54,50408	22,58
75-100%	Alta	34,9822	14,50

Por meio da estratificação das áreas acessíveis também se pôde observar que existem bolsões de áreas que possuem acessibilidade aos bens e serviços urbanos, mas que ficam isoladas, ou seja, são áreas periféricas que estão em processo de consolidação. Além disso, constatou-se que há áreas na zona leste onde a população tem alto poder aquisitivo, tendo baixa acessibilidade, o que pode ser atribuído ao fato de que existe maior utilização do automóvel, além de elevada demanda pelo uso de bens e serviços particulares, contrapondo-se àquela associada aos serviços públicos e ao transporte coletivo. Sousa (2005, p. 26) considera que “a acessibilidade é o acesso fácil, qualidade do que é acessível”, ou seja, numa perspectiva geográfica, é o melhor e mais rápido acesso a determinado(s) lugar(es), sendo a capacidade de se ter uma mobilidade “fluída” para realizar aquilo que se tem disponível em outro lugar, o que desta forma deve-se estender a todo o espaço urbano.

Em síntese, considerando-se os fatores relacionados à acessibilidade aos bens e serviços, ficou claro que alguns deles, como as distâncias às escolas municipais, às vias de tráfego de transporte público e às zonas comerciais proporcionam uma boa acessibilidade, enquanto outros, como as distâncias aos postos de saúde, ao centro urbano e ao trabalho, comprometem a acessibilidade plena e a mobilidade urbana.

Ressalte-se que estas percepções, calcadas em uma espacialização, devem ser relativizadas, já que outros componentes importantes, como a qualidade desses bens e serviços devam ser considerados. Assim, exemplificando, a presença de escolas e de linhas de ônibus em determinadas áreas, embora sob determinado prisma, seja considerado importante, tem sido, via de regra, acompanhada de serviços de má qualidade, notoriamente em áreas consideradas periféricas.

Essas periferias, conforme estabelecido por Santos (1996), são as materializações de mecanismos de exclusão/diferenciação espacial, tais como: habitações insuficientes e de má qualidade, inexistência de infraestrutura básica, baixa possibilidade de acesso rápido e confortável aos lugares de trabalho, malha viária e equipamento de transporte coletivo deficiente, o que indica obrigatoriamente, atenção especial dos gestores públicos para a geração de políticas públicas direcionadas ao atendimento com qualidade e oportunidade de acesso a toda população.

4. CONCLUSÕES

O espaço urbano é considerado produto e produtor das relações sociais. No primeiro caso, é produto das relações de mobilidade, de produção, de trabalho, de representações, de modos de vida. De outra forma, é produtor, pois à medida que é produzido, transforma as relações sociais daqueles que criam o espaço, daqueles que conduzem objetos, que carregam relações e ideias. Assim, ao mesmo tempo em que se produz o espaço, as pessoas são transformadas por esse espaço. Neste sentido, a produção do espaço urbano está sempre em processo, nunca é algo acabado, terminado.

Arelados intimamente à produção do espaço urbano estão a mobilidade e a acessibilidade das pessoas. As infraestruturas, que são estruturantes e estruturadas no espaço urbano, determinam a mobilidade que pode propiciar ou não a acessibilidade dos diversos setores da população a determinados lugares do espaço urbano. A mobilidade urbana permite, portanto, uma acessibilidade rápida e eficaz para determinados lugares no espaço a que se busca chegar, deslocar, enfim, atingir os objetivos da territorialidade ligados à funcionalidade urbana, da produção de mercadorias, do capital, entre outros. No entanto, por outro lado, a falta de mobilidade também propicia a não acessibilidade e/ou a imobilidade, isto é, a exclusão social nas relações sociais no espaço urbano. Desse modo, o espaço urbano é produto de relações desiguais que geram mobilidades e acessibilidades diferenciadas aos lugares.

Nesse estudo, em que se avaliaram as dimensões do espaço urbano e suas interações com a mobilidade e a acessibilidade urbana, pôde-se constatar que a utilização de um Sistema de Informação Geográfica associado à análise multicritério pode ser adequadamente integrada ao estudo da dinâmica urbana, considerando-se que as cidades constituem sistemas complexos não lineares e abertos. Além disso, a metodologia utilizada nesse trabalho pode ser empregada como apoio para outras pesquisas, que tenham como objetivo gerar mapas finais de aptidão para a implementação de políticas públicas que possam auxiliar na distribuição de infraestruturas diversas, que auxiliem nos zoneamentos urbanos de forma sustentável. Embora essas ferramentas não sejam as únicas com potencial para análise da mobilidade e acessibilidade urbana, elas atendem, em muitos casos, às necessidades de tempo e custos, possibilitando a geração e execução de pesquisas similares com grupos reduzidos de especialistas.

Com base nos resultados apresentados, concluiu-se que a aptidão das áreas de acessibilidade para a cidade de Teresina é variável e dependente em geral da localização dos bens e serviços públicos, sendo constatada, ainda, a importância desta em relação à mobilidade urbana que contribui para o aumento da qualidade de vida dos habitantes da cidade, além de ser um instrumento eficiente do ponto de vista da adoção de políticas de mobilidade urbana.

Vale pontuar que as áreas consideradas com boa acessibilidade não necessariamente significam melhoria da qualidade de vida à população, pois existem outros fatores que devem ser elencados nas análises espaciais como, por exemplo, a qualidade dos serviços de transportes públicos. Nesse sentido, os índices de mobilidade e acessibilidade, nos aglomerados urbanos, poderiam ser elevados a partir da criação de uma política que viabilizasse os potenciais socioeconômicos dos trabalhadores e incentivasse a melhoria do transporte coletivo. O controle da mobilidade torna-se um aspecto de suma relevância no sentido de contribuir com soluções ou alternativas, e mesmo com possíveis melhorias, as quais possam proporcionar um adequado contexto relacionado ao trânsito, de forma a possibilitar uma aplicabilidade aos sistemas envolvidos, a fim de diminuir possíveis danos ao convívio social e colaborando efetivamente com a produção e reprodução do espaço urbano.

Estudos futuros devem ser realizados de modo a se avaliar quais as implicações envolvidas na mobilidade, considerando-se, além dos fatores relacionados aos bens e serviços públicos, os aspectos vinculados à circulação humana, às vias de transporte público e às condições nas quais elas se encontram, assim como as dimensões psicológica e social de seu principal agente modificador do espaço, o homem.

REFERENCIAS

Cardoso, L. 2007. 232 f. Transporte público, acessibilidade urbana e desigualdades socioespaciais na região Metropolitana de Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Eastman, J. R. 1997. IDRISI for Windows: User's Guide. Version 2.0. Worcester: Clark University - Graduate School of Geography.

Ferrari, C. 1986. Curso de Planejamento Municipal Integrado. 5ª ed. São Paulo: Livraria Pioneira.

Guimarães, P.P. 2004. Configuração urbana: evolução, avaliação, planejamento e urbanização. São Paulo: ProLivros,

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. 2011 Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 16 mar. 2013.

Lefebvre, H. 1999. A revolução urbana. Tradução: Sérgio Martins. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Lefebvre, H. 1993. The production of space. Oxford: Blackwell. 3 ed.

- Lefebvre, H. 1972. O pensamento Marxista e a cidade. Tradução: Maria Iadalina Furtado. São Paulo: Ulisseia,
- Leite, N. B.F. 2005. Associação da Análise Booleana e Lógica Fuzzy ao sistema de informação geográfica aplicados a Planos Diretores. Estudo de caso: Ponte Nova, MG. 2005. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UFV, Viçosa.
- Melo, A. L. O. de. 2001. Avaliação e seleção de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando *lógica fuzzy* e *análise multi-critério*: uma proposta metodológica. Aplicação ao município de Cachoeiro de Itapemirim- ES. 2001. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFV, Viçosa,
- Ojima, R. 2005. Periferização e as formas urbanas contemporâneas: repensando os riscos na metrópole. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA – SIMPURB, 9., 2005, Manaus. Anais... Manaus: Ed. UFAM.
- Pereira, S.R. 2006. Percursos urbanos: mobilidade espacial, acessibilidade e o direito à cidade. 2006. 336 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- Périco, E.; Cemin, G. 2006. Planejamento do uso do solo em ambiente SIG: alocação de um distrito industrial no município de Lajeado, RS, Brasil. Estudos Geográficos, Rio Claro, v. 4, n. 1, p. 41-52.
- Pilon, J. A; Xavier, A. A. de . 2006. O emprego do micro-ônibus na melhoria de acessibilidade ao sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória - ES. In: Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 26., 2006, Fortaleza. Anais..., Fortaleza: ABEPRO.
- Santos, M. 2005. A Urbanização Brasileira. 5 ed., São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo,
- Sousa, M. T. R. 2005. Mobilidade e acessibilidade no espaço urbano. Revista Sociedade e Natureza, Uberlândia, v. 17, n. 33, p. 119-129.
- Sui, D. Z. 1992. A fuzzy GIS modeling approach for Urban land evaluation. Computers, Environment and Urban Systems, Florida, v. 16, n. 2, p.101-115.
- Torres, H. da G. 2002. Migration and the environment: a view from Brazilian metropolitan areas. In: Hogan, Daniel J.; Berquó, Elza; Costa, Heloísa S. M. (Orgs.) Population and environment in Brazil: Rio + 10. Campinas: CNPD, ABEP, NEPO, 2002. p. 147-166.
- UNFPA, United Nations Population Fund. State of world population 2007; Unleashing the potential of Urban Growth, UN, 2007. Disponível para download em http://www.unfpa.org/upload/lib_pub_file/695_filename_sowp2007_eng.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2013.
- Weber, E. J.; Hasenack, H. 2000. Avaliação de áreas para a instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. Congresso E Feira Para Usuários De Geoprocessamento Da América Latina, 6., 2000. Salvador. Anais... Salvador.

Acessibilidade em Edifícios Públicos em Fortaleza - Brasil

Chenia Figueiredo

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia, Brasília/DF, Brasil
chenia@unb.br

Camila Landim

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia, Brasília/DF, Brasil
landim@gmail.com

ABSTRACT: Public spaces are essential to integrate citizens because they are environments where leisure can take place and where educational, cultural and resting activities can be held, making its access democratic for users. Using the requisites established at NBR 9050:2004, this research evaluated accessibility in four different public buildings in Fortaleza, Brazil. The results showed that the buildings built or renewed after the mentioned standard was reviewed – in 2004 – are the only ones that follow the established accessibility criteria, although none of them can be considered a reference in terms of accessibility.

Keywords: accessibility, architecture.

RESUMO: Os espaços públicos são fundamentais para a integração dos cidadãos pois constituem ambientes que servem como base para atividades de lazer, possibilitam realizar atividades educativas, culturais e de descanso, democratizando o acesso aos usuários. Esta pesquisa constitui um estudo voltado para a avaliação da acessibilidade de quatro edificações de uso público em Fortaleza, no Brasil, utilizando como base os requisitos da norma de acessibilidade NBR 9050:2004. Os resultados mostraram que apenas as edificações avaliadas construídas ou reformadas após a revisão da norma brasileira, em 2004, atendem bem aos requisitos de acessibilidade, embora nenhuma seja considerada referência no quesito acessibilidade.

Palavras-chave: acessibilidade, arquitetura.

1 INTRODUÇÃO

Com o representativo aumento da população de idosos e da expectativa de vida e a identificação de um número relevante de pessoas portadoras de necessidades especiais no Brasil, torna-se evidente a preocupação dos profissionais da área com os aspectos técnicos a serem observados na elaboração dos projetos e na construção das edificações. Segundo dados do censo 2010 do IBGE, as pessoas com algum tipo de deficiência no Brasil chegam a 45 milhões de pessoas, ou seja, 23,9% da população do País. Os números chamam a atenção para a necessidade do planejamento de espaços cujo acesso seja garantido a qualquer usuário, com autonomia e independência.

O conceito da acessibilidade não está relacionado apenas à questão da arquitetura e urbanismo. O termo é muito mais amplo do que apenas a orientação espacial, entretanto esta pesquisa contempla principalmente a acessibilidade em edificações construídas. É perceptível como o Portador de Necessidade Especial - PNE ou o Portador de Mobilidade Reduzida - PMR são prejudicados por consequência de arquiteturas afastadas de suas realidades.

As edificações públicas são entendidas como espaços que prestam algum tipo de serviço ou que proporcionem aos cidadãos momentos de lazer, cultura e entretenimento. Promover a acessibilidade nesses ambientes é fundamental para que as pessoas, independentemente de suas habilidades e restrições, exerçam seu direito de lazer, ampliem seu convívio social e participem de atividades culturais. Sabemos que, para garantir que os espaços atendam à maior

diversidade possível de usuários, é fundamental que os arquitetos procurem desenhá-los de forma inclusiva.

Alguns trabalhos de levantamento da acessibilidade em edificações encontrados no Brasil (Mendes, 2009; Oliveira, 2006; Bezerra et al., 2006; Frosch e Novaes, 2006) mostraram que as mudanças ainda não atendem todas as edificações, que ainda falta uma conscientização dos profissionais da área. Podemos observar que a acessibilidade hoje, no Brasil, encontra-se em um momento de transição. Há alguns anos vemos que existe o interesse pela mudança, sendo a acessibilidade um novo nicho de mercado.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar as condições de acessibilidade para os Portadores de Necessidades Especiais ou Portadores de Mobilidade Reduzida por meio da inspeção em edificações turísticas na cidade de Fortaleza. A Norma Técnica Brasileira (NBR 9050, 2004) foi utilizada como base para essa avaliação.

3 METODOLOGIA

3.1 Edificações avaliadas

O presente estudo avaliou a acessibilidade em quatro edifícios públicos e turísticos em Fortaleza através de uma ficha de avaliação da edificação, utilizando como conteúdo as exigências da norma brasileira de acessibilidade NBR 9050:2004.

As edificações avaliadas, respectivamente apresentadas na Figura 1, foram: Theatro José de Alencar - inaugurado em 1910, apresenta arquitetura eclética, sala de espetáculo em estilo *art nouveau*, auditório de 120 lugares, foyer, espaço cênico a céu aberto e o prédio anexo; Centro Dragão-do-mar de Arte e Cultura – é um centro cultural na praia de Iracema, inaugurado em 1999, construído em uma antiga área portuária; Mercado Central de Fortaleza – é um centro de lojas de produtos regionais, artesanato e decoração, tendo sua história iniciada em 1809, contudo a construção atual foi em 1998; e Jardim Japonês - é um espaço de convivência, inaugurado em 2011.



Figura1. Edificações avaliadas: Theatro José de Alencar, Centro Dragão-do-mar de Arte e Cultura, Mercado Central de Fortaleza e Jardim Japonês .

3.2 Procedimento de avaliação

A ficha para avaliação das edificações utilizada na pesquisa foi criada na forma de uma planilha composta por 18 exigências, sendo estas divididas entre os itens: estacionamento; circulação externa; acesso ao estabelecimento; rampa; piso; corrimão; circulação interna; mobiliário/equipamentos; e sanitários (Tabela 1). A ficha de avaliação aqui proposta (Landim, 2011) atribuiu maior peso aos itens da norma considerados essenciais para se obter o mínimo de acessibilidade (em um espaço público de visitação turística), baseado no Guia de Acessibilidade de Goiânia, publicado pelo CREA-GO (2008), o qual considera diversos critérios na avaliação do grau de relevância (peso) dos itens propostos pela norma e na entrevista realizada com 5 (cinco) portadores de necessidades especiais.

Tabela 1. Ficha de avaliação da acessibilidade das edificações.

Item avaliado	Atende	Não atende	Não existe	Peso*
a) Estacionamento: não obrigatório. Verificar se existe estacionamento privativo acima de 10 vagas. Caso exista, este deve estar demarcado no piso e possuir placa de sinalização de acordo com a norma.				2,00
b) Circulação externa: É obrigatório. Deverá possuir pisos antiderrapantes e nivelados.				1,50
c) Acesso ao estabelecimento: Deverá existir uma opção de acesso, seja rampa ou sistema elevatório.				2,00
d) Rampa: Largura mínima de 90 cm				2,00
Rampa: Inclinação máxima: 8,33%				2,00
Rampa: Piso Antiderrapante				1,00
e) Piso tátil de alerta: No início e no fim do desnivelamento.				1,00
f) Corrimão: corrimão dos dois lados da rampa, com duas alturas (70 cm e 92 cm).				1,00
g) Circulação interna: Ter acesso em todos os ambientes.				1,50
h) Mobiliário/Equipamentos: Balcões de atendimento, bebedouro, telefones públicos e mesas em alturas corretas, sem obstáculos para facilitar a aproximação dos cadeirantes.				1,00
i) Sanitários: Sanitários acessíveis para cadeirantes, com barras de transferência e acessórios seguindo a Norma. Acessórios fixados na parede em altura acessível.				1,50
Porta do sanitário: Largura Mínima de 80 cm.				1,50
Box do banheiro: Mínimo de 1,50 m x 1,70 m				1,50
Lavatório: Preferencialmente dentro do box.				1,00
Barras de apoio – fixadas na horizontal: 80 cm de comprimento; 75 cm de altura do piso. Fixar uma na parede lateral e outra na parede do fundo da bacia sanitária.				1,00
Bancada dos sanitários com altura de 78 cm a 80 cm, com barras de apoio.				1,00
Interruptor e Acessórios: Fixados na altura entre a faixa de alcance de 80 cm a 1,20 m.				1,00
Puxador: Em alavanca				1,00

*Critério de acessibilidade em que o peso representa o grau de relevância dos itens analisados levando em consideração entrevistas com usuários portadores de necessidades físicas (Landim, 2011).

Cada um dos itens da tabela pode ser classificado como: *Atende*, *Não Atende* ou *Não Existe*. O item é classificado como *Atende* quando se apresenta de acordo com as exigências da norma ou, pelo menos, atende à maioria dos requisitos sem representar perigo para o usuário em questão; quando classificado como *Não atende*, o item verificado não se apresenta em conformidade com as exigências da norma ou quando o item não existia, sem, no entanto comprometer a acessibilidade dos usuários à edificação; o item classificado como *Não Existe* revela que o item avaliado não existe, mas sua inexistência não compromete a segurança do usuário, embora sua existência pudesse proporcionar maior conforto e segurança dos usuários em questão.

A norma não trata sobre o grau de relevância das exigências relacionadas à acessibilidade, contudo, para elaboração do presente estudo esse fator será definido baseado na entrevista escrita realizada com 5 (cinco) portadores de necessidades especiais, residentes na cidade de Fortaleza, considerando os 18 itens avaliados. Foi atribuído um peso de 1,0 (pouco relevante); 1,5 (moderadamente relevante) e 2,0 (muito importante). Os valores adotados correspondem à

média atribuída pelos cinco entrevistados, sendo que, não houve divergência do grau de relevância de nenhum dos itens avaliado por eles. O questionário completo encontra-se no trabalho de Landim (2011).

Sabemos que todos os itens da norma devem ser atendidos para que uma edificação seja acessível, contudo, na extração dos resultados deste trabalho é importante, por exemplo, que o acesso principal ao estabelecimento tenha maior importância que as barras de apoio dos banheiros.

Para análise da acessibilidade das edificações foram propostos três níveis: *acessível*, *semi-acessível* ou *inacessível*, conforme critério utilizado por Almeida, apud Landim (2011). A edificação é classificada como *acessível* quando permite que o usuário tenha acesso à edificação com autonomia e segurança; *semi-acessível* quando permite ao usuário acesso à edificação com restrições de uso em determinados locais; e *inacessível* quando não permite acesso com autonomia da pessoa portadora de necessidades especiais ou com mobilidade reduzida.

A edificação será considerada acessível quando os itens avaliados na Tabela 1, considerando os pesos pré-estabelecidos, atenderem mais de 61% do total; semi-acessível quando estiverem entre 31 e 60% do total; e inacessível se estiver abaixo de 30%. Ressaltamos que os estabelecimentos qualificados como *acessível* podem não atender a todos os requisitos da norma avaliados nesse estudo.

Após análise de resultados considerando os pesos atribuídos conforme o grau de relevância do item foi calculado o índice de acessibilidade. O índice de acessibilidade define o percentual de itens que atendem os critérios definidos na Tabela 1, ou seja, as principais exigências da norma de acessibilidade, semelhante ao proposto no Guia de Acessibilidade de Goiânia (2008). Nesse caso, todos os itens avaliados possuem o mesmo peso, ou seja, consideramos que para a edificação ser acessível, todos seus itens devem ser contemplados.

O índice de acessibilidade, proposto por Bezerra et al. (2006), representa a relação dos itens em conformidade com a norma (número de itens marcados como “atende”) em relação ao total de itens avaliados (número de itens marcados como “atende” e “não atende”), em percentual, calculado para cada edificação pesquisada, representada pela Equação 1:

$$I.A (\%) = \frac{\text{Itens em conformidade com a Norma}}{\text{Itens totais avaliados}} \quad (1)$$

onde, os itens em conformidade com a Norma representam o número de itens marcados como ATENDE e os Itens totais avaliados representam o número de itens marcados como ATENDE e NÃO ATENDE.

O Índice de Acessibilidade aqui apresentado, considerou todos os itens da norma, avaliados conforme descritos na Tabela 1, com o mesmo peso. Neste caso, não será considerado o grau de relevância do item. Neste cálculo, os itens marcados como “não existe” não foram considerados.

Os resultados aqui apresentados fazem parte de uma análise determinística em quatro edificações públicas avaliadas na cidade de Fortaleza, com diferentes concepções arquitetônicas. Foram realizadas algumas visitas de caráter exploratório *in loco* nas edificações para coleta de dados para preenchimento da ficha de análise da acessibilidade e registros fotográficos entre junho de 2010 a julho de 2011.

4 ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE DAS EDIFICAÇÕES AVALIADAS

Os resultados mostram que, considerando os itens avaliados na presente pesquisa, medidos pelo Índice de Acessibilidade, o Teatro José de Alencar e o Mercado Central não cumprem as

exigências da norma técnica relativos à acessibilidade, para proporcionar o mínimo de segurança e autonomia a seus usuários. O Índice de Acessibilidade encontrado no Centro Cultural Dragão do Mar de Arte e Cultura e no Jardim Japonês atingiu o maior nível de satisfação dentre os espaços avaliados, o que os torna dois dos pontos turísticos mais acessíveis da cidade de Fortaleza. Abaixo, esboçamos graficamente a comparação entre os espaços analisados (Figura 2):

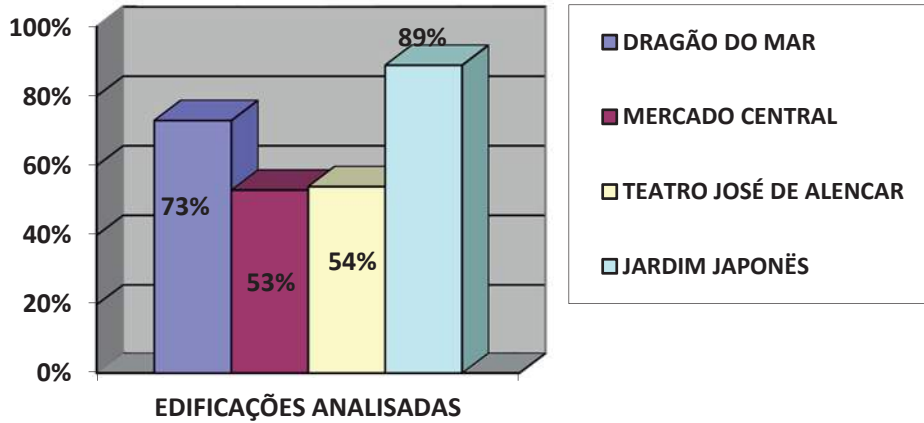


Figura 2. Gráfico comparativo das edificações analisadas de acordo com o Índice de Acessibilidade obtido.

Analisamos, ainda, tais espaços do ponto de vista do grau de importância dos itens, em que classificamos cada item com três variações de pontuação (peso 1,0; 1,5 e 2,0), de acordo com a Tabela 1. Relacionamos cada pontuação aos itens consoante ao grau de importância para os cadeirantes ou PMR. Fizemos um somatório dessa pontuação considerando os 18 itens de acessibilidade avaliados, cuja pontuação máxima seria de 24,5 pontos, caso a edificação fosse 100% acessível. Os itens marcados na tabela como *Não Existe*, não foram considerados na pontuação, ou seja, a pontuação total máxima varia de acordo com a edificação específica analisada.

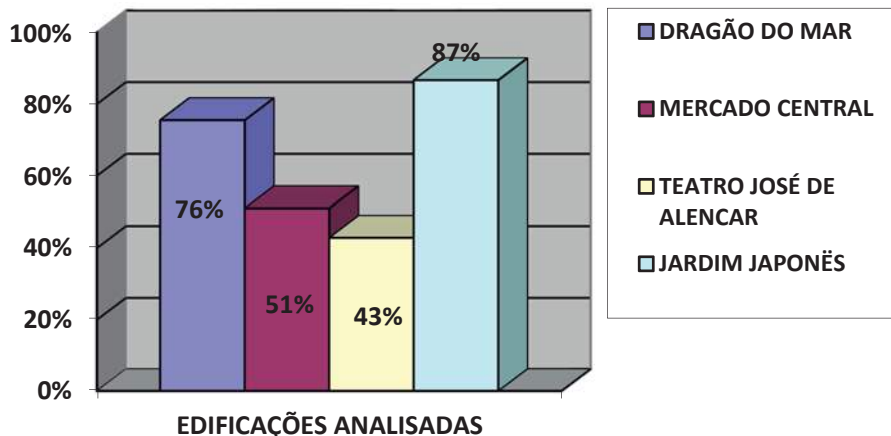


Figura3. Avaliação da Acessibilidade segundo o grau de relevância das edificações avaliadas.

Os resultados são semelhantes aos valores do Índice de Acessibilidade (Figura 2). O Centro Dragão do Mar de Arte e Cultura e o Jardim Japonês são os mais *acessíveis*, já que atenderam a 75,51% e 86,67%, respectivamente, de acessibilidade, considerando o grau de relevância (Tabela 1) adotado. O Theatro José de Alencar atendeu apenas a 42,86% e o Mercado Central de Fortaleza a 51,02% da pontuação, levando em questão os critérios de acessibilidade. A Figura 3 apresenta o resultado da avaliação da acessibilidade segundo o grau de relevância das edificações avaliadas.

Com base nos dados apresentados na Figura 2 e 3, podemos observar que a acessibilidade variou, embora pouco, segundo o critério utilizado para análise. Nos dois critérios de avaliação, o Teatro José de Alencar e o Mercado Central de Fortaleza tiveram suas edificações classificadas como *semi-acessíveis* com valores médios de 42 a 53%; já o Centro Cultural Dragão do Mar de Arte e Cultura e o Jardim Japonês, foram considerados *acessíveis* com valores entre 72 e 86%.

Podemos observar que o Jardim Japonês é o mais acessível entre todas as edificações analisadas, atendendo a quase todos os itens avaliados. Isso pode ser justificado pelo fato desse espaço praça jardim, que melhor o define, ser o mais novo dentre os avaliados (entregue no ano de 2011) e ter sido considerado em seu escopo de projeto a questão da acessibilidade.

Com base nos itens de acessibilidade apresentados na Tabela 1 foi elaborado uma legenda visual, conforme apresentado no Guia de Acessibilidade de Goiânia (2008), através de símbolos, que permite classificar a acessibilidade das edificações rapidamente, conforme apresentado na Figura 4. No guia foram relacionados 12 símbolos, quatro referentes ao estacionamento, quatro ao acesso e quatro ao sanitário.













Legenda de Identificação da Acessibilidade da Edificação		
Estacionamento	Acesso	Sanitário
 Estacionamento pago	 Rampa	 Incorretamente Adaptado
 Vaga reservada no estacionamento privativo	 Escada	 Corretamente Adaptado
 Não tem vaga no estacionamento privativo	 Plano	 Não há sanitário acessível
 Não tem Estacionamento	 Elevador ou plataforma elevatória	 Não há sanitário

Figura 4. Legenda visual para classificar a acessibilidade das edificações.

A Figura 5 apresenta a legenda visual resultado da análise aqui apresentada para as quatro edificações turísticas em Fortaleza. O objetivo dessa legenda é ter um modelo de guia de acessibilidade rápido e fácil que poderia ser fixado em um painel na entrada das edificações públicas da cidade ou através de um livro-guia entregue pela prefeitura aos turistas. Semelhante tabela foi criada em um livro-guia (Guia de Acessibilidade de Goiânia, 2008).

Nos edifícios turísticos e na maioria das construções de uso coletivo, observamos que as pessoas com deficiência física não conseguem se locomover de forma autônoma e segura, pois não basta ter rampa de acesso, por exemplo. É preciso que o piso da rampa seja antiderrapante, a inclinação deve ser a recomendada pela NBR 9050:2004, o corrimão de apoio deve estar nos dois lados da rampa, com duas alturas, etc.

Com base nos dados encontrados podemos observar que as edificações que mais atenderam aos itens da norma foram o Centro Cultural Dragão do Mar de Arte e Cultura e o Jardim Japonês. O primeiro passou por intervenções e reformas relacionadas à acessibilidade, mas, apesar das intervenções, ainda existem alguns ajustes e itens que não foram atendidos. O Jardim Japonês foi construído depois da norma e priorizou a acessibilidade das pessoas com alguma restrição física e visual.

Podemos observar que as edificações estudadas, quanto mais antigas, menos acessível estão. Esta questão pode ser resolvida com reformas e intervenções arquitetônicas com objetivo de

promover a acessibilidade para todos, ou seja, a inclusão social, como foi feita, em parte, no Centro Cultural Dragão do Mar em sua última reforma, finalizada em 2009.













Legenda de Identificação da Acessibilidade das Edificação Analisadas			
1. Teatro José de Alencar de Fortaleza			
2. Centro Cultural Dragão do Mar de Arte e Cultura			
3. Mercado Central de Fortaleza			
4. Jardim Japonês			

Figura 5. Legenda visual das edificações avaliadas em Fortaleza.

O Centro Cultural Dragão do Mar, apesar de construído antes da revisão da norma em 2004, passou por uma grande intervenção dos arquitetos do GTPA – Grupo de Trabalho e Planejamento em Acessibilidade, que procedeu a um levantamento de dados de todas as necessidades para torná-lo acessível. A acessibilidade da edificação é de aproximadamente 75%.

Pode-se observar, pelos pontos avaliados, conforme exigências da NBR 9050:2004, que a acessibilidade deixa a desejar por diversos fatores, como: negligência dos dados conceituais de projeto, falta de conhecimento específico na época da concepção do projeto, falta de recurso financeiro necessário para atender a todas as exigências, falta de fiscalização dos órgãos competentes durante a execução do projeto, o que faz com que os construtores não se preocupem em executar as obras em conformidade com a norma.

Em algumas edificações, podemos observar a falta de acesso aos pavimentos superiores, como no caso do Theatro José de Alencar. Atualmente, temos várias opções para atendermos a todos os visitantes das edificações sem prejudicar a arquitetura histórica. Há algumas opções, que não se restringem ao uso de plataformas elevatórias, como mostramos. Equipamentos como, por exemplo, o carro escaldor de escadas que possui conexões reguláveis e seguras para acoplar a cadeira de rodas (produto em conformidade com o Decreto Federal nº 5.296) é uma boa opção para edifícios tombados, onde não seja possível fazer uma mudança na arquitetura para incluir uma plataforma elevatória ou um elevador ou por questões financeiras, estéticas ou históricas. Ações desse tipo evitariam o constrangimento das pessoas portadoras de necessidades especiais que não tem acesso ao pavimento superior de algumas edificações.

5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa de campo consiste em um tipo de avaliação pós-ocupação que pode ser utilizada para fornecer subsídios aos novos projetos, viabilizar a introdução de melhorias no ambiente analisado, fornecer documentos para eventuais adequações e estudos de caso semelhantes.

O resultado dessa pesquisa mostrou que as condições de acessibilidade em duas das edificações analisadas, Mercado Central e Theatro José de Alencar, foram as mínimas dentro do que é admissível e foram consideradas como *semi-acessível*, segundo os critérios aqui adotados. As outras duas edificações, Centro Cultural Dragão do Mar e Jardim Japonês, por terem sido reformadas e construídas recentemente, atenderam bem à questão da acessibilidade, muito embora devam ainda passar por adaptações para atender de forma mais ampla a acessibilidade espacial.

O uso equitativo é um dos princípios do desenho universal, o qual determina que o projeto deve disponibilizar a possibilidade de uso por todos os usuários independentemente de sua restrição.

Esse princípio, em termos práticos, foi verificado apenas no Centro Cultural Dragão do Mar de Arte e Cultura e no Jardim Japonês.

A principal barreira física encontrada foi verificada no Theatro José de Alencar, onde as pessoas com alguma restrição física não possuem acesso ao segundo pavimento que dá acesso ao salão nobre, ao *foyer* e aos camarotes desse equipamento, anulando a socialização e convivência necessária para inclusão social nesses ambientes.

Os projetos devem ser pensados visando atender o maior número de pessoas possível e isso inclui o PNE e PMR. O projeto arquitetônico das edificações turísticas, quando é pensado de forma a atender a todos, visa à satisfação dos visitantes, aumentando, assim, o foco turístico e, mais ainda, conscientizar-se da real importância da inclusão social, que ainda é um problema social.

No decorrer deste trabalho, destacamos a importância de aplicarmos o conceito do desenho universal na elaboração dos projetos arquitetônicos. Se todas as edificações avaliadas tivessem sido projetadas com base nesse conceito, o Índice de Acessibilidade certamente teria sido elevado em todas as avaliações.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 2004. NBR 9050:2004 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT.

Bezerra, N. M. et al. 2006. Avaliação da acessibilidade em edificações de uso coletivo em Recife-PE. Florianópolis: ENTAC.

Cambiaghi, S. 2007. Desenho universal. São Paulo: SENAC.

Frosch, R. & Novaes, C. C. 2006. Análise dos requisitos de acessibilidade em edifícios residenciais. Florianópolis: ENTAC.

Guia da acessibilidade de Goiânia. 2008. Goiânia: CREA-GO.

Landim, C. B. P. 2011. Avaliação da acessibilidade em edifícios públicos em Fortaleza. Brasília: PPGFAU, UnB.

Mendes, A. B. 2009. Avaliação das condições de acessibilidade para pessoas com deficiência visual em edificações em Brasília – Estudos de Casos. Brasília: PPGFAU, UnB.

Oliveira, A. S. D. A. 2006. Acessibilidade espacial em centro cultural. Florianópolis: PPGFAU, UFSC.

Requalificação do antigo hotel Tropicana para adaptação em um EHIS

Marina Fontenele

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Arquitetura, João Pessoa/PB, Brasil
marina_fonte@hotmail.com

Elisabetta Romano

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Arquitetura, João Pessoa/PB, Brasil
elisabetta.romano@gmail.com

ABSTRACT: This project is a deployment of the research conducted in 2014 about " the role of social movements in strengthening the affectivity of the city statute, as articulators of shared recon quest of cities centers : a general overview on the experience of João Pessoa, Paraíba" in which it was confirmed the importance and the feasibility of revitalization and implementation of a housing enterprise of social interest (EHIS) concerning the Tropicana Building, situated in the center of the city of João Pessoa, Paraíba, actually occupied by homeless families. In this sense, the objective of this project is to elaborate in a collective way, a preliminary study of reform to adapt the building into a Social Housing Enterprise, looking for sustainable and low cost solutions, in order to achieve the project execution.

Keywords: Social Housing in the center, right to the City

RESUMO: Este projeto surgiu como um desdobramento do trabalho de pesquisa realizado em 2014 intitulada "o papel dos movimentos sociais no fortalecimento da efetivação do estatuto da cidade como articuladores de ações de reconquista dos centros: um olhar sobre a experiência de João Pessoa, Paraíba", no qual se constatou a importância e a viabilidade da revitalização e implantação de um empreendimento habitacional de interesse social (EHIS) no então denominado Edifício Tropicana, situado no centro da cidade de João Pessoa, Paraíba, hoje ocupado por famílias sem teto. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi construir de forma coletiva, um estudo preliminar de reforma para a adaptação do prédio em um Empreendimento Habitacional de Interesse Social (EHIS), visando soluções sustentáveis e que requeiram o menor custo possível para a realização do empreendimento.

Palavras-chave: Habitação de interesse social, centros urbanos, direito à cidade.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Delimitação do problema

Dispõe o artigo 182º da Constituição Federal, que a política de desenvolvimento urbano será executada pelo Poder Público Municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em Lei, e tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes. Em seu parágrafo 2º define que a propriedade urbana cumpre sua Função Social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no Plano Diretor Municipal.

A Lei, referida na Constituição, foi consolidada e promulgada em 2001, sob nº. 10.257, denominada Estatuto da Cidade, e estabelece, como uma das principais diretrizes da Política Urbana Nacional, entre outros importantes instrumentos, o combate à especulação imobiliária. Por outro lado, determina que os Planos Diretores, cuja atribuição está restrita à esfera municipal, de-

vem definir e caracterizar a Função Social da propriedade urbana, e prever, no seu descumprimento, a aplicação dos instrumentos urbanísticos preconizados no Estatuto da Cidade, entre eles o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, o IPTU progressivo, e a desapropriação com pagamento em títulos da dívida pública.

O Estatuto da Cidade foi uma grande conquista para a história nacional, mas infelizmente ainda não está sendo utilizado de forma efetiva para transformar o intenso processo de urbanização desigual, injusta e predatória que assolou o país, que, segundo dados do IBGE (2010), cinquenta anos atrás era essencialmente rural e hoje tem cerca de 82% de sua população morando nas cidades.

O maior desafio atualmente é pensar estratégias no âmbito de um dos princípios fundamentais do Estatuto, que é a participação popular na construção da democracia participativa. Assim, considera-se que o projeto participativo seja um meio de responder aos problemas sociais e políticos envolvidos na arquitetura e no urbanismo e um dos possíveis métodos para se alcançar um resultado de sucesso. Para tanto, fez-se necessário neste trabalho compor um referencial teórico de estudos de caso de processos participativos, com a finalidade de servir de orientação para melhor compreender qual é o novo papel pelo arquiteto e como ocorrem as relações com o cliente, decorrentes deste novo processo de projetar, e com isso, identificar procedimentos de trabalho que incorporem a participação do usuário no processo de elaboração de projetos.

O processo projetivo arquitetônico contemporâneo deve integrar os diferentes conhecimentos dos clientes, usuários e projetistas para que o projeto sofra menos alterações e seja mais adequado à demanda. (Matos, 2010)

Nesse sentido, a importância desse trabalho reside na elaboração de um projeto participativo de reforma do prédio, com o intuito de que este possa vir a exercer papel fundamental para pressionar as instituições públicas no sentido de destinarem o prédio à moradia de interesse social, como também, e principalmente, de viabilizarem a liberação de um financiamento público para a efetiva implantação do projeto. Para atingir este objetivo, o projeto não pode ser desenvolvido sem o efetivo envolvimento de todos os atores sociais que hoje interagem na ocupação – moradores, lideranças do movimento Terra Livre, estudantes integrantes de grupos de pesquisa e extensão da Universidade Federal da Paraíba e dos profissionais “amigos da causa” inseridos na luta. Somente desta forma será possível garantir que os reais anseios de seus ocupantes sejam expressos, de forma que a comunidade se aproprie do projeto e passe a lutar pela sua efetivação.

A Constituição Federal de 1988 e o Estatuto da cidade trazem elementos fundamentais para reverter o processo histórico de desenvolvimento desigual das nossas cidades: - a função social da cidade e da propriedade e a participação popular no planejamento e gestão das cidades. [...] Tornar viáveis e efetivar esses elementos é o grande desafio a superar, para construir o processo de gestão democrática, com participação ampla dos habitantes na condução do destino das cidades. (Rolnik, 2011)

Entende-se que, se a “Ocupação Tijolino Vermelho” for apenas um instrumento de pressão para conseguir moradia através do programa de governo Minha Casa Minha Vida (MCMV), o movimento acabará alcançando apenas parcialmente seus objetivos, deixando de lado o que no fundo mais importa nessa luta: reverter a forma predatória com a qual a especulação imobiliária tem barrado o direito à cidade à população de menor renda.

Acredita-se que o processo da construção do projeto participativo servirá principalmente para fomentar a formação da consciência dos moradores no sentido de fazê-los compreender que morar é mais que possuir uma casa, é principalmente identificar-se com o lugar e apropriar-se dele como parte da cidade.

1.2 Objeto, objetivo geral e justificativa.

Além de um grande estoque de imóveis vazios, o centro de João Pessoa conta com uma infraestrutura consolidada e tida como subutilizada. Estimular habitação de interesse social nas estruturas “vazias” do centro, pouparia recursos públicos que estão sendo investidos para se levar infraestrutura às áreas periféricas, onde estão se construindo habitações sociais.

O edifício Tropicana, objeto deste trabalho, além de apresentar excepcional localização, no centro da cidade, próximo ao Terminal Integrado do Varadouro, o maior da capital, propicia acesso direto a todas as regiões do município de João Pessoa via transporte público. Trata-se de um imóvel, hoje pertencente à União, inutilizado e abandonado há mais de dez anos pelos antigos proprietários, em progressiva deterioração, descumprindo, dessa forma, a necessária e constitucional função social da propriedade.

O objetivo desse trabalho foi o de realizar de forma participativa um estudo preliminar de requalificação e adaptação do edifício Tropicana em um empreendimento habitacional de interesse social. A adaptação do prédio em um Empreendimento Habitacional de Interesse Social (EHIS) se reveste de especial importância devido à necessidade de atendimento de uma significativa demanda, constituída e organizada por um movimento popular e de atuação nacional, o Movimento Terra Livre, que conta com amplo histórico de luta por moradia e que acompanha a crescente demanda habitacional.

Quanto aos aspectos legais, o novo uso que se pretende dar ao prédio também é perfeitamente viável, pois reúne todas as premissas necessárias ao atendimento da atual diretriz das administrações públicas no sentido de revitalização da área central da cidade, atende à preconizada destinação social da propriedade, e é passível de atendimento das legislações urbanística e edilícia municipal.

1.3 Objetivos específicos

- Propor um projeto retrofit que valorize as técnicas construtivas e as linguagens arquitetônicas originais como princípios norteadores.
- Propor soluções que garantam recursos necessários para a futura manutenção do prédio.
- Propor soluções que alterem o mínimo possível as estruturas do prédio e se adequem às normativas de construção do Instituto do Patrimônio Histórico e Arquitetônico do Estado da Paraíba (IPHAEP).

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Por se tratar de um edifício que está inserido dentro da poligonal de entorno do Instituto do Patrimônio Histórico e Arquitetônico da Paraíba (IPHAEP), e que certamente passou, e está passando, por um processo de perda do desempenho dos diversos sistemas, optou-se por adotar uma metodologia de análise de mudança de uso e intervenções em edificações de passado recentes, denominada DRAPI - desenvolvida pelo Laboratório em Estudos Avançados em Arquitetura- LA2 da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)- coordenado pelos professores Luiz Amorim – com o intuito elaborar um material, que forneça informações descritivas de projetos bem como possíveis intervenções.

Para se avaliar as possibilidades do novo uso se adequar à edificação, a metodologia DRAPI passa pelas seguintes etapas:

Etapa Descrever: “etapa na qual se descreve as características próprias do objeto arquitetônico, as propriedades construtivas, compositivas, espaciais e funcionais” Loreiro (2006), utilizando a maquete digital como instrumento de análise tectônica, Rocha (2012).

Esta análise, por meio do modelo digital, não se limita apenas a fatores de ordem tectônica, mas pode focar também “aspectos gerais da edificação como a setorização, os fluxos e articulações entre espaços, o conforto ambiental, entre outros”, Aristófanis (2012).

Etapa Retrospectar: etapa na qual se faz uma “avaliação retrospectiva, com objetivo de estabelecer o grau de perda de desempenho dos diversos sistemas, elementos e componentes da edificação, além das possíveis causas desta perda de desempenho” Loureiro (2006).

Nessa avaliação leva-se em consideração as seguintes variáveis: a) estado de conservação e grau de degradação b) padrão de consumo c) uso e ocupação d) aspectos tectônicos.

Para o desenvolvimento desta etapa, utilizou-se as técnicas Walkthoug e As Bilt, tomando como base estudos anteriores (Sanoff, 2001 e Moreira, 2005). Com os levantamentos resultantes da aplicação dessas ferramentas, gerou-se como resultado desta etapa, os mapas de uso, ocupação e adensamento da ocupação.

Esta etapa também se apoiou em entrevistas aplicadas aos moradores, bem como o laudo técnico (datado em maio de 2013) cedido pela Associação para o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia e assinado pelo Prof. Eng. Normando Perazzo Barbosa - Coordenador do Laboratório de Ensaio de Materiais e Estruturas do Centro de Tecnologia da UFPB.

Etapa Analisar: etapa na qual se estabeleceu critérios de desempenho para o novo uso e para a edificação a ser reciclada, levando em consideração o desempenho esperado da edificação, dos elementos e componentes; os benefícios imediatos e a longo prazo; os custos tanto da reforma quanto da manutenção e a viabilidade técnica de implantação.

O material utilizado nas análises foram plantas-baixas e dados dos levantamentos arquitetônico, fotográfico e documental, bem como os dados resultantes da etapa Retrospectar. O estudo também se apoiou nos questionários aplicados aos moradores.

A aplicação do estudo de pós-ocupação do Centro de Artes e Comunicação - CAC da UFPE, (Loureiro, 2009) e (Monteiro, 2009), que tomam por base resultados parciais da pesquisa DRAPI, serviu de referencial para esta etapa, na qual buscou-se seguir a mesma abordagem para a análise dos efeitos de pós-ocupação do edifício do antigo Hotel Tropicana no que diz respeito ao desempenho espacial, analisando duas fases distintas de ocupação do prédio: a) plantas originais; b) situação de uso e ocupação atual (2015).

Segundo Loreiro (2000), a base de estudo destas diferentes espacialidades está na compreensão do espaço através do conjunto de relações que se estabelecem entre suas estruturas, representada através de convexas que são representações simplificadas e adimensionais que permitem explicitar propriedades topológicas.

Assim como se materializou na APO do CAC, neste trabalho, o estudo espacial se materializa nos mapas de convexas “através de uma escala de tonalidades que se inicia por cores quentes para as áreas mais acessíveis, começando pelo vermelho, seguindo um espectro de cor até chegar ao violeta, que indica os espaços menos acessíveis” (Monteiro, 2010).

Etapa Prospectar: etapa na qual procura-se visualizar as implicações das estratégias de projeto a curto, médio e longo prazo, considerando os impactos ambientais, as adequabilidades das tecnologias ao edifício bem como aos usuários, a manutenção dos componentes e aceitação dos usuários.

Etapa Implementar: etapa na qual se estabelecem estratégias de projeto baseadas nos conceitos de restauração, readequação e reutilização, planejando a ordem de todo o processo de reforma, identificando a prioridade das ações, e levando em consideração as possibilidades de financiamento e de monitoramento.

Estas duas últimas etapas da metodologia DRAPI foram desenvolvidas ao longo do projeto participativo. Uma vez que as decisões projetuais e de intervenção, necessitavam passar pela aprovação dos moradores para se legitimar o projeto, as etapas Proespectar e Implementar tiveram necessariamente que ser discutidas nas oficinas do processo participativo.

Para buscar os fundamentos de projeto do processos participativos, foram analisados em detalhes dois estudos de caso de aplicações desse método.

Primeiro, em “Metodologia de projeto arquitetônico participativo em empreendimentos habitacionais autogeridos em São Paulo” (USINA, 2010), encontra-se uma metodologia aplicada pelo coletivo USINA, a qual aborda o viés político das questões intrínsecas à problemática local, ao longo de uma assessoria técnica dada aos movimentos populares de sem-teto (UMM) e sem-terra (MST).

O segundo caso se refere ao método desenvolvido pela equipe de arquitetos, “Criação em Arquitetura Sócio-Ambiental para o Núcleo Amigos da Terra” (CaSaNAT), que trabalha a boa relação entre os participantes e aborda principalmente questões referentes à sustentabilidade, em “Mutirão Projetual – Charrette” (Casamat, Equipe, 2007)

Foram extraídas algumas etapas das metodologias dos dois estudos de caso, e realizadas algumas adaptações nas mesmas, de modo a adequá-las à realidade local.

Além de reuniões abertas, de organização e avaliação com o Movimento Terra Livre e a comissão dos moradores, foram realizadas 3 oficinas para discutir o projeto de reforma.

Em todas as oficinas se fez o debate sobre possíveis soluções projetuais referentes ao tema abordado no dia, discutindo conceitos e tecnologias sustentáveis que poderiam ser utilizados no projeto, levando em consideração as seguintes variáveis: condição social e econômica dos moradores, condição ambiental e princípios da metodologia DRAPI.

No que se refere ao processo participativo, foram propostas atividades organizadas para fomentar a integração conjunta dos estudantes, dos militantes, dos colaboradores, e principalmente da comissão e dos moradores da ocupação. Durante todo o processo buscou-se manter um diálogo acessível a todos, sempre abordando a problemática da realidade local, e estimulando a imaginação e a percepção crítica dos participantes.

“O estímulo à imaginação (e à indignação) é um momento fundamental nessas atividades. Para quem está acampado num barraco, qualquer alternativa parece ser aceitável, mesmo os apartamentos-padrão mais indignos construídos pelo governo. Para superar essa carência e conformismo, é preciso realizar ações e provocações que agucem a disposição para indagar, conhecer e propor alternativas. Mas não basta restituir a fala sem dela extrair o que é a internalização da própria dominação. Isso porque acreditamos que “para que um povo oprimido por séculos saiba expressar a transformação social, é preciso inventar uma pedagogia que ainda ensine que o impossível é possível” (Arantes, 2002).”

Nesse sentido, o processo participativo consiste nas seguintes etapas:

- Etapa 01 - Reunião aberta de organização com os militantes do Movimento Terra Livre e a Comissão de moradores para definição dos princípios para a gestão do trabalho, construção do cronograma e plano de trabalho;
- Etapa 02 – Assembleia dos moradores para informar a intenção de se fazer o projeto participativo, explicar o objetivo desse trabalho e aprovar datas para as oficinas.
- Etapa 03 - Oficina 1: Atividade aberta, na ocupação, com dinâmicas participativas, com o objetivo de captar a opinião dos moradores a respeito dos pontos positivos e negativos da ocupação como um todo; amostragem de imagens representativas das ideias, conceitos e princípios norteadores para o início do projeto arquitetônico, com o objetivo de aguçar a

imaginação dos moradores para a construção do programa de necessidades para a área comum do condomínio;

- Etapa 04 - Reunião aberta de avaliação, ao término da 1ª Oficina, com os militantes do TL e a Comissão dos moradores para avaliar como cada um interagiu no processo, momento também de avaliação e coleta das contribuições por parte dos moradores e dos profissionais envolvidos na causa.
- Etapa 05 – Oficina 2: Atividade aberta, na ocupação, com dinâmicas participativas, com o objetivo de construir o programa de necessidades da área privativa do condomínio; e a montagem dos apartamentos em plantas impressas em escala 1:20 com um mobiliário impresso na mesma escala, com o objetivo de aguçar a imaginação dos moradores a respeito do tamanho dos apartamentos e da quantidade de ambientes necessários para comportar cada família.
- Etapa 06 – Oficina 3: Atividade aberta, na ocupação, para apresentar o projeto em maquete 3D digital, e discutir a aprovação do mesmo bem como as estratégias de intervenção.

3 RESULTADOS

3.1 Análise do levantamento arquitetônico

Com relação aos aspectos físicos do edifício em estudo, este se localiza na Rua Professora Alice Azevedo, na região central do município de João Pessoa, ocupando uma das extremidades do quarteirão formado pelas Rua das Trincheiras e Rua Rodrigues Chaves.

Construído por iniciativa particular para finalidade hoteleira com estrutura de concreto armado e alvenaria, o edifício é composto de:

- um pavimento térreo, com 1.514 m², ocupando as partes frontais do terreno, onde se localiza o acesso à Rua Professora Alice Azevedo e as ruas laterais, com áreas livres e áreas de lojas;
- dois pavimentos residenciais, com cerca de 1.502,95m² cada, totalizando a área de 3.005,9m²;
- lajes de cobertura.
- área total construída de 4.519,9m², com testada de 83,60 metros para a mesma rua.

A edificação, construída nos limites do lote, apresenta contudo um grande pátio interno (como se observa nas Figuras 1 e 2.



Figure 1. Fotografia externa do Edifício Tropicana. Acervo pessoal



Figure 2. Fotografia do pátio interno do Edifício Thopicana. Acervo pessoal

No pavimento térreo se localizam o acesso de pedestres, áreas livres cobertas e não cobertas de uso comum, um pequeno espaço para estacionamento de automóveis e área de lojas. Os dois pavimentos residenciais, constituídos de lajes totalmente compartimentadas, sem vãos livres, são servidos por um elevador e por três escadas.

Sua estrutura é independente da alvenaria, com grande parte dos pilares embutidos nas paredes. Apresenta lajes duplas do tipo “caixão” com grande espessura (80 cm a do 1º pavimento e 50 cm, a do 2º e a de cobertura) em concreto, nas quais têm função estrutural as porções superior e inferior, fazendo com que a mesma resulte “ôca”, economizando assim o emprego de concreto, e consequentemente diminuindo o peso das peças.

Segundo laudo técnico feito pela Associação para o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia (SCIENTEC) e assinado pelo Prof. Dr. Normando Perazzo da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), simpatizante da causa, o prédio apresenta bom estado geral com relação à superestrutura e alvenarias, não indicando qualquer patologia importante neste sentido, visto que não apresenta trincas, fissuras ou corrosão das armações que sugiram qualquer comprometimento estrutural.

O documento atesta ainda que partes da cobertura do último pavimento deverá ser refeita, em razão de seu estado de deterioração e adequação ao novo uso. Deverão ser substituídas todas as suas instalações hidráulicas e sanitárias, instalações elétricas e todas as esquadrias de portas e janelas, e grande parte dos revestimentos de piso e de paredes internas e externas.

Em suma, a reforma necessária à revitalização do edifício e sua adaptação ao novo uso pretendido, aproveitará apenas a sua estrutura, as alvenarias e parte dos revestimentos. Apesar do ponto de vista estético estar bem deteriorado, as melhorias seriam feitas com certa facilidade devido à boa qualidade da construção original.

3.2 Uso misto, público e privado.

Diante dos critérios de desempenho estabelecidos na etapa Analisar bem como dos principais problemas citados pelos moradores durante o processo participativo e do programa de necessidades desenvolvido ao longo das oficinas, chegou-se às seguintes soluções e recomendações projetuais:

- A transferência da área de lazer para a cobertura. Essa intervenção levaria vida a este espaço, que hoje é utilizado apenas para atividades ilícitas relacionadas ao consumo de drogas. Com a impermeabilização da laje de cobertura, serão locadas uma quadra de esportes, uma área livre reservada para práticas de capoeira, cirandas etc, uma área sombreada reservada para salão de festas com churrasqueira, uma copa de apoio, uma área para horta comunitária (poderá servir para abastecer o restaurante) e uma lavanderia coletiva.
- A abertura dos fossos e sete cortes na laje de cobertura para aumentar os vãos dos fossos nessa laje. Os cortes variam de 3 a 4,7m². Juntando com os vãos dos fossos, já existentes, tem-se vãos que variam de 4,6 a 6,5m². Certamente as bordas desses cortes necessitarão de reforço estrutural ("simples de serem executados", de acordo com o professor de Engenharia Civil da UFPB, Perazzo). Para proteger esse vãos da chuva e ao mesmo tempo permitir entrada de luz natural e favorecer a ventilação por convecção, propõe-se uma cobertura alta com material translúcido. Sugere-se policarbonato, por ser um material leve.
- A utilização da antiga caixa d'água para dispor 8 reservatórios de 2.000L, laminados e estruturados com fibra de vidro, feitos no formato tronco-cônico. E em sua laje de cobertura, dispor 20 painéis solares fotovoltaico policristalino de 250W para a captação da energia solar.
- A retomada do uso original no térreo (comércio e serviço), como uma alternativa para gerar recursos para a manutenção do condomínio e para gerar renda a partir de atividades já desenvolvidas hoje, de forma precária, pelos moradores, como comércio de alimentos e bebidas, reciclagem, cabeleireiro, entre outras; bem como a retomada do restaurante proposto para ser gerido por cooperativa.
- A abertura do pátio central para passagem de pedestres, transformando esta área em um Pocket Parck, demolindo obstáculos ao livre percurso, aumentando a arborização, utilizando elementos de sombreamento e que favoreçam a permanência das pessoas. Essa proposta trará um uso semi-público ao térreo, com a locação de 17 lojas, um restaurante, um bicicletário, uma recepção, um depósito para material de limpeza, um *play ground* para as crianças, na laje da marquise, e 3 acessos aos pavimentos residenciais, com a instalação de portões com sistema de senha e interfone, restringindo o acesso as escadas.
- A demolição das paredes dos fossos que coincidem com a parede dos corredores de circulação, nos pavimentos residenciais, para favorecer a incidência da iluminação natural e a ventilação.

Desconsiderar instalações hídricas sanitárias, que se encontram embutidas na laje "caixão" e instalar novo arranjo de tubulações primárias abaixo de novo piso, elevado 20cm do piso original. E concentrar áreas molhadas dos apartamentos nas proximidades dos fossos para facilitar rearranjo das tubulações primárias e continuar utilizando os fossos para descida das tubulações secundárias, como acontecia no uso original. Ao todo, chegou-se em uma proposta de 43 unidades habitacionais, com dimensionamento variável entre 19m² e 58m², sendo uma situada no térreo e 21 (vinte e uma) em cada pavimento residencial.

- Para evitar a quebra da laje para realizar as devidas substituições no sistema elétrico original, recomenda-se um sistema de instalações elétricas totalmente aparente, protegido por conduítes galvanizados.

4 CONCLUSÕES

O resultado final do projeto participativo apresenta um grande potencial para exercer papel fundamental enquanto estratégia integrada de reabilitação da área central de João Pessoa além de dar maior fomento à luta por moradia, no sentido de pressionar as instituições públicas para que estas destinem o prédio à moradia de interesse social.

Diante deste potencial, esse projeto está concorrendo a um concurso de apoio financeiro, lançado pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU), que visa o financiamento de projetos de promoção à assistência técnica a habitações de interesse social.

REFERÊNCIAS

Amorim L.; Loureiro C. 2007, The space of architecture and a new conservation agenda.

City & Time 2 (3): 1. [online] URL: <http://www.ct.ceci-br.org>

Andrade, Paulo A. F.; Ribeiro, Edson L.; Silveira, José Augusto L. Metamorfose do locus central na cidade de João Pessoa. Paraíba: final do século XIX ao início do século XXI. Portal vitruvius, Arqtextos nº 89_03. Publicado em 03 de junho de 2008.

Arantes, Pedro Fiori; Hirao, Flávio Higuchi; Lazarini, Kaya. Metodologia de projeto arquitetônico participativo em empreendimentos habitacionais autogeridos em São Paulo. A experiência recente da assessoria técnica Usina junto aos movimentos populares de sem-teto (UMM) e sem-terra (MST), 2010.

Aristifanis, Diego. A Modelagem Digital na Compreensão da Arquitetura. João Pessoa: Estágio Supervisionado, Curso de Arquitetura e Urbanismo, UFPB, 2012.

Barone, Ana Cláudia Castilho; Dobry, Sylvia Adriana. "Arquitetura participativa" na visão de Giancarlo de Carlo. Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, n. 15, p. 018-031, 2004.

Borde, A.P.L. Vazios Urbanos: perspectivas contemporâneas. Tese de doutorado, Rio de Janeiro:[s.n.], 2006.

Brasil. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183. Brasília, 2001. Disponível em:<http://www.pedala.df.gov.br/sites/400/408/00000082.pdf>

Calado, F. Alder Julho., Movimentos Sociais por uma Sociabilidade Alternativa. Dissertação de mestrado – PPGEU/UFPB, João Pessoa, 2009.

Castro, A. M., Centro Histórico de João Pessoa: Ações, Revitalização e Habitação. Dissertação de Mestrado, PPGEU, João Pessoa, 2006.

Cavalcanti, R. P., Intervenções de Recuperação no Centro Histórico de João Pessoa: Bairro do Varadouro. Dissertação de mestrado – PPGEU/UFPB, João Pessoa, 2009.

Clemente, Juliana Carvalho. Vazios urbanos e imóveis subutilizados no Centro Histórico tombado da cidade de João Pessoa. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental (PPGEUA). João Pessoa, 2012.

Clichevsky, N., Vazios urbanos nas cidades latino-americanas, In: SMU Cadernos de Urbanismo n2, Vazios e o planejamento das cidades, 2000. Disponível em:< <http://www.rio.rj.gov.br/smu>.>

De Souza, Carolina Herrmann Coelho et al. Processo de Projeto Participativo: Criação em Arquitetura Sócio-Ambiental para o Núcleo Amigos da Terra (CASANAT).

Duriguetto, M. L. E Montaño, Carlos, Estado Classe e Movimento Social, 2011.

Fontenele, M. Q.; Ribeiro, J. A., Diagnóstico dos imóveis vazios e subutilizados na área central da cidade de João Pessoa – pb. Os espaços da "cidade baixa". Trabalho de estágio supervisionado. Resumo publicado no Urbicentro4, 2014.

Fontenele, M. Q.; Romano, E. "O papel dos movimentos sociais no fortalecimento da efetivação do Estatuto da Cidade como articuladores de ações de reconquista dos centros: um olhar sobre a experiência de João Pessoa, Paraíba", Trabalho do PIBIC 2014. Resumo publicado no Urbicentros4, 2014.

Gohn, M. G, Teoria dos Movimentos Sociais Paradigmas clássicos e contemporâneos, 2004

- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (1997) Contagem da população 1996. <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>, acessado em 19/01/2015
- Jacobs, Jane. Morte e vida das grandes cidades. São Paulo, Martins Fontes, 2000.
- Lana, S.M., O arquiteto e processo de projeto participativo: o caso de RSV. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura., João Pessoa, 2009.
- lazarini, Kaya. Metodologia de projeto arquitetônico participativo em empreendimentos habitacionais autogeridos em São Paulo. A experiência recente da assessoria técnica Usina junto aos movimentos populares de sem-teto (UMM) e sem-terra (MST), 2010.
- Loureiro, C.; Amorim, L.; Almeida, F.; Nascimento, C. Metodologia de Avaliação de Mudança de Uso. In: II Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios, 2006 Rio De Janeiro. Anais de II Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios. 2006. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Maia, D. S., Ruas, casas e sobrados da cidade histórica: entre ruínas e embelezamentos, os antigos e os novos usos. Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999- 2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica, Universidad de Barcelona, 2008. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/-xcol/150.htm>>.
- Loureiro, C. Classe, Controle e Encontro: o espaço escolar 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, São Paulo.
- Loureiro, C; Mendonça M. T. DRAPI - Uma metodologia de intervenção em edificações recentes: avaliação de perda de desempenho do cac através de APO, 2009.
- Matos, Luana Marinho. Processo participativo de projeção em arquitetura: estudo de caso de uma oficina de projeto. 2010. 137 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.
- Moreira, N. S. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses>. Espaços educativos para a escola de Ensino Médio. Proposta para as Escolas do Estado de São Paulo. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2005 (tese de doutorado).
- Monteiro, J. de B., Mendonça, M. T. diDo CAC ao Iraque Do partido modernista aos conflitos da atualidade. Trabalho de iniciação científica, PIBIC, 2009.
- Pires, Tahlita. *Minha Casa, Minha Vida é política de crédito, não de cidade*. Disponível em: <http://www.redebrasiltual.com.br/blogs/desafiosurbanos/2012/12/minha-casa-minha-vida-e-politica-de-credito-nao-de-cidade>. Acesso em 15 de agosto de 2014.
- Rolnik, Raquel. Moradia é mais que um objeto físico de quatro paredes. E-metropolis, Rio de Janeiro, ano 2, n. 05, p. 37, jul. 2011 Disponível em: http://www.emetropolis.net/edicoes/n05_jun2011/emetropolis_n05.pdf. Acesso em 15 de agosto de 2014. Acesso em 15 de agosto de 2014.
- Rocha (2012), *O Caráter Tectônico do Moderno Brasileiro: Bernardes e Campello na Paraíba (1970-1980)*.
- Scocuglia, J.B.C. *Revitalização urbana e (re) invenção do centro histórico na cidade de João Pessoa – 1987-2002*. João Pessoa: Editora Universitária, 2004.
- Silveira E Ribeiro, J. A. R e E. L., *Cidade e história, caminhos e aspirações: qual a cidade que queremos?*, 2010. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/10.114/3389>
- Sattler, A. et al. O Refúgio Biológico Bela Vista: a experiência de implantação de um empreendimento sustentável. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável – *X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído* [Anais]. São Paulo: ANTAC, 2004.

Conectividade: princípio ecológico estruturador da resiliência no desenho ambiental

Giovanna Teixeira Damis Vital

Federal University of Uberlandia, Faculty of Architecture and Urbanism and Design, Uberlandia, Minas Gerais, Brazil
gtdamis@faued.ufu.br

Fernando Garrefa

Federal University of Uberlandia, Faculty of Architecture and Urbanism and Design, Uberlandia, Minas Gerais, Brazil
fgarrefa@faued.ufu.br

ABSTRACT: The goal of this study is to analyze the urban form and recognize the principles of urban design that could be generating the loss of environmental quality and consequent urban unsustainability. The spatial fragmentation condition and social and environmental degradation are constant and determinants on Urban Environmental View Brazilians cities, and Uberlândia is one of this perspective. The case of Havana and Rotary Club streets, located at the eastern sector of the city, enables to present a punctual approach over the urban fabric showing the magnitude of their problems resulting from design conceptions inspired by rational ideas. This study relies on the concept of Sustainable Project for the City (Vital, 2012), which is based on the complex theory, inspired by the idea of connectivity as an ecological structuring principle able to (re)establish the resilience condition for the urban environment.

Keywords: Sustainable Design; Environmental Design; Complexity; Connectivity; Resilience

RESUMO: A meta do presente trabalho é analisar a forma urbana e reconhecer os princípios de desenho urbano que possam ser geradores da perda de qualidade ambiental e consequente insustentabilidade urbana. A condição de fragmentação espacial e a degradação socioambiental são fatores constantes e determinantes do Panorama Ambiental Urbano nas cidades brasileiras, e Uberlândia, enquadra-se nessa perspectiva. O estudo das ruas Havana e Rotary Clube, localizadas no Setor Leste dessa cidade, possibilita apresentar um recorte pontual da tecitura urbana e demonstrar a magnitude da problemática resultante de concepções projetuais regidas pelo ideal racional. Este estudo apoia-se na concepção de Projeto Sustentável para a Cidade (Vital, 2012), o qual fundamenta-se na teoria complexa e parte da ideia de conectividade como princípio estruturador ecológico capaz de (re)estabelecer a condição de resiliência para o ambiente urbano.

Palavras Chaves: Projeto Sustentável; Desenho Ambiental; Complexidade; Conectividade; Resiliência

1 PROJETO SUSTENTÁVEL PARA A CIDADE

O presente trabalho visa reconhecer os princípios de desenho urbano geradores da perda de qualidade ambiental e consequente insustentabilidade urbana, e, ao mesmo tempo, visa identificar os elementos morfológicos estruturantes da resiliência urbana. Apresenta-se um recorte da tese de doutorado 'Projeto Sustentável para a Cidade: o caso de Uberlândia' (Vital, 2012) para fundamentar a análise da forma que engloba a área urbana das ruas Havana e Rotary Clube, localizadas no Bairro Tibery, Setor Leste de Uberlândia. O conceito de Projeto Sustentável articula quatro dimensões: Filosófica, Ambiental, Ambiente Construído e Teia Urbana, e se dá a partir da ideia de redes dentro de redes e da ideia de que o todo está na parte e a parte no todo. Por isso, vincula à sua concepção os conceitos de *link* ecológico, equilíbrio ambiental, vínculos antropológicos, memória, sentidos de pertencimento e identidade.

Os princípios de Desenho Ambiental (Franco, 1997), o princípio de urbanidade (Holanda, 2012), a ideia de cidade para pessoas (Ghel, 2014) e de Resiliência (Newman, P. et al. 2009; Walker & Salt, 2006) fundamentam o Projeto Sustentável para a Cidade indicando o seu ponto de partida e de chegada ancorados na ideia de conectividade.

Dentre esses conceitos, o princípio de conectividade se destaca como o elemento chave estruturador: da visão ecossistêmica em que são estabelecidos os laços entre os elementos naturais e os elementos construídos; do traçado e tecido urbano para a mobilidade garantindo o ir e vir de todos fortalecendo o sentido de urbanidade; da paisagem urbana em que se estabelece a relação da qualidade visual por meio da conexão visual com elementos naturais, valorizando e estruturando valores imagéticos e de legibilidade urbana; entre o ambiente natural e o construído no sentido da construção e do fortalecimento de vínculos antropossociais.

Para a presente análise, tem-se como referência a metodologia de análise urbana denominada Diagrama Unidade Complexa – DUC – (Vital, 2012), a partir da qual serão aplicados os aspectos ligados a Dimensão do Ambiente Construído. Para avaliação da qualidade ambiental urbana do espaço público aberto, tem-se a verificação da geometria do traçado urbano e, conseqüentemente, a identificação do princípio geométrico gerador da malha, o tamanho das quadras, as distâncias percorridas, a rede de redundância (conexões e desconexões do traçado), o número de caminhos para se chegar de um ponto da cidade.

1.1 Desenho ambiental

Embora a discussão sobre sustentabilidade e cidades ecológicas (Beatly, 2012), de âmbito internacional, focalize as ações ligadas à mitigação da problemática climática, grande parte das ações tem encontrado obstáculos relacionados à concepção de projeto urbano, quando se trata de cidades existentes. A concepção formal do ambiente urbano precisa ser capaz de responder, promover e apresentar um conjunto de medidas que atendam a necessidades ecológicas, incluindo-se aí as necessidades antropossociais. A direção das cidades, pautada na concepção de sustentabilidade e de continuação da existência da vida, está direta e fundamentalmente relacionada com a abordagem do seu design como mediador das necessidades e expectativas. A partir do conceito de Desenho Ambiental, entende-se que a concepção de Projeto Sustentável Urbano para a Cidade responde conceitual e formalmente a essa questão.

De acordo com Franco (1997), Desenho Ambiental é um processo que pressupõe o conceito ecossistêmico em consonância com a ação antrópica, reciclagem dos recursos, preservação e conservação ambientais. Franco esclarece que o sentido da expressão ‘Desenho Ambiental’ é metafórico, pois “A semântica da palavra *ambiente* carrega o sentido de complexidade infinita, logo Desenho Ambiental refere-se a *desenho para o ambiente*, no qual se supõe que o projeto seja o formulador e indutor de um processo” (Ibidem, p. 11, grifos da autora).

A problemática urbana do período do século XIX, em que as cidades experimentam significativa perda da qualidade ambiental, devido ao superpovoamento e às condições de poluição do ar, da água e do solo, é possível verificar que os ideais defendidos nos projetos urbanísticos da época buscam introduzir “a natureza na paisagem cívica, na forma de parques, árvores e jardins” e, ainda, procuram “criar uma pequena utopia” no lugar que vivem (Ibidem).

Essa época é marcada pelo grande volume de projetos sanitaristas que atribuem forte investimento na área do paisagismo e de infraestrutura urbana, implantados em larga escala em todo o mundo, a partir daí. Os Estados Unidos e a Europa têm a maioria das suas cidades reformuladas com novas ruas, redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Além disso, são implantados parques públicos de grandes dimensões visando atender às necessidades de bem-estar, segurança e saúde da população.

O Desenho Ambiental, enquanto disciplina, trata das concepções de ecologia e equilíbrio ecossistêmico e tem como referência os estudos realizados por George Perkins Marsh

(Spreiregen, 1971), em que se conceitua ecologia e a importância dos sistemas naturais para a sustentação da vida. São estudos fundadores, também, os sistemas de parques desenvolvidos por Frederick Olmstead, nos Estados Unidos: um conjunto de medidas reunidas num sistema de rede de parques interligados entre si através de cursos d'água e suas matas ciliares. Para Franco (1997), o conjunto dos projetos de parques realizados por Olmstead e distribuídos em diferentes cidades dos Estados Unidos (como Nova Iorque, São Francisco, Buffalo, Detroit, Chicago, Montreal e Boston) contribui por alterar o conceito de qualidade ambiental urbana.

Embora o sistema de parques seja um marco para o planejamento de parques nos Estados Unidos, Spirn (1995) destaca quanto o seu real objetivo de controlar enchentes e promover a melhoria das águas, despoluindo-as, elucidando a importância cíclica da ecologia local. E, por conseguinte, essa observação contribui com a fundamentação teórica dessa disciplina ao se conjugar o controle de enchentes e a nova lógica para o esgotamento sanitário ao princípio de conexão ecossistêmica através dos fundos de vale, entre a área urbana central e os subúrbios, como um princípio norteador de desenho.

A reintrodução da natureza no meio urbano do período moderno encontra-se, massivamente, fundamentada nos moldes de domínio e controle, salvo as proposições como as de Olmsted, identificadas especialmente no projeto do Emerald Necklace, que definem o ressurgimento natural das matas ciliares e das áreas alagadas nas margens dos rios.

Nesse sentido e conforme já observado, o surgimento do Desenho Ambiental, para Franco (1997), ocorre com a mudança de valores na prática de projetos da paisagem em que o interesse passa incluir a importância ambiental, além dos valores estéticos e funcionais. Franco (Ibidem) destaca, para essa disciplina, os trabalhos de Ian McHarg (1969) caracterizados por “planos ambientais de nível regional, baseados no conceito de desenvolvimento sustentado e na minimização de impactos sobre os recursos naturais e culturais” e exemplifica com o seu Plano Ambiental “The Valleys”, em Baltimore, em que demonstra preocupação, em primeiro lugar, com as bacias e com as áreas florestas. McHarg defende que o problema ambiental urbano consiste especialmente na distribuição de espaços abertos, devendo responder aos processos naturais na cidade em que ocorre a inter fusão entre espaços abertos e população. Isso significa minimizar a interrupção dos processos ecológicos por meio da concepção de distribuição de espaços abertos (Hellmund & Smith 2006).

Franco (op.cit.) destaca, também, o caráter de participação comunitária e a preocupação de desenvolver projetos de espaços públicos a partir do conceito de qualidade ambiental urbana nos trabalhos de Lawrence Halprin que têm. Embora Halprin seja considerado um arquiteto ‘moderno’, a sua visão extrapola os preceitos do modernismo, à medida que reconhece o ponto de vista da totalidade do desenho ambiental como uma abordagem holística.

Esses dois profissionais fundamentam seus trabalhos na abordagem de ecologia de Eugene Odum (1988), publicado em 1953. E o Desenho Ambiental tem esses trabalhos como referência para o desenvolvimento da sua prática projetual e, portanto, define-se como uma abordagem ecológica que introduz os pensamentos ambientalistas no exercício do projeto da paisagem urbana, expondo a importância do desenvolvimento sustentável para o crescimento futuro das cidades. Para o Planejamento e o Desenho Ambiental, a concepção ecológica expressa a importância das inter-relações entre as partes do meio ambiente, em que tudo se relaciona entre si, formando redes dentro de redes que se integram em um todo (Vital, 2003).

Aliado ao Planejamento Ambiental, entendido como fator indutor da sustentabilidade (Franco, 1997), o Desenho Ambiental fundamenta-se nas teorias não lineares e instrumentaliza-se nas tecnologias de ponta, na perspectiva prospectiva de projetos ambientais que visam à preservação, conservação e recuperação da natureza.

A visão do Desenho Ambiental para a cidade sustentável entende que o desenho nasce acompanhando a configuração do ambiente natural numa ‘costura’ que respeita o movimento ecos-

sistêmico, sem, contudo, prejudicar ou excluir as manifestações culturais expressas na paisagem e na arquitetura. Essa é uma disciplina de visão holística, transdisciplinar, complexa e sistêmica, que incorpora princípios da geometria fractal na compreensão de que a vida faz parte de um todo maior onde tudo e todos se interconectam, se inter-relacionam e se interdependem. Com isso, considera a organização da vida a partir de uma hierarquia de valores sistêmicos de redes dentro de redes, em que o todo está na parte e a parte no todo, numa visão de totalidade.

Na prática, essa abordagem reconhece os *links* ecológicos como fundamentais para o estabelecimento da sustentabilidade no sistema urbano. Os *links* ecológicos funcionam como laços que unem os ecossistemas urbanos aos ecossistemas e biomas naturais, ou seja, o sítio que liga simbioticamente o ambiente construído ao ambiente natural por meio da inter-relação existente entre ambos.

1.2 A conectividade como eixo estruturador do princípio de resiliência

Resiliência é a capacidade de um material resistir ao choque, de suportar tensões, pressões, intempéries, adversidades, assumindo formas e contornos “elásticos”, para garantir e manter sua integridade, preservar sua anatomia e manter sua essência. São medidos os graus de adaptabilidade e superabilidade desse material quando submetidos a eventos como os descritos.

Há algumas décadas, esse conceito vem sendo desenvolvido e aplicado em algumas áreas da vida como em estudos de sociologia, psicologia, ecologia e cidades. Para Walker & Salt (2006), a resiliência dos sistemas naturais é entendida como “(...) a capacidade de um sistema absorver perturbações e ainda manter suas funções e estrutura básicas” (tradução nossa). Os sistemas ecológicos são extremamente dinâmicos, confrontam-se constantemente com a casualidade e as suas estruturas e funções mudam constantemente através do tempo. “A resposta de qualquer sistema para choques e perturbações depende de seu contexto particular, suas ligações através de escalas, e seu estado atual. Cada situação é diferente, as coisas estão sempre mudando. É um mundo complexo” (Ibidem, tradução nossa).

Esse conceito de resiliência ecológica alinha-se e fundamenta-se nas teorias não lineares, que consideram a casualidade, o princípio de redes dentro de redes, a auto-organização, e a interconectividade, dentre outros, como fundamentais para a compreensão a respeito da existência da vida e, conseqüentemente, para sua manutenção.

Quando esse conceito é transposto para a cidade, surge a questão de como paisagens e comunidades podem absorver os impactos e distúrbios ambientais e, mesmo assim, manter seu bom funcionamento. Também, questiona-se como aplicar o conceito de resiliência na gestão do meio ambiente urbano. “Resiliência pode ser aplicada para cidades. Elas precisam durar para responder às crises e adaptar em um jeito que as forcem mudanças e crescimento num sentido diferente; cidades requerem uma força interior, uma determinação, bem como uma infraestrutura física e um meio ambiente construído fortes” (Newman et al, 2009, tradução nossa).

Entendido dessa forma, desenvolver o grau de resiliência de um sistema urbano (social-ecológico) significa aprimorar o seu processo de superação de crises e de adversidades por meio de uma condição de adaptação que, inicialmente, reflete a capacidade do ambiente em administrar conflitos, contornar entraves, transcender obstáculos para manter-se em equilíbrio nas suas duas dimensões, social e ecológica. E é justamente neste ponto de equilíbrio que reside a ideia de sustentabilidade. Em outras palavras, a capacidade de resiliência de um sistema define e determina a sua existência, a sua permanência, a sua qualidade e, portanto, o seu grau de conservação e de preservação, fundamentais para atender às futuras gerações.

Com isso, torna-se fundamental entender quais são as qualidades importantes de um sistema sócio-ecológico que precisam ser mantidas e desenvolvidas para que este se torne sustentável.

Lembrando que “vivemos e operamos em sistemas sociais que são inextricavelmente ligados aos sistemas ecológicos nos quais se encontram fixados” (Walker & Salt 2006, tradução nossa).

Inicialmente, a ideia de sustentabilidade renova-se mediante a visão de resiliência, à medida que o conceito de eficiência dos recursos é visto por outro ângulo. Para Walker & Salt (2006), quanto mais os elementos de um sistema humano e natural complexo são otimizados para atingir algum objetivo específico, mais se diminui a resiliência desse sistema, menor o grau de sustentabilidade. Assim, de acordo com esses autores, a busca de resultados de um estado ótimo de eficiência tem o efeito de tornar todo o sistema mais vulnerável aos impactos (choques) e distúrbios. Nesse sentido, reconhece-se uma linha de tensão entre eficiência e resiliência, em que a chave para a sustentabilidade está em melhorar a resiliência do sistema social-ecológico, em vez de otimizar componentes isolados do sistema.

Três aspectos ancoram essa abordagem: o primeiro entende todos fazendo parte de um único sistema interconectado entre si; o segundo lida com a ideia de que os sistemas social-ecológicos são sistemas complexos adaptáveis; o terceiro abarca o conceito de resiliência para promover a absorção dos impactos e manter um estado desejável do sistema.

O princípio de complexidade, ou seja, a noção de que as coisas mudam o tempo todo em sistema social-ecológico reside no centro do conceito de resiliência. Esse princípio reconhece a capacidade de mudança e de adaptação a essas mudanças do sistema como um fator intrínseco e fundamental para o desenvolvimento da resiliência. É, portanto, uma abordagem que visa gerenciar os recursos que envolvem os sistemas, humano e natural, como um sistema complexo que se adapta continuamente através dos ciclos de mudanças. Estudos dessa dimensão ligam-se às concepções da teoria do caos e dinâmicas de redes.

Para desenvolver essa abordagem, importa saber que o mundo funciona por meio de sistemas interligados entre seres humanos e natureza (sistema social-ecológico), esses sistemas são complexos adaptáveis, não mudam de maneira previsível, linear ou incremental, têm o potencial de existir em mais de um tipo de regime nos quais suas funções, estruturas e reações são diferentes. Ou seja, apresentam capacidade de cruzar seus limiares de equilíbrio e ciclos adaptativos mediante choques e distúrbios como, por exemplo, em situações de incêndios, inundações, guerras etc. Mas, frequentemente, são adaptações indesejáveis (Walker & Salt 2006).

Nessa perspectiva, o princípio de resiliência, aplicado em cidades (sistemas social-ecológicos), significa desenvolver a capacidade desses sistemas de absorver os impactos, isto é, sofrer alterações e ainda manter essencialmente as mesmas funções, estruturas e reações.

Os limiares nesses sistemas social-ecológicos movem-se em ciclos de adaptação que variam em quatro fases por meio de muitas escalas de tempo e espaço diferentes, e são classificados sinteticamente em quatro etapas: “crescimento rápido, conservação, liberação, reorganização [...]. A maneira pela qual esses ciclos são conectados através das escalas é crucialmente importante para a dinâmica do todo” (Walker & Salt 2006, tradução nossa).

A cidade, para ser resiliente, deve atender às necessidades básicas tanto dos ecossistemas naturais como do ecossistema urbano e, para isso, responder à condição futura de inexistência de algumas fontes de energia, como, por exemplo, os combustíveis fósseis. Essas fontes são responsáveis pelo funcionamento de diversas atividades do homem contemporâneo, especialmente as de locomoção, circulação, trocas e conforto térmico dos países frios. Portanto, são responsáveis pelos principais impactos ambientais, catalizadores da problemática ambiental planetária. Embora estudos de climatologia apontem um incremento nas temperaturas do globo, sabe-se que uma parte significativa desse incremento deve-se à intensificação das atividades humanas dos últimos cem anos.

Por isso, tornar o ambiente urbano resiliente significa proporcionar condições alternativas que possam responder às necessidades humanas sem que o meio ambiente seja impactado de for-

ma severa e irreversível. De acordo com Newman et al (2008), a resiliência urbana é possível com a redução do uso do petróleo, com a implantação de sistema de transporte público que utiliza energias renováveis e com o uso da bicicleta nas cidades. Para eles, esses fatores possibilitam o fortalecimento do sistema urbano e propiciam a flexibilidade ecossistêmica. Ocorre o mínimo de perturbação, minimizando as possibilidades de destruição dos ambientes urbanos.

Acrescenta-se o conceito de resiliência à dinâmica de circulação nas cidades. Torna-se mais resiliente o ambiente que propicia o maior número de possibilidades de conexões funcionais e geométricas nas suas diferentes escalas. Quando uma conexão é interrompida tem-se a possibilidade de criar outras, e novas trajetórias são geradas de forma única. Esse é o oposto da ideia que muitos planejadores e arquitetos têm de impor às cidades apenas algumas poucas conexões e ligações. Muita energia é despendida no sentido de manter o equilíbrio desses modelos que inviabilizam o estabelecimento da sustentabilidade e tornam os ambientes urbanos enfraquecidos quanto a sua condição de resiliência, pois não respondem dinamicamente às necessidades socioculturais e socioeconômicas. Destaca-se que essas conexões referem-se a todo tipo de transporte, seja automóvel, ônibus, metrô, bicicleta e, principalmente, os caminhos de pedestres.

As formas fractais urbanas possibilitam estabilizar as propriedades que emergem da conectividade. A ideia de Salingeros (1998), que afirma que a cidade complexa é uma rede de caminhos topologicamente deformados, constitui um princípio para que a forma urbana obtenha resiliência. Pois a flexibilidade dos caminhos de acordo com a topografia, permite a evolução do sistema de maneira contínua, analogamente à natureza.

Salat & Bourdic (2012) corroboram o trabalho de Salingeros e referem-se a essa ideia como 'resiliência de um padrão fractal de ruas' e a exemplificam com a estrutura topológica de Tóquio e Kyoto, citada por Salingeros (ibidem), por serem capazes de se deformarem e por apresentar alto grau de plasticidade, isto é, são capazes de acompanhar torções, extensões e compressões sem se romperem. Esses autores reafirmam que para ser deformável, o tecido urbano deve ser fortemente conectado na pequena escala e levemente na grande escala, como é o caso das cidades japonesas, que apresentam multiplicidade de arranjos de conexões pequenas com uma média de 50 metros de distância entre intersecções. "Conectividade em todas as escalas seguindo a lei de potência inversa produz coerência urbana. Tokyo e Kyoto são, assim, particularmente cidades coerentes porque apresentam um grande número de pequenas conexões" (Salat & Bourdic 2012, tradução nossa).

Dessa forma, a multiplicidade de conexões aumenta a resiliência de uma cidade e possibilita evolução, mudança e adaptação. De fato, quanto mais há conexões mais redundantes elas se tornam. No entanto, se algumas conexões são cortadas, rompidas e/ou eliminadas, a cidade continua existindo mesmo com as mudanças. Para Salingeros (2000), a cidade complexa apresenta uma rede com alto grau de redundância, onde há um grande número de caminhos para se chegar de um ponto da cidade a outro passando por diferentes nós.

A multiplicidade de conectividades apresenta vantagens funcionais, como, por exemplo, em relação ao tráfego de veículos. A diversidade de conexões previne a saturação de um canal único congestionado, desde que as diferentes redes, em diferentes escalas, não coincidam, pois isso leva à saturação rapidamente.

2 CONTRADIÇÕES NA DIMENSÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO EM UBERLÂNDIA

O estudo utilizado que embasa este caso está fundamentado em laudo técnico elaborado pelos autores, em 2013, por solicitação da 4ª Promotoria de Justiça da cidade Uberlândia – Minas Gerais, Brasil. A área em estudo localiza-se no Bairro Tibery, Setor Leste da cidade, e trata-se de um território urbano (parte do sistema viário) apropriado por uma empresa privada, em processo de desafetação determinado pela administração pública municipal.

Este estudo tem como objetivo verificar o impacto gerado pela modificação geométrica do traçado urbano ocasionado pela incorporação e apropriação do sistema viário a propriedade privada. Conforme colocado anteriormente, a metodologia para a análise tem como referência o DUC (Vital, 2102), e, para avaliação da qualidade ambiental urbana do espaço público aberto e a consequente identificação de elementos morfológicos estruturantes da resiliência urbana, define-se a leitura: da geometria do traçado urbano e o seu princípio geométrico gerador, do tamanho das quadras, das distâncias a serem percorridas, da rede de redundância (conexões e desconexões do traçado), do número de caminhos para se chegar de um ponto a outro. Entende-se que esses elementos são estruturadores estratégicos para a mobilidade urbana sustentável. O reconhecimento dos princípios de desenho urbano que geram impacto ambiental e sociocultural, é realizado por meio da leitura dos aspectos: concentração de fluxos de veículos; possibilidades de transposição entre importantes setores da cidade; condição ambiental do ar; economia de combustíveis. As leituras são realizadas por meio de visita em campo, levantamento fotográfico (voo de pássaro e paisagem urbana), análises de plantas e de legislação urbana municipais.

De acordo com a Lei Nº 10.686/2010, que estabelece as diretrizes do Sistema Viário do Município de Uberlândia, a Rua Rotary Clube está classificada como Via Coletora e a Rua Antônio Crescêncio como Via de Transposição (Binários). Nesse sentido, a Rua Rotary Clube, em conexão com a Rua Antônio Crescêncio, cumpre importante papel de ligação e transposição entre os bairros Tibery e Aparecida. Associado a isso e de acordo com a Lei Complementar nº 525 /2011, que dispõe sobre o Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo de Uberlândia, a via Rotary Clube enquadra-se como Setor de Via Coletora implicando em usos tais como: habitação (unifamiliar, multifamiliar horizontal ou vertical, de interesse social); o comércio varejista, local e diversificado, especial e/ou atacadista de pequeno porte; serviço, local e diversificado; equipamento social e comunitário, local e geral; indústria de pequeno porte; e uso misto.

A área é formada por quadrilátero, ocupado pela Concessionária Curinga Veículos, circundado pela Avenida Rondon Pacheco, Rua Niterói, Rua Argentina e Rua Rotary Clube, que, juntas, formam um circuito (alça) de tráfego utilizado como opção de retorno da Avenida Rondon Pacheco, transposição da mesma e como acesso ao Bairro Tibery e demais áreas adjacentes. Identifica-se o princípio geométrico gerador do tecido urbano do entorno como racionalista, uma vez que se identifica a geometria ortogonal no tecido que, por sua vez, é entrecortado por diagonais, quadras de formatos regulares quadrangulares com tamanhos, aproximadamente, de 80m x 80m, cortadas por uma via diagonal de mão dupla (Rua Rotary Clube). A morfologia urbana, definida por esse traçado, compõe-se por pequenas áreas (sobras) triangulares resultantes do cruzamento em diagonal dessa via (Rua Rotary Clube) com as quadras, por onde passa.

Avalia-se, em registros fotográficos, que a Rua Havana constituía-se, no passado, por duas quadras. Nota-se, sobretudo, em comparação ao traçado atual, que tais quadras não se configuram junto ao traçado viário e esse inexistente no espaço público. Verifica-se, portanto, que uma quadra está no domínio da Curinga Veículos e a outra no domínio do Center Shopping, junto ao edifício da Receita Federal. Assim, em vez de um conjunto morfológico composto por quatro quadras, hoje, se tem apenas duas quadras.

Quanto ao terreno triangular formado pelo cruzamento das ruas Antônio Crescêncio e Rotary Clube, entende-se que, como resquício do processo de loteamento, caracteriza-se como espaço de domínio público cabendo ao município apropriar-se e gerenciar. No entanto, salvo engano, a leitura que se faz é que tal espaço foi incorporado ao domínio da Curinga Veículos.

2.1 Desconexão e congestionamento

A alteração do traçado do sistema viário, resultante da incorporação da Rua Havana à quadra pertencente à Curinga Veículos, aparentemente, modifica os fluxos das vias na escala pontual do quadrilátero em questão. Fato que atinge, mais prontamente, o pedestre e o ciclista. No

entanto, observa-se significativa concentração de fluxos de veículos, especialmente, na Rua Rotary Clube no sentido do Bairro Tibery para a Avenida Rondon Pacheco e Bairro Aparecida.

O impacto para o fluxo de veículo, resultante de tais modificações, é menor quanto visto na escala do bairro e das interconexões entre os bairros, uma vez que o circuito de tráfego geral permanece conectado e sem interrupções. Portanto, o excesso de fluxo de veículos verificado se deve, entre outros fatores, à: concentração de veículos com origem/destino no Center Shopping, cujos estacionamentos têm saída no cruzamento das Ruas Argentina e Niterói; utilização do circuito de tráfego como retorno à Avenida Rondon Pacheco e; utilização das vias como transposição da Avenida Rondon Pacheco, uma vez que tanto a Rua Niterói como a Rua Rotary Clube possuem sinalização semafórica permitindo o cruzamento dessa avenida, e ela se constitui como barreira entre os bairros Aparecida e Tibery. Além disso, o número de pontos de transposição ao longo da Avenida Rondon Pacheco são insuficientes sobrecarregando os poucos existentes, inclusive o local em análise.

Vale ressaltar sobre o último fator apontado, o fato de que a cidade encontra-se, de modo geral, dividida em duas partes desconexas, devido a última reformulação da Avenida Rondon Pacheco em que todos os retornos do canteiro central foram bloqueados impedindo a transposição e conversão à esquerda. Fato que incrementa o volume de veículos nas vias, que cruzam tal avenida e suas imediações. A concentração de fluxo de veículo na Rua Rotary Clube é um exemplo dessa problemática.

Entende-se que o impacto dos fluxos pode ser mitigado com a adoção da Rua Havana como alternativa para o trajeto viário dessa área. A (re)abertura dessa rua pode assumir parte do fluxo ao criar mais um circuito de tráfego de retorno para os veículos que convergem da Avenida Rondon Pacheco, enquanto que o fluxo formado pela saída de veículos do Center Shopping pode ser abarcado pela Rua Argentina.

2.2 Aspectos Urbanísticos e Ambientais

A alienação da Rua Havana e sua incorporação à área pertencente à Curinga Veículos deu origem a um novo quadrilátero – cuja maior face tem, aproximadamente, 190 metros – e não ultrapassa as dimensões máximas de 350 metros estabelecidas pela Lei Federal 6766/79.

A adoção de quadras curtas, que favoreçam e estimulem a locomoção de pedestres, está entre os princípios de sustentabilidade urbana, fundamentados pelo Planejamento Ambiental, Desenho Ambiental, Projeto Sustentável para a Cidade, Urbanismo Sustentável, dentre outros. Embora a quadra resultante da alienação da Rua Havana não ultrapasse as dimensões máximas estabelecidas em lei, a ampliação de suas medidas e, conseqüentemente, das distâncias a serem percorridas pelos pedestres acabam por estimular o indesejável uso do automóvel.

Some-se a isso o fato de outras ruas, como a Jataí, a Argentina e a Havana localizadas no entorno imediato, também, terem sido alienadas e incorporadas ao Center Shopping. Fato que constitui a formação de um grande enclave urbano e, conseqüentemente, a segregação do Bairro Tibery. Desencadeia daí prejuízos quanto ao grau de conectividade na escala pontual das quadras e da rua, e na escala que articula essa área com as demais áreas urbanas do entorno e da cidade; desestímulo e alto grau de dificuldade para o estabelecimento dos fluxos de pedestre e de bicicleta; baixo grau de legibilidade (identificação e orientação no espaço) e enfraquecimento do sentido de identidade.

Além disso, em relação aos aspectos ambientais do ar e da economia de combustíveis, verifica-se que ao duplicar o tamanho da quadra com a incorporação das ruas Havana e Rotary Clube e do terreno triangular, ocorre a ampliação da distância a ser percorrida no circuito de tráfego com o acréscimo de cerca de 200 m. Medida que alia o incremento dos gastos energéticos com deslocamento a ampliação das emissões de poluentes atmosféricos. Considerando a estimativa de um total de 1.500 veículos/dia, que utiliza o referido circuito de tráfego para retorno e

percorrendo 200 metros adicionais, calcula-se o aumento de 300 km diários desperdiçados e em uma emissão anual de cerca de 20 toneladas de CO² (cálculo de fluxo baseado em contagem em loco em três períodos – 7:00-8:00, 12:00-13:00, 18:00-19:00 –; os fluxos são indicativos, pois a amostragem foi feita em um dia, necessitando de amostragens em diversos dias para maior precisão; o cálculo de emissão de carbono é baseado em estudos da Key Associados (2013), considerando-se apenas a emissão de veículos leves movidos a gasolina.

O alto grau de qualidade ambiental urbana depende de inúmeros fatores, dentre os quais, o grau de conectividade, legibilidade, qualidade do ar e conforto ambiental são entendidos como seus elementos estruturadores. Trajetos de espaços públicos pensados para a população, na escala humana, diferem-se substancialmente de trajetos pensados para a escala do carro. Neles a distância, os referenciais, a qualidade do ar, ausência de poluição sonora, as amenidades criadas com a arborização e com espaços de descanso, qualificam o ‘andar a pé’ e o ‘andar de bicicleta’. Suavizam a permanência do usuário atraindo-o em direção à integração social no espaço público e ao estabelecimento dos vínculos antropossociais.

A problemática aqui elencada vai muito além da questão específica apresentada em que reúne os aspectos legais de propriedade do solo urbano. Ela vai de encontro com os fatores que estruturam a qualidade ambiental urbana para todo habitante em que cada ‘pedaço’ da cidade compõe um todo maior. Trechos urbanos que, se em conexão uns com os outros, promovem um sistema único. Nesse sentido, a reintegração das vias e do terreno triangular na tecitura urbana, incorporados pela Curinga Veículos, representa importante ganho tanto para a população residente do entorno como para a cidade favorecendo a multiplicidade de conexões e aumentando a resiliência.

3 PROJETO SUSTENTÁVEL PARA A CIDADE: A ‘COSTURA’ DE DIMENSÕES

As análises referentes a via diagonal – rua Rotary Club – indicam importante função no fortalecimento do grau urbanidade, da mobilidade e da conectividade, uma vez que associam-se a sua função de ligação as atividades de comércio e o sistema de transporte público. No entanto, a incorporação das quadras a Curinga Veículos e ao Shopping resulta em acréscimo das distâncias a serem percorridas no entorno em um somatório que pode variar entre 400 metros 1.000 metros para o pedestre, ciclista e veículo motorizado. Essa incorporação territorial gera, também, a redução de pelo menos três alternativas de conexões no traçado promovendo desconexões desnecessárias na rede de redundância e, ainda, reduz o número de caminhos para se chegar de um ponto a outro para um em vez de quatro. Somado a isso, em decorrência dessa alteração do traçado, tem-se o acréscimo de gás carbônico no ar, o incremento do estresse emocional das pessoas que permanecem no trânsito por um período maior, o incremento das temperaturas nas imediações, o incremento financeiro com manutenção dos veículos, o desperdício de combustíveis fósseis, o alto grau de dificuldade e desconforto para circulação de pedestres e ciclistas.

Considerando que, para ser resiliente, o ambiente deve ter o maior número possível de conexões funcionais e geométricas nas suas diferentes escalas, entende-se que o aprofundamento de pesquisas ligadas a concepção morfológica das cidades possibilita o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias socioambientais. Por sua vez, tais tecnologias fundamentarão proposições de projetos urbanos inovadores em direção ao alcance da Cidade Sustentável e, portanto, resiliente.

Além disto, o estudo mostra a importância da geometria para a sustentabilidade e aponta na direção da geometria fractal como a que responde e atende aos movimentos ecossistêmicos, quando aliados aos movimentos culturais. Assim, embora este artigo relate uma problemática em pequena escala do tecido urbano, nela é possível reconhecer a profunda inter-relação que se estabelece entre o meio natural e o construído por meio do gesto projetual concretizado na forma urbana.

Vale destacar, a partir da visão sistêmica e complexa, que a concepção de projetos sustentáveis para a cidade resiliente não se resume em definição geométrica da malha urbana. Entende-se, sim, a geometria – fractal – como elemento morfológico estruturador (e estratégico) capaz de desenvolver a capacidade de absorver os impactos e manter as mesmas funções, estruturas e reações, ou seja, de promover a resiliência urbana.

REFERÊNCIAS

- Beatly, T. 2012. *Green cities of Europe – global lessons on green urbanism*. Washington/Covelo/London, IslandPress.
- Franco, M. A. R. 1997. *Desenho Ambiental*. São Paulo: AnnaBlume.
- Gehl, Ian. 2014. *Cidade para pessoas*. São Paulo, Perspectiva.
- Hellmund & Smith. 2006. *Designing greenways: sustainable landscapes for nature and people*. Washington: Island P.
- Holanda, Frederico. (2012). *Ordem e desordem*, Brasília, FRBN.
- Jacobs, J. 2009. *Vida e morte de grandes cidades*. São Paulo, Martins Fontes.
- Key Assoc. Dispon. em: <http://www.keyassociados.com.br/calculadora-de-emissao-co2-carbono.php>. Acesso em 02/04/2013.
- McHarg, I. 1969. *Design with nature*. Nova Iorque: The Natural History Press.
- Odum, E. 1988. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara.
- Salat & Bourdic. 2012. *Urban Complexity, Efficiency and Resilience*. INTECH Open Access Publisher.
- Salingaros, N.1998. *Theory of Urban Web*. Journal of Urban Design, nr 3, s. 53-71
- Salingaros, N. 2000. *Complexity na urban coherence*. Journal of Urban Design, v.5, 291-316.
- Spirn, A. 1995. *O jardim de granito*. São Paulo: Edusp.
- Vital, G. T. D. 2003. *Desenho ambiental em Uberlândia: o caso do córrego Lagoinha*. São Paulo, FAUUSP (mestrado).
- Vital, G. T. D. 2012. *Projeto sustentável para a cidade: o caso de Uberlândia*. São Paulo, FAUUSP (doutorado).
- Vital G.T.D & Garrefa, F. 2013. Laudo técnico solicitado pela 4ª Promotoria de Justiça do Estado de Minas Gerais sobre os impactos urbanos da alienação das ruas Havana e Rotary Clube – Uberlândia MG. Uberlândia: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design.
- Walker & Salt. 2006. *Resilience Thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world*. Washington / Covelo / London: Island Press.
- Newman, P. et al. 2009. *Resilient cities: responding to peak oil and climate change*. Washington DC, Island Press.

Análise e Diagnóstico da Acessibilidade e Mobilidade Urbana no Centro de Poços de Caldas-MG, Brasil

Ana Luiza Morais Pereira

Pontifical Catholic University of Minas Gerais, School of Architecture and Urban Planning, Department of Architecture and Urban Planning, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.

lump111@hotmail.com

Rosana Soares Bertocco Parisi

Pontifical Catholic University of Minas Gerais, School of Architecture and Urban Planning, Department of Architecture and Urban Planning, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.

rosanaparis84@gmail.com

ABSTRACT: Recognized the importance that has been given to the needs of pedestrians with regard to the problem of urban accessibility and mobility in Brazil and in the world, this research was developed. This sought to characterize the center of Poços de Caldas, as the condition of their sidewalks, from photographic survey, test application and questionnaire. The general purpose was to generate data and information that could be available to the public, through a booklet, and the whole compose a diagnosis of the downtown area.

Keywords: accessibility; urban mobility; diagnosis; sidewalks.

RESUMO: Reconhecida a importância que possuem as necessidades dos pedestres no que dizem respeito à problemática da acessibilidade e mobilidade urbana no Brasil e no mundo, foi desenvolvida a presente pesquisa. Esta buscou a caracterização do centro de Poços de Caldas, Minas Gerais quanto à situação de suas calçadas, a partir de levantamento fotográfico e aplicação de um teste e um questionário. A proposta consistiu-se de gerar dados e informações que pudessem ser disponibilizadas para a população, através de uma cartilha, e o trabalho compusesse um diagnóstico da área central da cidade.

Palavras-chave: acessibilidade; mobilidade urbana; diagnóstico, calçadas.

1 PROBLEMÁTICA

30% dos deslocamentos cotidianos são realizadas a pé, principalmente em função do alto custo do transporte público. Além da importância para os pedestres, as calçadas funcionam também como um "sensor" da qualidade de urbanização de uma cidade. Alguns pensadores afirmam que pode-se medir o nível de civilização de um povo pela qualidade das calçadas de suas cidades. E há quem diga que as calçadas são o melhor indicador de desenvolvimento humano do que o próprio IDH (Índice de Desenvolvimento Humano). Ou seja, cidades são feitas para pessoas, e estas primordialmente caminham.

As calçadas devem atender ao público de todas as idades. Para isso devem possuir as características necessárias para que possam oferecer condições de caminhada dignas e seguras. Entretanto, atualmente as calçadas brasileiras, de uma maneira geral, vêm sendo abandonadas, visto que a expressão "mobilidade urbana" que tanto é mencionada está orientada pelas necessidades dos automóveis e não dos homens. Houve uma mudança na apropriação do espaço público tomada pela urgência dos cidadãos em se deslocar. Há muitos carros, motos, caminhões, etc que ocupam o espaço público, que por sua vez e cada dia mais, estrangula as calçadas para dar lugar aos veículos.

As precariedades dos serviços de transporte público no Brasil, a crescente super-valorização do transporte individual e a falta de infraestrutura nas ruas das cidades, mostram que os

deslocamentos das pessoas vêm se tornando cada vez mais difíceis e menos seguros. A falta de aplicação das leis vigentes referentes à manutenção e da fiscalização do espaço público, aliadas ao descaso dos administradores, majoram o problema. Poços de Caldas, não deixa de apresentar visíveis problemas dessa natureza e pode ser considerada inserida no panorama das cidades brasileiras desprovidas de um espaço público ideal destinado aos pedestres. Apresenta grande diversidade de público, com necessidades variadas e, portanto, faz-se necessária e de grande importância a execução de propostas que possam promover as mudanças necessárias para a região central da cidade, entre outras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O tema da acessibilidade e mobilidade urbana que tem ganhado espaço na atualidade é um direito dos cidadãos há tempos, de acordo com o Decreto Federal 5.296/04, em especial, o de artigo 8º e inciso IX. Entretanto, tal documento não assegura amplamente o direito ao acesso democrático de todos os cidadãos. A importância de serem discutidas e colocadas em evidência essa questão é fundamental para que seja possível obter um balanço da situação atual das cidades brasileiras. Por isso, a discussão bibliográfica pautou-se em estudos de caso, e em recursos metodológicos que pudessem auxiliar a construção de um panorama do recorte da área central escolhida. A qualidade do trajeto dos pedestres visando conforto e segurança para os mesmos foram fatores de extrema importância, levados em conta na caracterização da área (Aguar, 2007).

Muitas vezes, a análise somente de aspectos objetivos não consegue mostrar resultados completos por não levar em consideração a qualidade do objeto de estudo, ou seja, aspectos mais subjetivos; por isso a importância de avaliar em parâmetros qualitativos e não somente quantitativos.

No que diz respeito aos métodos existentes e aplicáveis, em relação à avaliação da qualidade das calçadas, Fruin (1971) “propõe a utilização do conceito de Nível de Serviço baseado em fatores qualitativos e quantitativos, para avaliar projetos de espaços destinados aos pedestres. Para tanto, o procedimento adotado envolve o conceito de capacidade, oriundo dos princípios básicos empregados na engenharia de tráfego”.

Utilizou-se também como parte do referencial teórico o trabalho organizado por Teles e Silva (2005) para a Rede Nacional de Vilas com Mobilidade para Todos, de Portugal, e os trabalhos de Vasconcellos (2012) e Bahia et al (1998) produzidos no Brasil.

A partir dos conceitos analisados e das referências utilizadas foi possível reunir suas informações e aplicá-las na região estudada, de maneira a obter um diagnóstico mais completo.

3 METODOLOGIA

A metodologia, inicialmente, seria apenas baseada no levantamento fotográfico e diagnóstico propriamente dito. Entretanto, após o estudo de metodologias existentes e depois de analisar o que vem sendo feito para avaliação das condições de serviço e uso de calçadas, verifica-se que não há uma padronização dessas metodologias, uma vez que cada uma emprega parâmetros e variáveis subjetivas para avaliar os níveis de serviço das áreas em questão. A escolha das metodologias mais adequadas deu-se por fatores que fizeram com que as mesmas se tornassem mais viáveis. Dentre essas destacam-se os estudos realizados por John J. Fruin (1971), autor do livro “Planejamento e Desenho para Pedestres” (do original “Pedestrian Planning and Design” (1971)) que envolvem o conceito de capacidade, levando em consideração a variável densidade, ou o seu inverso, para expressar o padrão nível de serviço e avaliar projetos de espaços destinados a pedestres. O padrão aplica-se às filas de pedestres, passarelas, calçadas e escadas. Segundo Aguiar (2007): “A capacidade de um espaço destinado aos pedestres ocorre invariavelmente quando existe alta concentração de pessoas trafegando, combinada com a

restrição de velocidade da caminhada. Esta condição não é representativa de um ambiente humano confortável”.

Fruin (1971) baseou seus estudos a partir da análise de fotos tiradas em determinado intervalo de tempo de um local onde pode estabelecer relações entre volume, velocidade, e conforto para os pedestres. Tais relações foram denominadas Níveis de Serviço (NS) caracterizadas em 6 categorias: de A a F do presente trabalho.

Além disso, para a seleção dos métodos da presente pesquisa foi consultada a publicação americana Highway Capacity Manual – HCM, desenvolvida pela Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos. O HCM consiste num manual de referência na prática de projeto de vias que foi acrescido de um guia para pedestres visando à elaboração do projeto de calçadas, baseado na metodologia do já mencionado Fruin (1971). Esta foi escolhida por aplicar através de testes, entre outras variáveis, o “fluxo de pedestres” e as “larguras efetivas da calçada”, que são dados fundamentais e de fácil acesso em qualquer escala. Portanto, sua aplicabilidade à realidade do centro de Poços de Caldas podia ser considerada como muito mais prática se comparada a outras metodologias.

Além disso, foi realizado o mapeamento fotográfico, onde pode-se caracterizar as condições reais das calçadas bem como sua adequação ou inadequação à NBR9050/2004, que diz respeito à Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.

Verificou-se que a maioria das metodologias de avaliação da qualidade de calçadas é realizada apenas por aspectos técnicos, não considerando a opinião do usuário. Tendo em vista essa preocupação, foi acrescida ao estudo a aplicação de questionários junto da população que utiliza essa região, para que fosse possível ter um panorama cada vez mais real da situação das calçadas e da mobilidade urbana no centro de Poços de Caldas.

3.1 Antecedentes

Poços de Caldas está entre as dez maiores cidades geradoras de renda do Estado, com forte presença industrial. O município é também um importante produtor de café, batata, bauxita, ferro e fosfato. A cidade é pólo turístico e estância hidromineral, e por isso atrai grande contingente de pessoas durante todo o ano. Sua localização pode ser observada nas figuras 1 e 2 a seguir.



Figura 1. Localização de Poços de Caldas no Estado de Minas Gerais e no Brasil. Fonte: www.quetalviajar.com

A região central de Poços é de extrema importância para toda a cidade. A partir dela é que o núcleo histórico se originou. Ainda hoje constitui a área de maior atividade durante o dia todo, concentrando e dispersando pessoas para os outros bairros da cidade.



Figura 2. Localização do Centro de Poços de Caldas, MG. Fonte: Google Earth, 2013.

Além disso, essa região detém muitos equipamentos urbanos e ainda alguns edifícios tombados pelo Conselho de Patrimônio Histórico, como por exemplo, o edifício das Thermas Antônio Carlos (1931), o Palace Casino (1958) e o Palace Hotel (1929).

O caráter essencialmente comercial e de serviços dão destaque a essa região e faz com que muitas pessoas circulem pelo centro. A variedade e tipos de pontos comerciais e de serviços fazem atrair todos os tipos de pessoas; das mais variadas faixas etárias e níveis socioeconômicos distintos. Além disso, a presença do Terminal Rodoviário Central de Linhas Urbanas contribuiu para a grande concentração de pessoas.

3.2 Da aplicação da primeira metodologia

3.2.1 Seções de Estudo

A determinação dos locais a serem analisados deu-se a partir da análise preliminar, em planta, de pontos que tivessem certa representatividade, pontos de maior tráfego, mais movimentados, próximos a edifícios de utilidade pública e que são utilizados com mais frequência, de maneira que tais locais, hipoteticamente, pudessem apresentar resultados mais relevantes. Foram escolhidos 16 pontos de acordo com os parâmetros anteriormente descritos para a determinação dos níveis de serviço. Todos estão situados no centro de Poços de Caldas.

Após esta etapa, foram realizadas vistorias em campo com a finalidade de confirmar e/ou ajustar os locais mais relevantes de fluxo de seguintes fatores: a) impressão dos movimentos, b) fluxos de pedestres e c) condições físicas mais críticas das calçadas. A partir da determinação dos pontos a serem analisados, e após vistoria em campo foi possível verificar os principais motivos de circulação dos pedestres nesta área, a saber:

- Embarque e desembarque de passageiros nos pontos de ônibus e principalmente os oriundos do Terminal Rodoviário Central;
- Deslocamentos com fins recreativos, devido à alta concentração de hotéis e conseqüentemente, da elevada presença de turistas nesta região;
- Devido ao caráter comercial e de serviços da região, há tráfego intenso de pessoas consumindo e trabalhando nas lojas e complexos comerciais.



Figura 3. Localização dos pontos de maior tráfego na área central. Créditos: Mapeamento Digital de Poços de Caldas. Secretaria de Planejamento (2008) e imagens do Google Earth (2013).

A partir da análise preliminar, tomou-se conhecimento da importância de realizar as contagens de pedestres em horários de pico, além de confirmar a necessidade de desenvolverem-se as análises em três períodos do dia, a exemplo do estudo de caso da “Caracterização do Nível de Serviço nas Calçadas da Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar – Hospital das Clínicas de São Paulo” realizado por Carvalho (2013), onde foram estes determinados:

- Manhã: No período das 07h 30 min às 9h 15 min;
- Almoço: No período das 12h 30 min às 14h 30 min;
- Tarde: No período das 17h às 18h 30 min.

De acordo com as diretrizes do HCM (2000), para determinar os níveis de serviço (NS) das calçadas, deve-se utilizar a largura efetiva das calçadas, ou seja, o espaço que é efetivamente usado pelo pedestre. O cálculo da largura efetiva da calçada é dado pela seguinte equação:

$$Le = Lt - Lo \tag{1}$$

onde: Le= Largura efetiva da calçada (m); Lt= Largura total da calçada (m); Lo= Somatória das distâncias das larguras e recuos das obstruções sobre a calçada, ou “largura descartada” (m).

Ainda segundo os conceitos do HCM (2000), para a determinação do NS, utilizam-se as variáveis: velocidades, taxas de fluxos e espaço por pedestre. Neste estudo, a contagem de pedestres por 15 minutos nos horários de pico e a largura efetiva da calçada foram fundamentais para que pudessem ser aplicadas na seguinte equação:

$$Vp = V15 / (15 \times Le) \tag{2}$$

onde: Vp= Taxa de fluxo de pedestres (ped/min/m); V15= Fluxo em 15min de pico; Le= Largura efetiva da

calçada.

Nas tabelas a seguir estão, respectivamente, os critérios para determinação dos níveis de serviço (NS) para a área escolhida, bem como a caracterização de cada nível, de acordo com o HCM (2000).

Tabela 1. Critérios para a determinação dos Níveis de Serviço para Calçadas, segundo HCM(2000).

Nível de serviço	Espaço M2/pedestre	Taxa de fluxo Ped/min/m	Velocidade M/s	Proporção Vol/capacidade
A	5,6 ou mais	16 ou menos	1,3 ou mais	0,21 ou menos
B	3,7 a 5,6	16 a 23	1,27 a 1,30	0,21 a 0,31
C	2,2 a 3,7	23 a 33	1,22 a 1,27	0,31 a 0,44
D	1,4 a 2,2	33 a 49	1,14 a 1,22	0,44 a 0,65
E	0,75 a 1,4	49 a 75	0,75 a 1,14	0,65 a 1,00
F	0,75 ou menos	Variável	0,75 ou menor	Variável

Tabela 2. Níveis de Serviço, segundo o HCM (2000).

Nível serviço	Característica	Taxa de fluxo
A	Os pedestres seguem o trajeto desejado sem alterar seus movimentos em decorrência de outros pedestres. A velocidade de caminhada é livremente escolhida e conflito entre pessoas são improváveis	16 ou menos
B	Há espaço suficiente para escolha de velocidade de caminhada, ultrapassagem de outros pedestres e para evitar conflitos na travessia. O pedestre começa a perceber outros pedestres e a reagir à presença desses selecionando trajetos de caminhada.	16 a 23
C	O espaço é suficiente para a caminhada em velocidade normal para ultrapassagem de outros pedestres que transitam no mesmo sentido. Movimentos em sentido oposto ou de travessia podem causar pequenos conflitos.	23 a 33
D	A liberdade de escolha da velocidade de caminhada e de ultrapassagem de outros pedestres é limitada. Travessias em sentido oposto apresentam alta probabilidade de conflitos, requerendo frequentes mudanças de velocidade e posição. Praticamente todos os pedestres têm limitação de velocidade,	33 a 49
E	tendo a necessidade de ajuste à sua marcha. Desvios em movimentos lineares são observáveis. Travessias e movimentos em sentido oposto são possíveis com muita dificuldade.	49 a 75
F	A velocidade de caminhada é bastante limitada e os movimentos lineares ocorrem de forma truncada. Há inevitáveis contatos entre pedestres. Travessias e movimentos em sentido oposto são praticamente impossíveis. A fluidez é rara e instável.	variável

3.3 Da aplicação da segunda metodologia

Quanto ao levantamento fotográfico realizado foi determinado o seguinte método:

- Primeiramente, foi realizado um estudo de campo, para que se pudesse identificar a partir das primeiras impressões, a real situação das calçadas;
- Em seguida, foram selecionados em tópicos, aqueles itens que se faziam presentes, muitas vezes com irregularidades, nas calçadas da região estudada. Foram divididos em categorias, segundo o estudo desenvolvido pela APPLA (Associação Portuguesa de Planeadores do Território), o REDE (Rede Nacional das Cidades e Vilas com Mobilidade Para Todos), a saber: a. Buracos; b. Rampas; c. Quiosques/ Bancas/ Mobiliário; d. Obstáculos Comerciais; e. Obras Particulares e por último f. Regularização do Pavimento

A tabulação e organização das imagens gerou uma tabela específica, com o intuito de mapear a situação atual das calçadas de acordo com as categorias citadas anteriormente.

3.4 Da aplicação da terceira metodologia

A aplicação desta metodologia se fez necessária, uma vez que as impressões da população poderiam ser diferentes e mais subjetivas do que os outros dados quantitativos. Para fazer com que o trabalho fosse de conhecimento da população optou-se pela aplicação de questionário. Escolheu-se um questionário que fosse de fácil aplicação, rápido e que pudesse ser assimilado o mais facilmente possível pelas pessoas. Dessa maneira, depois de analisar alguns questionários já aplicados em outros estudos de caso, optou-se pelo questionário a seguir:

Qual nota você atribui para as condições de caminhada ofertadas no centro de Poços de Caldas?

- () Calçadas descontínuas (degraus, inclinações, alternância de pisos, piso liso ou irregular).
- () Calçadas quebradas / com buracos
- () Calçadas obstruídas por postes, lixeiras, mato, bancas de revista, pontos de ônibus, ambulantes, etc.
- () Calçadas com muitas pessoas
- () Falta ou má conservação de rampas
- () Semáforos fazem esperar muito e/ou dão pouco tempo para atravessar
- () Sinalização deficiente/ ausência de agentes de trânsito
- () Visão bloqueada por automóveis estacionados e/ou objetos (postes, placas, árvores)
- () Sujeira (lixo acumulado, sarjetas sujas, animais de rua)
- () Poluição visual/ sonora/ do ar
- () Ausência de segurança pública (presença de marginais, falta de policiamento, falta de iluminação).

OBS .Notas: 0 1 2 (péssimo) 3 4 (ruim) 5 6 (regular) 7 8 (bom) 9 10 (excelente)

Neste questionário, as pessoas teriam que dar uma nota geral para as condições de caminhada em Poços de Caldas, e em seguida, marcar com um “x” os itens que elas considerassem deficientes em Poços de Caldas. Poderiam marcar quantos itens julgassem necessários. As entrevistas foram aplicadas em uma amostra de 30 pessoas, entre o período de 16 a 27 de setembro de 2013, nos seguintes horários de pico (manhã: das 07h 30 min às 09h 15min, almoço: das 12h 30 min às 14h 30min e tarde: das 17h às 18h 30min). Foram entregues na Rua Assis Figueiredo, na Av. Francisco Salles e na Rua Rio de Janeiro, respectivamente 10 amostras em cada lugar. Através da abordagem das pessoas na rua, explicava-se o que significava o questionário que em seguida era preenchido pelo pedestre.

4 RESULTADOS

Em relação à primeira metodologia é possível perceber na tabela seguinte, que todos os pontos se enquadram no Nível de Serviço A, considerado o melhor do ponto de vista da densidade em determinado ponto. O NS “A” estabelece um limite de 16 pedestres por minuto por metro como taxa de fluxo máxima. Todos os pontos atendem a esse critério.

Em relação à segunda metodologia aplicada, os resultados obtidos geraram tabelas especificadas em relatório mais detalhado. As principais considerações foram que: quanto aos buracos e irregularidades presentes nas calçadas de Poços de Caldas, pode-se perceber que a falta de manutenção é evidente. Apesar da utilização do material adequado para revestimento em algumas calçadas, o denominado ladrilho hidráulico, recomendado pela NBR9050, algumas peças encontram-se danificadas ou não foram repostas. Isso possivelmente acabou por gerar a vulnerabilidade das outras unidades dos ladrilhos, aumentando cada vez mais os tamanhos dos buracos. Tal questão pode ser percebida em vários pontos da região analisada. Os pavimentos esburacados acabam colocando em evidência um dos aspectos importantes para a qualificação das calçadas: a segurança do pedestre, tornando o percurso mais suscetível a acidentes. Além disso, deve-se ter uma atenção especial aos pisos táteis, sejam aqueles utilizados para sinalizar situações de risco (de alerta), ou indicar caminhos (direcionais).

Tabela 3. Nível de Serviço Verificado, seguindo os parâmetros HCM, 2000.

Seção	Período de > fluxo	Fluxo de pedestres Ped/min	Largura efetiva	Taxa de fluxo Ped/min/m	Nível de serviço
1	Tarde	32,06	3,35	9,57	A
2	Tarde	28	2,84	9,85	A
3	Tarde	34,7	3,15	11,02	A
4	Tarde	36,8	3,02	12,18	A
5	Tarde	33,8	3,00	11,20	A
6	Tarde	15	1,58	9,49	A
7	Almoço	2,4	3,52	1,39	A
8	Almoço	7,6	1,30	6,20	A
9	Almoço	16,7	3,50	4,7	A
10	Tarde	5,2	3,59	1,46	A
11	Almoço	17	1,20	14,1	A
12	Almoço	10,4	2,45	4,20	A
13	Almoço	12,06	2,42	4,90	A
14	Tarde	21,3	2,23	9,56	A
15	Almoço	8,7	2,11	4,13	A
16	Almoço	4	2,08	1,92	A

Tabela 4. Aspectos Negativos das Condições de Caminhada no Centro de Poços de Caldas

Item avaliado	Total bsoluto	%
Sujeira	9	30
Ausência de segurança	9	30
Calçadas obstruídas	11	36
Poluição visual/ sonora/ ar	8	26
Calçadas quebradas	17	56
Má sinalização/ ausência de agentes de trânsito	13	43
Calçadas com muitas pessoas	14	46
Ausência de rampas	16	53
Tempo do semáforo	17	56
Visão obstruída da travessia	9	30
Calçadas descontínuas	18	60
Mais plantas	11	36

Quanto aos resultados da aplicação do questionário é possível perceber que, mesmo com vários itens, que apontavam para aspectos das condições de caminhada no centro de Poços de Caldas, o que mais foi requisitado pela amostra foi o item “calçadas descontínuas”, revelando novamente que, apesar das larguras das calçadas serem suficientes para a acomodação do fluxo de pedestres, as condições físicas das mesmas encontram-se ruins.

5 CONSIDERACOES FINAIS

O propósito deste trabalho foi realizar um estudo sobre a qualidade das calçadas no centro de Poços de Caldas através das metodologias apresentadas, podendo assim, gerar dados e informações que de fato possam colaborar para a melhoria da região em questão.

A grande quantidade de informações necessárias e que são possíveis de serem obtidas acaba muitas vezes por confundir, dificultando um diagnóstico mais específico e preciso, que é o primeiro passo para que as mudanças necessárias ocorram. Tornou-se necessário mapear e descobrir os efetivos problemas nas calçadas de Poços de Caldas.

Basicamente, cada metodologia proporcionou dados diferentes. O teste HCM 2000 foi aplicado em determinados pontos, e mostrou que em relação à densidade, a região analisada tem capacidade suficiente para suportar seus pedestres com conforto. Entretanto, ao ser analisado o segundo método aplicado, observou-se que as condições físicas das calçadas, mesmo que

estas, em larguras suficientes, estão precárias. Há muitos buracos, pisos irregulares, falta de manutenção, recomendações técnicas que não são seguidas. São aspectos que vão contra a qualidade da calçada e possibilitam um diagnóstico diferente do primeiro. Por isso, entende-se que com o presente trabalho, aliado às recomendações contidas na Cartilha produzida a partir desse diagnóstico, a Prefeitura Municipal possa melhorar assim como qualificar as condições de mobilidade e acessibilidade dos pedestres pela área central da cidade.

REFERÊNCIAS

Aguiar, F.O. 2010 Acessibilidade Relativa dos Espaços Urbanos para Pedestres com Restrições de Mobilidade. Tese de Doutorado, Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Planejamento e Operação de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

Bahia, S.R. et al. 1998. Município e Acessibilidade. Brasília: Ministério da Justiça, 68 p.

Associação brasileira de normas técnicas. Norma NBR 9050, Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos. Rio de Janeiro, 2004.

Brasil. Lei n 10.048, de 8 de novembro de 2000. Dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica. Diário Oficial da União, Brasília, 3 dez. 2004.

Brasil. Lei n10. 098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida. Diário Oficial da União, Brasília, 3 dez. 2004.

Carvalho, M. C. D. 2013. Caracterização do nível de serviço da av. Dr Enéas de Carvalho Aguiar - Hospital das Clínicas de São Paulo. Nota Técnica 228. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego, 17p.

Fruin, J.J. 1971. Designing for Pedestrians: A Level-of-Service Concept. New York Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners. Highway Research Record. n 355.

Gil. 2009. Mobilidade Pedonal no Espaço Público. – Caso de Estudo e Aplicação ao Projecto em Sete Rios. – Dissertação de Mestrado, Lisboa, Portugal.

Ibge. 2010. Censo Demográfico – Resultados da Amostra. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, D.F.

Teles. P. e SILVA, P. R. 2005. Desenho Urbano e Mobilidade para Todos. Aveiro: APPLA. 159p.

Vasconcellos, E.A. 2012. Mobilidade Urbana e Cidadania. Rio de Janeiro: SENAC Nacional, 216p

CHAPTER 20 | CAPÍTULO 20 | CAPÍTULO 20

Technical knowledge transfer for sustainable materials, buildings, neighborhoods and building sector

Transferência de conhecimento técnico para materiais, edificações e espaços urbanos sustentáveis

Transferencia de conocimientos técnicos para materiales, edificaciones y espacios urbanos sostenibles



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Resultados da aplicação de métodos e instrumentos de apoio à pesquisa e ao projeto de iluminação natural - um estudo de caso acadêmico-profissional

Ingrid Fonseca

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Tecnologia da Construção, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
ingrid.c.l.fonseca@gmail.com

Marília Fontenelle

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Projeto de Arquitetura, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
mariliarf@ufrj.br

Andrea Matriciano

Ipiranga Produtos de Petróleo S. A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil
anderam@ipiranga.com.br

Maria Maia Porto

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Tecnologia da Construção, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
mariamaiaporto123@gmail.com.br

ABSTRACT: An applied research was developed as a partnership between university and private company in order to improve daylighting conditions in buildings of service and gasoline station with convenience store. Despite being built from standard solution the services stations are intended to a variety of locations and urban sites in Brazil. The purpose of this article is to highlight the results of this study, presenting (i) architecture description and assumptions that guided the design of components for caption and distribution of daylight; (ii) methods and tools used; (iii) results of combined and adapted solutions to different situations and with computer simulations of illuminance inside the building that quantitatively validated the developed proposals; (iv) closing remarks. Some architectural drawings report the main solutions. The DAYSIM simulation showed that post-intervention lighting levels were distributed in a greater percentage of time in the range of useful UDI 350-1000lux, in Rio de Janeiro. The intended contribution - obtained by a cut of the overall development, linking methods and results - is to illustrate the complexity of specialized academic research and their possible adaptation to practical requirements.

Keywords: daylight, illuminance simulations, applied research

RESUMO: Foi realizada pesquisa e intervenção em projeto de arquitetura, numa experiência singular: uma parceria entre universidade e empresa privada, visando melhorias nas condições de iluminação natural de postos de serviço que, apesar de serem construídos a partir de arquitetura padrão, se destinavam a uma variada gama de situações, abrangendo uma diversidade de localizações e terrenos urbanos, em território brasileiro. O objetivo deste artigo consiste em destacar os resultados deste trabalho, apresentando: (i) descrição da arquitetura e premissas que orientaram o projeto dos componentes para captação e distribuição da luz natural interior; (ii) métodos e instrumentos utilizados para tal; (iii) resultados projetuais adaptados e combinados entre si e para diferentes situações, com simulações computacionais da iluminância interior da edificação que validaram quantitativamente as propostas desenvolvidas; (iv) considerações finais. Alguns desenhos de arquitetura descrevem as soluções principais desenvolvidas. A quantificação com o software DAYSIM, permitiu conferir para a Cidade do Rio de Janeiro, que os níveis de iluminação pós-intervenção se distribuíram num percentual de tempo maior na faixa de UDI mais interessante: 350-1000lux. A contribuição

pretendida, num recorte do desenvolvimento global, relacionando métodos e resultados, foi de ilustrar a complexidade da pesquisa acadêmica especializada e sua possível adaptação a requisitos de ordem prática.

Palavras-chave: luz natural, simulações de iluminância, pesquisa aplicada

1 INTRODUÇÃO

Inúmeras são as pesquisas e diversas as referências bibliográficas consagradas evidenciando a importância do aproveitamento da iluminação natural pela arquitetura em qualquer clima. Os benefícios de sua exploração com devido controle de ofuscamento e excesso de calor associado resultam, no caso de climas quentes, na garantia de níveis adequados com conforto visual e o benefício da desejada conexão com o exterior, favorecendo a produtividade e a boa saúde dos usuários, além da qualidade proporcionada pela fidelidade de reprodução de cores e dinâmica do passar do dia. Soma-se a isso sua contribuição para a redução da dependência de sistemas artificiais (Hopkinson et al., 1975, Lam, 1992, Porto et al., 2002, Fonseca, 2000).

Assim, países tropicais com grande disponibilidade de luz natural, como o Brasil, requerem que os projetos sejam elaborados tendo como premissa o aproveitamento da parcela difusa, e para isso, elementos redirecionadores e de sombreamento se tornam, de maneira geral, indispensáveis, porém sem o comprometimento dos níveis interiores requeridos, exigindo dimensionamentos de acordo com a trajetória aparente do sol nas diversas latitudes.

Apoiados em conhecimento teórico-aplicado sobre as características dinâmicas inerentes à luz natural e com base em exigências apresentadas por empresa, num projeto apoiado pela FINEP, desenvolveu-se o projeto de iluminação natural, apresentado neste artigo como estudo de caso. Trata-se de um projeto para postos de abastecimento, disponibilizado na forma de projeto de arquitetura referencial, com possibilidade de intervenção limitada, para o qual foram elaborados componentes para captação e redistribuição de luz natural, tendo como exigência a necessidade de adaptação a diversas latitudes e orientações de fachadas, uma vez que o projeto será executado em diferentes cidades do território nacional. Complementavam as premissas de projeto, soluções que: (i) dispensassem alta especialização da mão de obra para execução, talvez indisponível no local de implantação; (ii) fossem competitivas quanto aos custos já praticados.

Diante das particularidades em função das variações de trajetória solar devido à extensa faixa de latitudes que o Brasil ocupa, representou grande desafio o desenvolvimento de um projeto que pudesse atender às necessidades apresentadas.

O artigo contribui à prática profissional e acadêmica, apresentando resultados de pesquisa aplicada tendo como objetivo principal, promover o aproveitamento da iluminação natural em espaços interiores, calcado em teoria sobre iluminação natural, conforto visual e necessidade de redução da dependência dos sistemas artificiais. Foram aplicados métodos e instrumentos complementares para o projeto de elementos que, combinados entre si, garantiram praticidade para implementação, de acordo com as especificidades locais, dentro de território nacional.

2 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO E PREMISSAS DE PROJETO

Partiu-se do projeto referencial de arquitetura, composto das seguintes áreas principais e suas características, destacadas nas Figuras 1, 2 e 3:

- loja, de planta retangular, com pouca profundidade, iluminada por: (i) uma extensa vitrine ocupando praticamente toda sua largura, protegida parcialmente por brises e pelos vidros seletivos da vitrine e significativa exposição do interior à luz difusa e à vista e, (ii) por quatro domus industrializados. É um espaço comercial: área de grande permanência e de exposição de produtos, devendo-se privilegiar as tarefas visuais dos ocupantes e funcionários;

- padaria, contígua à loja e iluminada indiretamente pela vitrine, somado a um domus industrializado, contribuindo pontualmente. Possui características similares às da loja, em termos de função, permanência e objetivos para iluminação;
- escritório, também pouco profundo, iluminado por duas janelas de altura média e protegido parcialmente por brises, onde são exercidas tarefas específicas em termos de acuidade visual tendo como planos de trabalho, mesas horizontais e monitores verticais;
- área de apoio sem janelas, na qual são exercidas tarefas intermitentes.

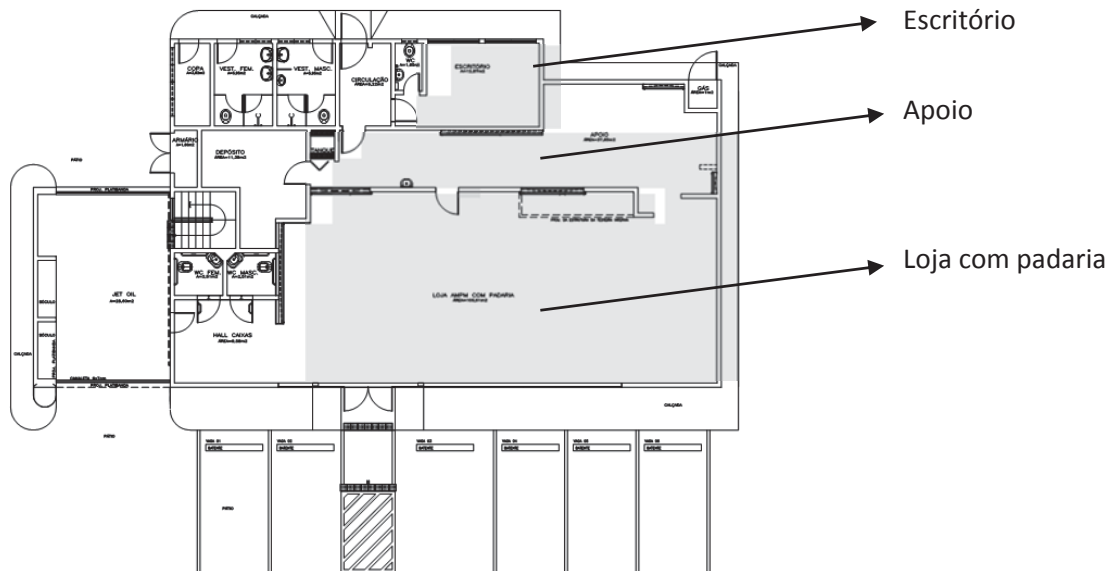


Figura 1. Planta baixa referencial da edificação do posto de abastecimento.



Figuras 2 e 3. Perspectivas da edificação e do interior da loja.

O projeto teve então como objetivos atender a condições de conforto visual e bem-estar, nível de iluminação recomendado, somados à importância da expressão estética com potencial integração interior e exterior e valorização formal da edificação.

Para resultados eficientes seria importante que projeto respondesse às especificidades de latitude e céu locais, uma vez que a iluminação natural oscila em qualidade e quantidade, de acordo com as condições de nebulosidade, composição atmosférica e movimento aparente do sol.

Por outro lado, quanto mais especificidades houvesse no projeto, maior seria a diversidade de dimensionamentos e combinações entre os componentes projetados, o que não atribuiria ao projeto o caráter necessário da praticidade para implementação.

Dada tal circunstância, configurou-se a importância de um projeto que atendesse à diversidade de latitudes do território nacional, sem simplificações que descaracterizariam o projeto, nem perda de qualidade.

Para isso, partiu-se da premissa de trabalhar com latitudes extremas do Brasil como referências, de modo a possibilitar sua aplicação em qualquer cidade. Por isso, foram selecionadas as

latitudes de $-01^{\circ}27'$, $-22^{\circ}54'$ e $-30^{\circ}01'$, correspondentes às cidades de Belém, Rio de Janeiro e Porto Alegre, respectivamente (Fig. 4). Foram consideradas as condições de nebulosidade extremas – céu claro e encoberto.

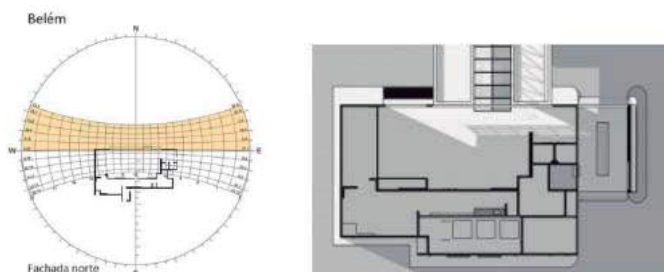


Figura 4. Localização das latitudes estudadas.

3 MÉTODOS E INSTRUMENTOS

Para a elaboração dos projetos de componentes que atendessem à complexidade exigida, foram combinados diversos recursos complementares entre si, sendo eles:

- Estudos apoiados em carta solar e diagrama de sombreamento complementados por maquete 3D com simulação da incidência de raios solares na envoltória e interior. A junção destes instrumentos gráficos permitiu avaliar qualitativamente as soluções desde a concepção inicial ao detalhamento final, além de constituir imagens que registraram o fenômeno para o diálogo interdisciplinar, inclusive entre especialistas e leigos (Figs 5 e 6)



Figuras 5 e 6. Exemplo de estudos de insolação na fachada norte em Belém, às 17hs no inverno.

- Modelos físicos em escala reduzida e em escala real, com a construção de protótipo de parte da edificação no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A variação de escalas e o tamanho do objeto físico claramente se prestam a finalidades distintas, sendo o primeiro possível de avaliar resultados em fase que antecedeu à construção do protótipo, e este, auxiliando num momento posterior o detalhamento dos componentes (Figs 7 e 8).



Figuras 7 e 8. Modelo em escala reduzida e protótipo (escala real) construído.

- Simulação computacional dos aspectos quantitativos. As simulações de iluminação natural foram realizadas através do software Daysim v 3.1, um programa de simulação dinâmica que calcula o perfil anual de iluminação natural do ambiente. Baseando-se no modelo de céu de Pérez (Perez et al. 1993), em um arquivo climático e em um dado padrão de ocupação do edifício, calcula o Useful Daylight Illuminance (UDI) e o Daylight Autonomy (DA). O UDI indica o percentual de horas ocupadas por ano nas quais a iluminância no ambiente se encontra dentro de um intervalo pré-estabelecido (Nabil & Mardaljevic, 2006). O DA indica a autonomia de luz natural no ambiente, através do percentual de horas ocupadas por ano nas quais um nível mínimo de iluminância (de 350 lux) pode ser mantido apenas pela iluminação natural (Reinhart & Morrison, 2003).

Para as simulações, foram utilizadas as maquetes 3D representando o edifício em questão e indicadas as propriedades ópticas de cada superfície, seguindo a lista de acabamentos especificada no projeto arquitetônico da edificação

Em seguida, foi criada uma malha de pontos espaçados em 0,65 m e a uma altura de 0,75 m do piso para todos os ambientes da edificação, conforme indicado na Figura 9.

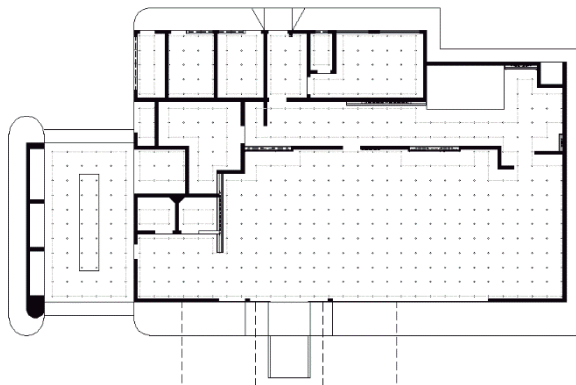


Figura 9. Malha de pontos sobre a planta baixa.

As simulações foram realizadas para três diferentes orientações: norte, leste e sul em todas as latitudes estudadas, utilizando-se o arquivo climático da estação meteorológica correspondente.

Os resultados foram indicados pela métrica dinâmica UDI, considerando as faixas de iluminância <100, 100-350, 350-1000, 1000-2000 e >2000 lux, numa subdivisão das faixas padrão consideradas pelo programa. Isto foi feito por meio da manipulação das planilhas de resultados gerados pelo Daysim. Uma vez obtidos os resultados das métricas intermediárias para cada ponto do ambiente, foi utilizado o programa Surfer v.10 para criar gráficos de isolinha indicando os resultados referentes às faixas simuladas.

O padrão de ocupação da edificação indicado foi de 6 às 18h para todos os dias da semana, ainda que a edificação seja ocupada 24h, numa aproximação da percentagem das horas médias de luz natural disponível.

4 RESULTADOS

De acordo com as áreas que deveriam ser atendidas pela iluminação natural, foram projetados componentes obedecendo à premissa de captação, distribuição e sombreamento. O dimensionamento e posicionamento de cada componente seguiu uma lógica de modo a garantir:

- Para áreas de grande permanência e utilização do público (loja e padaria): contato com a luz natural, fidelização na reprodução das cores, controle de ofuscamento e redução de calor e redução do uso de iluminação artificial. Deu-se através dos zenitais com chanfro na loja e padaria

(com brise de acordo com a orientação), introdução de janela alta na área da padaria, protegida por brise ou lightshelf (conforme a orientação) e marquise com novo brise, com proteção complementada pelos vidros verdes da vitrine existentes.

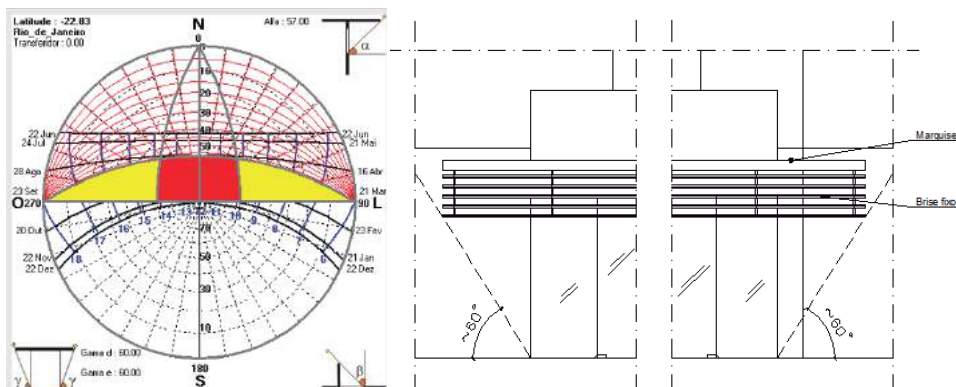
- Para áreas de apoio: redução do uso de iluminação artificial, melhor distribuição e captação de luz natural, prevendo ainda controle de ofuscamento. Deu-se através dos zenitais sem chanfro.

- Para áreas de trabalho (escritório): idem anteriores, somando-se a garantia de privacidade, dada pela recomendação de adoção de novos brises móveis em toda a extensão das janelas médias existentes e introdução de novas janelas altas com lightshelf.

4.1 Projeto de arquitetura dos componentes

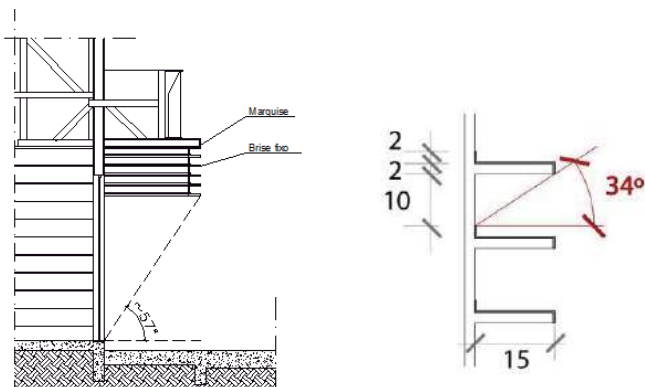
4.1.1 Loja com padaria

Dadas às dimensões da vitrine, calculou-se um elemento que pudesse permitir o aproveitamento da iluminação natural, sem ganho de calor. Com isso, projetou-se marquise com brises, tendo seus espaçamentos e dimensões calculados de modo a proteger da entrada de sol entre os equinócios e solstício de verão em todas as latitudes, variando apenas quanto a sua presença ou não de acordo com a latitude e orientação (Figs 10 a 13). Este dimensionamento foi seguido em todas as situações que requeriam o uso do brise.

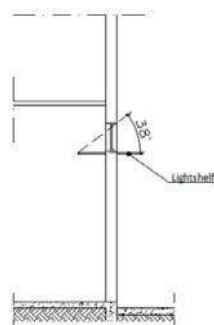
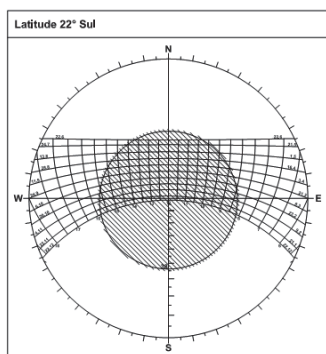


Figuras 10 e 11. Máscara de sombra produzida e vista frontal da marquise projetada.

Para a área da padaria projetou-se janelas altas combinadas ora com lightshelf num favorecimento à distribuição e aproveitamento de luz interna em orientações ora com brises de acordo com a orientação (Figs 14 e 15). Estas soluções tiveram como premissa a proteção do ambiente interno contra a incidência direta do sol e a instalação de janelas a uma altura adequada ao uso do espaço.

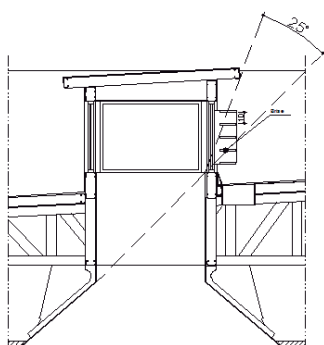


Figuras 12 e 13. Corte da marquise e dimensionamento de brise resultante.



Figuras 14 e 15. Sombreamento parcial garantido a partir de cerca de 38° de altura solar para qualquer latitude e orientação.

De modo a favorecer a uniformidade e garantir os níveis adequados de iluminação foram projetados elementos zenitais com chanfro, também dimensionados através de estudos de incidência solar. Em suas aberturas foram previstos brises para orientações onde a entrada de sol entre os ângulos indicados permanecesse por muito tempo no interior do ambiente, já que este é de permanência constante (Figs 16 e 17).



Figuras 16 e 17. Zenital com chanfro e brises orientados a Norte, para qualquer latitude, exceto para Belém.

4.1.2 Área de apoio

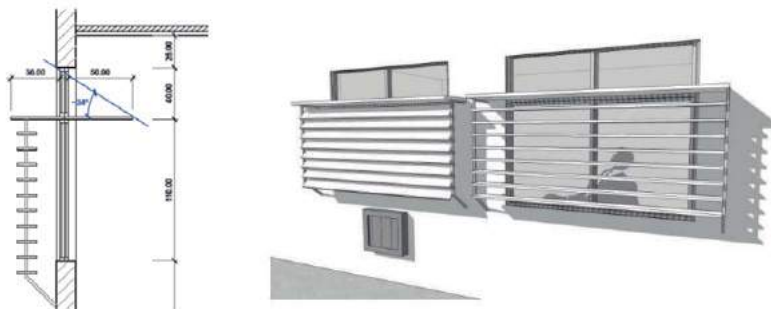
Para a área de apoio foram propostos os mesmos elementos zenitais, dispensando o uso de brises, uma vez que a mancha solar resultante no interior não exigiria sombreamento (Fig. 18).



Figura 18. Zenital sem chanfro.

4.1.3 Escritório

Para este ambiente, foi proposta a adoção de brises, agora móveis, para a garantia de controle de incidência solar e privacidade, complementada por instalação de novas janelas altas com lightshelf para proteção e redirecionamento da luz natural interior (Figs 19 e 20).



Figuras 19 e 20. Janelas protegidas por brises móveis garantindo privacidade e sombreamento, somadas às janelas altas com lightshelf móvel.

4.2 Simulações computacionais

De modo a validar quantitativamente as soluções projetadas, as simulações computacionais foram realizadas para a latitude do Rio de Janeiro e numa comparação entre níveis anteriores e após as soluções projetadas. Na etapa final, as faixas de iluminância entre 350-2000lux foram agrupadas, por representarem faixa adequada às tarefas visuais, porém sem risco de ofuscamento ou excesso de calor. Os resultados confirmaram a eficácia das soluções projetadas, como exemplificam as Figuras 21 e 22, numa simulação com vitrine voltada para Leste, RJ, uma vez que houve incremento na porcentagem de tempo dos níveis adequados nas áreas de intervenção, alcançando resultados muito bons na loja, padaria e escritório e muito bom pontualmente na área de apoio.

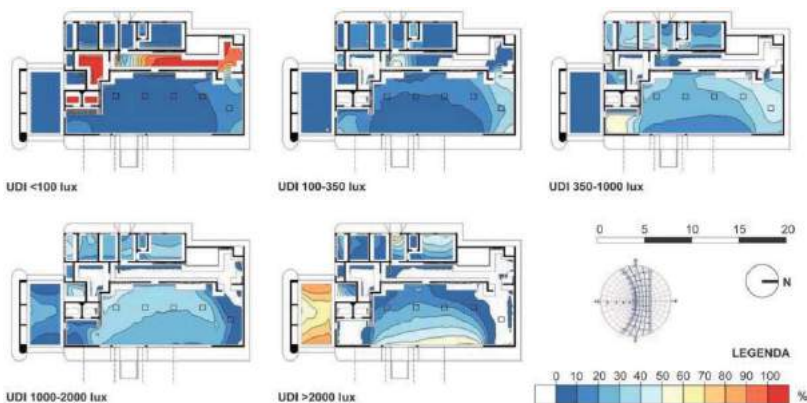


Figura 21. Simulação dos níveis de iluminação anteriores às intervenções projetuais.

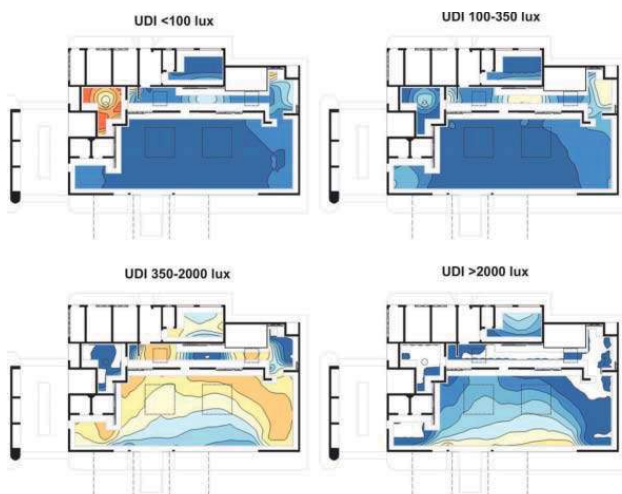


Figura 22. Simulação dos níveis de iluminação resultantes das intervenções projetuais.

4.3 Ferramentas para tomada de decisão em projetos

Dada à diversidade de implantação e de latitudes onde o projeto poderia ser construído, criou-se uma matriz de combinações de acordo com a orientação das fachadas e latitude, de modo a dar autonomia à empresa para seleção dos elementos projetados, conforme exemplificado na Figura 23.






Localização	Orientação	Rio de Janeiro	Porto Alegre	Belém
ESCRITÓRIO (vidros incolorés)	Sul	JANELAS ALTAS COM LIGHT SHELF DE ABA EXTERNA FIXA E INTERNA MÓVEL + JANELAS MÉDIAS COM BRISE MÓVEL 	JANELAS ALTAS COM LIGHT SHELF DE ABA EXTERNA FIXA E INTERNA MÓVEL + JANELAS MÉDIAS COM BRISE MÓVEL 	JANELAS ALTAS COM LIGHT SHELF DE ABA EXTERNA FIXA E INTERNA MÓVEL + JANELAS MÉDIAS COM BRISE MÓVEL 
		<ul style="list-style-type: none"> - A janela alta garante iluminação natural com privacidade para o escritório; - A light shelf móvel internamente garante controle de luminosidade; - A mobilidade dos brises garante controle de luminosidade e privacidade; - A redução das dimensões projetadas (profundidade das abas da light shelf e profundidade de 15cm do brise) ou o aumento do espaçamento entre as régulas do brise diminui a proteção solar; - O aumento destas dimensões ou a redução do espaçamento entre as régulas do brise aumentam a proteção solar; - Em caso de brise e lightshelf fixos, devem ser usados vidros verdes; - As cores claras dos componentes, sobretudo da superfície superior da lightshelf, garantem maior aproveitamento da luz natural. 		 <p>Esquema da mobilidade do brise</p>  <p>Esquema de sombreamento e reflexão da light shelf</p>

Figura 23. Recorte de parte da matriz de combinações.

5 CONCLUSÕES

O estudo de caso permitiu, através da integração entre acadêmicos e profissionais, responder às exigências do projeto, diante de sua complexidade, e a demandas específicas referentes às diversas latitudes do Brasil e à variedade de orientações das fachadas.

Os desenhos de arquitetura foram produzidos de modo a criar soluções otimizadoras da captação, distribuição e sombreamento da luz natural, com uso de brises, lightshelves, marquise e vidro especial verde, numa composição que visava à agilidade do processo construtivo, e permitisse à equipe de arquitetura da empresa, com apoio da matriz de suporte, autonomia, praticidade e agilidade na combinação entre os elementos projetados, de modo a adaptá-los à variedade de condições.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1990). NBR 5413: Iluminâncias de interiores. Rio de Janeiro.
- Frota, A. (2004) *Geometria da insolação*. 1ª ed. São Paulo: Geros.
- Hopkinson et al. (1975). *Iluminação Natural*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Lam, W. (1992) *Perception and lighting as formgivers for architecture*, Van Nostrand Reinhold, Nova York.
- Nabil, A. & Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research and Technology*, n. 37.
- Perez et al. (1993). All-weather model for sky luminance distribution: preliminary configuration and validation. *Solar Energy, USA*, v. 50, n. 3, p. 235-245.
- Porto M. et al. (2002). *Transparence and Architectural Daylighting*. Anais do PLEA 2002, Toulouse.

Reinhart, C. & Morrison, M. (2003). The lightswitch wizard – reliable daylight simulations for initial design investigation. In: Buildings Simulation, 2003, Eindhoven, The Netherlands. Proceedings... Vol. III. pp.1093-1100, Eindhoven: BS.

Reinhart, C. (2010) *Tutorial on the use of daysim simulations for sustainable design*. Cambridge.

Comparação estatística entre arquivos climáticos desenvolvidos com método diferentes

Ítalo Bruno Baleeiro Guimarães

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Viçosa, Minas Gerais, Brasil
italo.bbg@gmail.com

Joyce Correna Carlo

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Viçosa, Minas Gerais, Brasil
joycecarlo@ufv.br

ABSTRACT: The study of bioclimatic conditions is an important tool for the development of the architectural design, in order to ensure comfort to people through proper thermal and energy performance. Weather data are crucial for the execution of the thermal energy simulations performance of buildings, once they characterize the local climate to provide the environment in which the building is simulated. The two most widespread methods in Brazil for the development of weather files are the Test Reference Year (TRY) and Typical Meteorological Year (TMY), in both cases, the selection of representative data are done through the analysis of monthly average temperatures. However, new methods are currently being developed, such as Typical Meteorological Year 3 (TMY3), where the selection of representative data is performed through the analysis of monthly average temperatures, like TRY and TMY, but also of monthly average solar radiation and ventilation data. This paper presents a comparative analysis of tree weather files created using the three mentioned methods, for a Brazilian city - Viçosa-MG. The analysis was carried out with statistical comparisons of the weather data over bioclimatic chart of Givoni and with its use on building simulations with Energy Plus. Two building prototypes containing different Window to Wall Ratio (WWR) were used. The statistical analysis showed a small variations, but the results of the simulated building prototypes showed significant discrepancies.

RESUMO: O estudo das condições bioclimáticas é uma importante ferramenta para o desenvolvimento do projeto arquitetônico para garantir o conforto do usuário por meio do desempenho térmico e energético correto da edificação. Dados climáticos são importantes para a execução de simulações do desempenho termo energético de edificações, já que estes caracterizam o clima local para gerar o ambiente onde o edifício será simulado. Os dois métodos mais difundidos no Brasil para a geração de arquivos climáticos são o Ano Climático de Referência (TRY) e Ano Meteorológico Típico (TMY), ambos com a seleção de dados representativos realizada por meio de análise das médias mensais de temperaturas. No entanto, novos métodos estão em desenvolvimento, como o Ano Meteorológico Típico 3 (TMY3), onde a seleção de dados representativos é realizada por meio de análises mensais de médias de temperaturas, como o TRY e o TMY, mas também de dados mensais de radiação solar e de ventilação. Este artigo apresenta uma análise comparativa de três arquivos climáticos, criados pelos três métodos citados, para uma cidade brasileira, Viçosa – MG. Esta análise foi realizada por meio de comparações estatísticas de dados climáticos plotados na carta bioclimática de Givoni e com o uso de simulações no Energy Plus. Dois modelos de edifícios contendo diferentes Percentuais de Área Envidraçada na Fachada (PAF) foram usados. A análise estatística mostrou pouca variação, mas por outro lado, os reflexos das variações nos resultados das simulações foram significativas.

1 INTRODUÇÃO

As ferramentas de simulação computacional, são consideradas um dos mais poderosos recursos de análise e obtenção de dados relacionados ao desempenho de uma edificação, no contexto atual (HENSEN, LAMBERTS, 2011). Estas ferramentas possibilitam o acesso a informações analíticas com um nível de aprofundamento e precisão muito maior do que as análises atualmente utilizadas por arquitetos na prática profissional. Além disso, permitem a realização de análises paramétricas que podem apontar indicadores de quais os parâmetros arquitetônicos podem ser ajustados na busca do aprimoramento dos resultados das análises, tudo isso com uma grande velocidade.

Nestes casos, os dados climáticos são inseridos no programa computacional, por meio da confecção de arquivos climáticos. Estes, segundo Barnaby e Crawley (2011), tradicionalmente se constituem em um ano representativo do clima, com dados medidos a uma frequência horária, resultando em 8760 horas de dados medidos para os diversos parâmetros climáticos. Os arquivos climáticos são expressos por meio de parâmetros como temperatura, umidade relativa, irradiação, iluminância, velocidade e direção dos ventos, dentre outros. Porém, a elaboração de arquivos climáticos exige uma série de cuidados de tratamento e, além disso, apresentaram uma série de incertezas a depender do contexto de medição e da abordagem de seleção e montagem dos mesmos.

As primeiras incertezas acontecem durante a coleta dos dados, pois segundo Barnaby e Crawley (2011), em uma perspectiva ideal, dados climáticos usados para análises de edificações deveriam ser coletados exatamente no terreno da edificação, afinal as diferentes conformações urbanas e de relevo criam variações no clima. Outro fator de incerteza relacionado à medição é que o intervalo de tempo da coleta dos dados deveria também ser sempre consistente com as análises a serem realizadas, pois os diferentes fenômenos físicos estudados se manifestam em escalas de tempo distintas. Mas esses dois ideais básicos da coleta de dados são virtualmente nunca realizados (BARNABY e CRAWLEY, 2011).

Há também de se considerar, que os dados climáticos mudam significativamente de um ano para outro, segundo Barnaby e Crawley (2011), mesmo que se consiga definir um ano referência em função de uma série de dados históricos, fatalmente o clima sofrerá modificações ao longo do tempo, e a análise do desempenho de uma edificação deveria se preocupar com esse fator, pelo fato de que uma construção tende a ser utilizada por décadas. Belcher et al (2005) apresenta um método para o desenvolvimento de arquivos climáticos futuros conhecida como *morphing*, e diversas outras pesquisas têm sido publicadas em análises dessa mesma tendência como, Guan (2009), De Wilde e Tian (2009), Casagrande e Alvares (2013), entre outros.

Porém, mesmo com a discussão sobre qual a abordagem apropriada para geração de arquivos climáticos em simulações termo energéticas, a prática mais difundida é ainda a seleção de um ano ou mês mais representativo entre a série histórica de dados climáticos medidos. Barnaby e Crawley (2011) e ENERGYPLUS (2013) apresentam diversos métodos de seleção de dados para desenvolvimento de arquivos climáticos, de vários locais do mundo, onde cada método resulta em um arquivo climático distinto.

Os métodos para criação de arquivos climáticos mais comuns identificados no Brasil são os formatos *Test Reference Year* (TRY) e o *Test Meteorological Year* (TMY), cujos tratamentos estatísticos selecionam anos, no primeiro caso, ou meses, no segundo, sem extremos de temperaturas horárias (RORIZ, 2012). Já nos EUA, o *Test Meteorological Year 3* (TMY3) é o método usados para confeccionar os arquivos disponíveis. Neste, além de dados médios de temperatura de bulbo seco, sua criação requer a análise de 10 índices de 5 parâmetros climáticos: máximas, médias e mínimas de temperatura de ponto de orvalho; máximas, médias e mínimas de temperatura de bulbo seco; totais diários de radiação global horizontal; totais

diários de radiação direta normal; médias e máximas de velocidade dos ventos (WILCOX, MARION, 2008).

Apesar de todos os métodos resultarem em arquivos climáticos representativos locais, a opção por um método ou outro tende a resultar em arquivos climáticos com dados distintos. Assim, este artigo tem por objetivo apresentar uma análise comparativa focada na incerteza resultante da escolha do método de seleção dos dados para criação de arquivos climáticos, confrontando dados de três arquivos climáticos gerados com três métodos de seleção (TRY, TMY e TMY3), para avaliar seus impactos nas simulações.

2 MÉTODO

Os dados utilizados na confecção dos arquivos climáticos são oriundos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes a série histórica de dados entre novembro de 2005 a agosto de 2014. Os parâmetros climáticos coletados na estação em questão foram: temperatura de bulbo seco, temperatura de ponto de orvalho, umidade relativa, pressão atmosférica, radiação global horizontal, precipitação, velocidade e direção do vento. A medição e registro dos dados é realizada com uma frequência horária que, segundo Barnaby e Crawley (2011) é um padrão de coleta adequado para confecção de arquivos climáticos para uso em software de simulação termo energética.

Segundo Barnaby e Crawley (2011) e Roriz (2012), dados medidos costumam apresentar lacunas e valores inconstantes, assim é necessário um tratamento preliminar dos dados coletados para completar a série de dados e garantir a confiabilidade do arquivo. Nesse caso, foram aplicados procedimentos descritos por Carlo e Lamberts (2005) para completar dados ausentes, exceto para a temperatura do ponto de orvalho, cujas lacunas foram calculadas a partir dos dados horários de temperatura de bulbo seco e umidade relativa, com os modelos matemáticos de cálculo especificados pela ASHRAE Handbooks Fundamentals (2013). Por fim, para complementar o tratamento, a consistência dos dados foi testada, segundo recomendações de Pittigliani (2000) e ENERGYPLUS (2013), para controle da qualidade.

Além disso, alguns parâmetros, fundamentais para a confecção de arquivos climáticos, mas que não são medidos na estação climática onde os dados foram coletados, tiveram que ser calculados. Os parâmetros em questão foram: Radiação Extraterrestre Global Horizontal, calculado segundo Pitta (2001); os demais dados de irradiação, calculados segundo Duffie e Beckman (1991) e Muneer (2004); além de dados de iluminância, calculados segundo Perez et al (1990) e Muneer (2004).

Após o tratamento completo dos dados, o passo seguinte consistiu na determinação dos dados climáticos de referência. Foram aplicados os métodos TRY e TMY, formatos mais comuns no Brasil (RORIZ, 2012), e o método TMY3 (WILCOX e MARION, 2008). Os três arquivos obtidos foram então compilados para os formatos compatíveis com os programas de simulação computacional Energy Plus, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos EUA, e o AnalysisBio, desenvolvidos pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina (CB3E/UFSC). Por fim, criou-se também um arquivo para consulta e manipulação dos dados pelo usuário.

Com os arquivos prontos, a primeira análise realizada consistiu em comparar os percentuais das horas do ano em conforto e desconforto dos dados dos arquivos climáticos, usando a carta bioclimática de Givoni. Essa análise se deu com o suporte do programa computacional AnalysisBio.

Em um segundo momento, foram realizadas comparações estatísticas entre os dados dos três arquivos climáticos. Foram confrontadas as diferenças anuais e mensais das temperaturas de bulbo seco e das temperaturas de ponto de orvalho, também de radiação global horizontal e radiação direta normal, além de direção dos ventos. Além da comparação entre arquivos, foi

realizada uma comparação gráfica dos dados dos arquivos climáticos com relação a toda a série de anos de dados medidos.

Por fim, os três arquivos climáticos foram utilizados em simulações com o software Energy Plus, para verificar os impactos das diferenças entre os arquivos no resultado da simulação. Foram simulados dois modelos de geometria semelhante, mas com percentuais distintos de aberturas envidraçadas, com zoneamento térmico dividido entre uma zona central e quatro zonas periféricas (figuras 01 e 02) cujas características estão descritas no Tabela 1. Esses modelos foram simulados com condicionamento artificial, usando o recurso do Energy Plus de um sistema de condicionamento ideal, com 100% de eficiência. Os dados obtidos foram a carga térmica de aquecimento e resfriamento total anual.

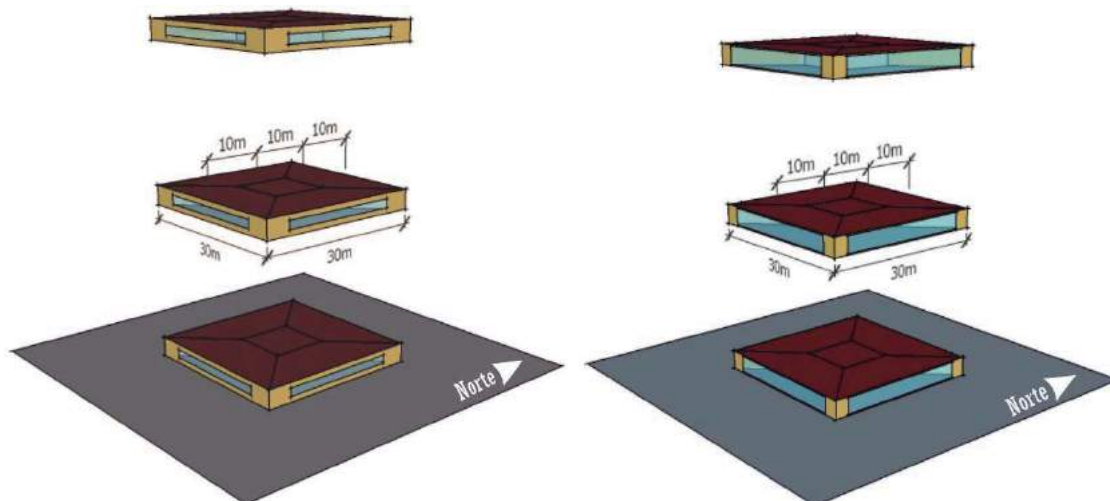


Figura 1 - Modelo 1, com 30% de abertura na fachada. Figura 2 - Modelo 2, com 70% de abertura na fachada.

Tabela 1 – Características dos modelos simulados.

Configurações	Modelo 1	Modelo 2
% Aberturas	30%	70%
Material das Aberturas	Vidro Simples 6mm	Vidro Simples 6mm
Material das Paredes	Argamassa (2.5cm); Bloco Cerâmico 6F (9.0cm); Argamassa (2.5cm)	Argamassa (2.5cm); Bloco Cerâmico 6F (9.0cm); Argamassa (2.5cm)
Material Piso	Argamassa (2.5cm); Laje de Concreto (10.0cm); Argamassa (2.5cm)	Argamassa (2.5cm); Laje de Concreto (10.0cm); Argamassa (2.5cm)
Material Cobertura	Telha de Fibrocimento (1.0cm); Lamina de Alumínio; Camada de Ar; Laje de Concreto (10.0cm); Argamassa (2.5cm)	Telha de Fibrocimento (1.0cm); Lamina de Alumínio; Camada de Ar; Laje de Concreto (10.0cm); Argamassa (2.5cm)
Carga Térmica	Dens. de carga interna de 35 W/m ² ; Fonte: Melo (2012, p.110)	Dens. de carga interna de 35 W/m ² ; Fonte: Melo (2012, p.110)
Padrões de Uso	Padrão de uso de 11h; Fonte: Melo (2012, p.115)	Padrão de uso de 11h; Fonte: Melo (2012, p.115)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Carta Bioclimática

A partir dos dados de temperatura e umidade dos arquivos climáticos, e com o auxílio do programa AnalysisBio, foram geradas as cartas bioclimáticas para os três arquivos e a partir destas, foram obtidos os percentuais de horas em conforto e desconforto térmico, além das principais estratégias de projeto para a cidade de Viçosa- MG.

A figura 3 mostra o gráfico com a comparação entre os resultados dos percentuais de conforto e desconforto referentes às análises das cartas bioclimáticas. Percebe-se que, ao observar os percentuais de conforto e desconforto, que há uma diferença de 7% entre os percentuais de desconforto por frio dos arquivos TRY e TMY. Já o TMY3 apresentou resultados intermediários.

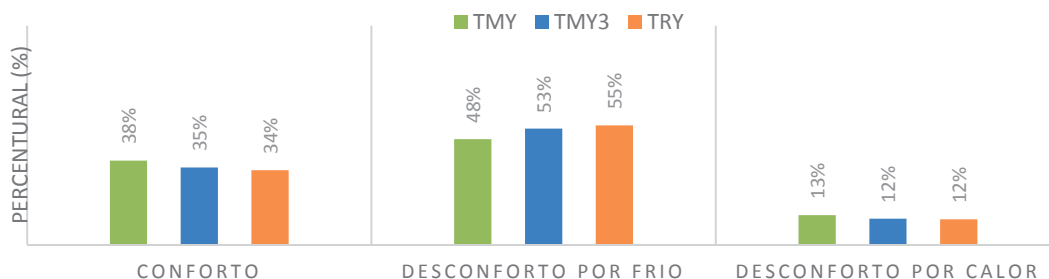


Figura 3 - Índices de confortos dos arquivos climáticos, segundo a carta bioclimática.

3.2 Temperatura de Bulbo Seco e Temperatura de Ponto de Orvalho

A tabela 2 apresenta uma comparação entre as médias de temperatura de bulbo seco (TBS) e temperatura de ponto de orvalho (TPO) dos três arquivos climáticos, enquanto a figura 4 mostra os resultados das médias mensais de TBS e TPO ao longo do ano. As diferenças médias entre os arquivos climáticos não passam de 1°C mas, ao detalhar essa análise para uma abordagem mensal, elas se destacam em alguns meses. Há diferenças de até 3.1 °C entre as médias mensais de TBS (dezembro), ou de 2.8°C (janeiro). Apenas os meses de novembro e setembro apresentaram diferenças menores a 1°C. Quanto aos dados de TPO, as diferenças são menores, porém, também consideráveis, chegando a 2.7°C em dezembro e 2.4°C em julho.

Já a variação anual das médias mensais não se altera significativamente entre os arquivos climáticos, com maiores amplitudes para o TMY3: os desvios padrões de 2.5°C e 2.6°C ao longo do ano, contra 2.8°C do método TMY3. Deve-se lembrar que os dois primeiros métodos usam exclusivamente a temperatura de bulbo seco na seleção de dados representativos, o que evita a ocorrência de dados extremos, enquanto o TMY3 teve como maior peso a radiação global, conforme Wilcox e Marion (2008).

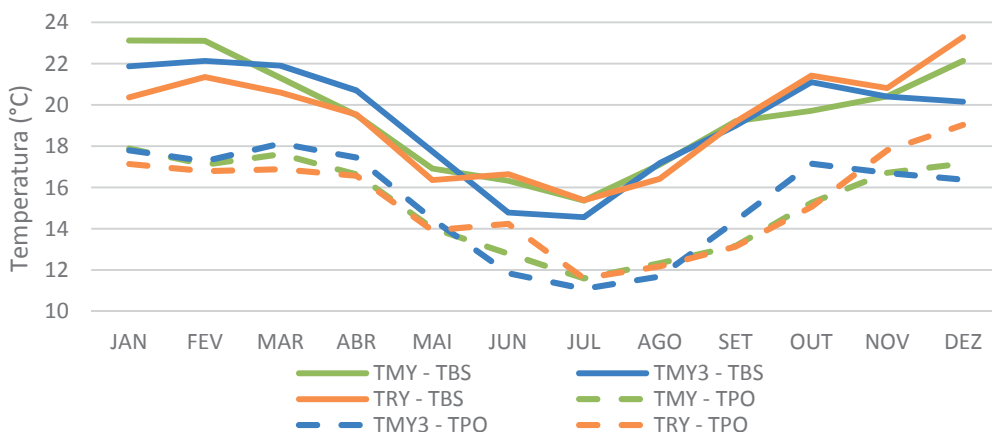


Figura 4 - Médias mensais de temperatura de bulbo seco dos três arquivos climáticos.

Tabela 2 - Análises Anuais de TBS e TPO.

	TMY	TMY3	TRY
Média Anual das Máximas Diárias de TBS	26°C	25°C	25°C
Médias Anuais de TBS	20°C	19°C	19°C
Médias Anuais das Mínimas Diárias de TBS	15°C	15°C	15°C
Médias Anuais de TPO	15°C	15°C	15°C

3.3 Radiação Global Horizontal e Radiação Direta Normal

A tabela 3 apresenta uma comparação entre a radiação global horizontal e direta normal anuais dos arquivos climáticos, enquanto a figura 6 apresenta as médias mensais dos totais diários de radiação global horizontal dos três arquivos climáticos ao longo do ano. Percebe-se que, que as diferenças anuais entre os arquivos climáticos são pouco expressivas, chegando a um máximo de 351 W/m^2 , em um local onde o máximo de radiação diária no ano pode chegar a 7508 W/m^2 . Ao detalhar a análise para uma frequência mensal, fica evidente a semelhança entre os dados dos arquivos climáticos, exceto para os meses de janeiro, novembro e dezembro, cujas diferenças foram de 2004 W/m^2 , 1010 W/m^2 e 880 W/m^2 , respectivamente, entre o TRY e o TMY. A radiação direta também foi analisada e apresentou as mesmas tendências mostradas na figura 5.

Se o método TMY3 resultou em uma maior variação das temperaturas, ele apresentou o menor desvio padrão em relação a radiação: 32 W/m^2 , contra 41 W/m^2 do método TMY e 40 W/m^2 do método TRY. Novamente, deve-se lembrar que o TMY3 considera a radiação solar na seleção de dados representativos, o que evita os extremos.

Tabela 3 - Média no ano da Radiação Global Horizontal e Radiação Direta Normal diárias.

	TMY	TMY3	TRY
Média Anual dos Totais Diários de Radiação Global Horizontal	3935 W/m^2	3825 W/m^2	3679 W/m^2
Média Anual dos Totais Diários de Radiação Direta Normal	3672 W/m^2	3481 W/m^2	3321 W/m^2

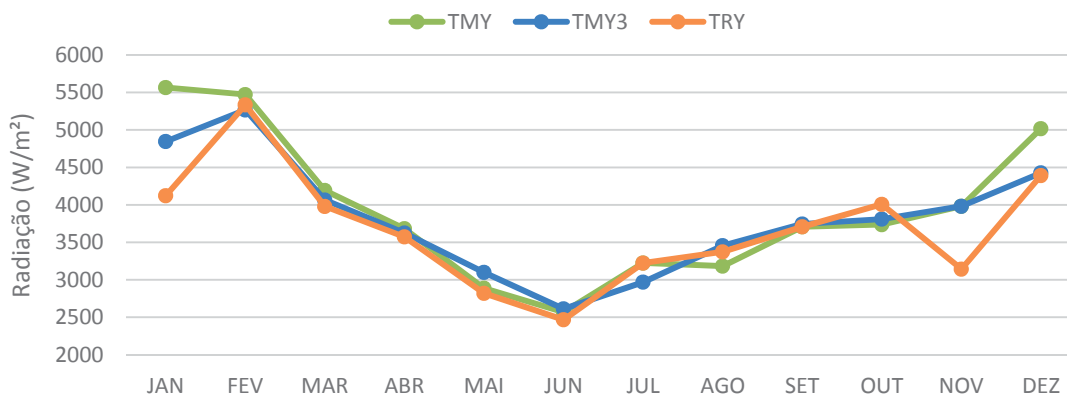


Figura 5 - Médias mensais dos totais diários de Radiação Global Horizontal dos três arquivos climáticos.

Porém, mesmo com tais diferenças, é clara a semelhança da radiação global ao longo do ano. Essa semelhança é decorrente da aplicação dos métodos em si, pois não houve coincidência de meses na montagem dos arquivos climáticos, como pode ser visto na tabela 3, que mostra os anos selecionados para cada mês do TMY, TMY3 e TRY.

Tabela 3 – Descrição dos dados que compõem os arquivos climáticos analisados.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
TMY	2014	2014	2008	2011	2010	2008	2012	2013	2012	2013	2008	2007
TMY3	2011	2011	2009	2008	2009	2011	2011	2014	2013	2009	2008	2005
TRY	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012

3.4 Direção dos Ventos

A figura 6 apresenta a frequência de ocorrência das direções do vento nas 8760 horas do ano, onde se percebe que as direções de vento com maior ocorrência são a nordeste, norte e leste

para os três arquivos climáticos. Novamente, há uma grande semelhança entre resultados dos arquivos climáticos.

Essa semelhança entre os arquivos climáticos indica uma condição estável do entorno da estação climática ao longo do período analisado e que não é dependente do método de seleção dos valores representativos.

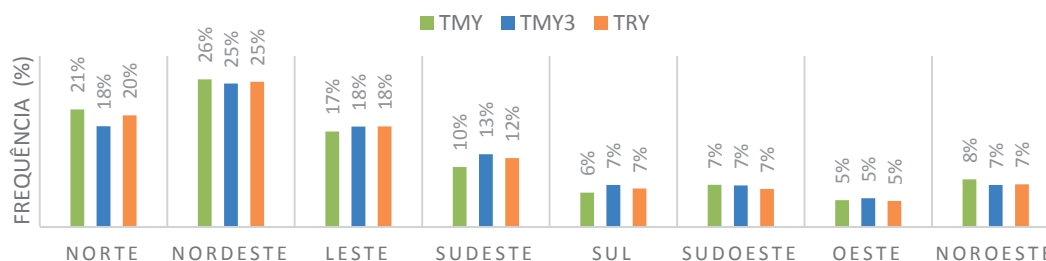


Figura 6 – Frequência de ocorrência das direções de vento dos três arquivos climáticos.

3.5 Série de dados históricos

Como os parâmetros TBS, radiação global horizontal e radiação direta normal foram os de maior peso na criação do TRY, a sua variação temporal foi ainda analisada. A figura 7 mostra a TBS ao longo dos anos, enquanto a figura 8 mostra a radiação solar global horizontal e direta normal para um mês de verão (fevereiro) e um mês de inverno (agosto). As colunas ausentes no ano de 2007 para fevereiro correspondem a um mês que foi descartado por ausência de dados.

Na figura 7, há uma variação máxima de 2.6°C nas temperaturas médias, entre os meses de fevereiro de 2012 e 2010, e 2.8°C, entre os meses de agosto de 2010 e 2006. O desvio padrão foi de 0.91°C com um coeficiente de variação baixo, de 4%. Já para os meses de agosto, o desvio padrão foi de 0.83°C com um coeficiente de variação também baixo, de 5%. Não houve, para este local, variações significativas entre as temperaturas ao passar dos anos.

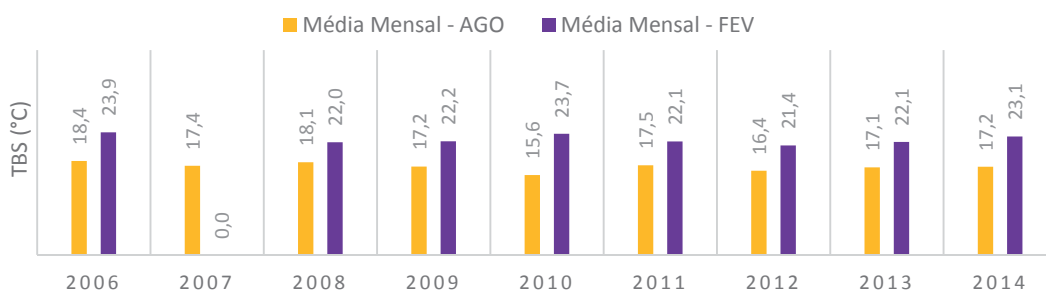


Figura 7 – Média mensal de TBS, dos meses de fevereiro, da série histórica de dados coletados.

Ao contrário da temperatura, houve diferenças mais significativas entre os totais diários de radiação solar com o passar dos anos. Há uma variação máxima de 1275 W/m² entre os meses de fevereiro de 2013 e 2010, e uma variação de 699 W/m², entre os meses de agosto de 2013 e 2011, para radiação global horizontal. E há uma variação máxima de 1469 W/m² entre os meses de fevereiro de 2013 e 2010, e de 780 W/m², entre os meses de agosto de 2013 e 2011, para radiação direta normal.

Isso corresponde a um desvio padrão de 449 W/m² para o mês de fevereiro, com um coeficiente de variação mais elevado que nas temperaturas, de 9%. Já para os meses de agosto, o desvio padrão identificado foi de 266 W/m², com um coeficiente de variação de 7%. A radiação direta normal seguiu a mesma tendência de variação.

A análise apresentada mostrou que os dados de radiação apresentam uma maior inconstância ao passar dos anos em relação a temperatura, o que leva ao alerta sobre a necessidade de avanço nos métodos de seleção de dados representativos usados no Brasil. Estes priorizam a seleção do arquivo climático pelos dados de temperatura, mas as incertezas nos dados de radiação são maiores e deveriam ser incluídas, se não consideradas prioritárias, na análise e seleção de um ano representativo sem extremos. Nesse aspecto, o método TMY3 é adequado por incluir na análise outros parâmetros climáticos além das temperaturas, como radiação solar e ventilação.

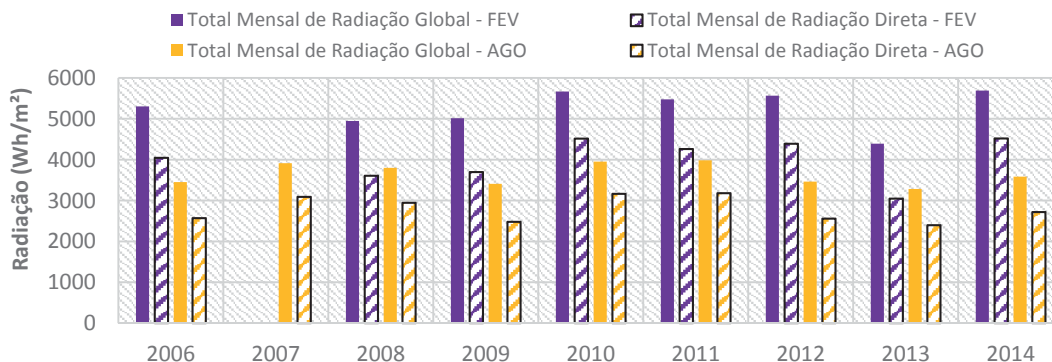


Figura 8 – Média mensal dos totais diários de radiação global horizontal e radiação direta normal, dos meses de fevereiro, da série histórica de dados coletados.

3.6 Simulações com o software Energy Plus

Completando as análises, por fim foram realizadas simulações computacionais, com o apoio do software Energy Plus para avaliar se as diferenças entre os arquivos climáticos se refletiam nos resultados das simulações. Foram realizadas simulações de dois modelos de edificações com diferentes percentuais de área envidraçada na fachada, descritos na metodologia, usando os três arquivos climáticos.

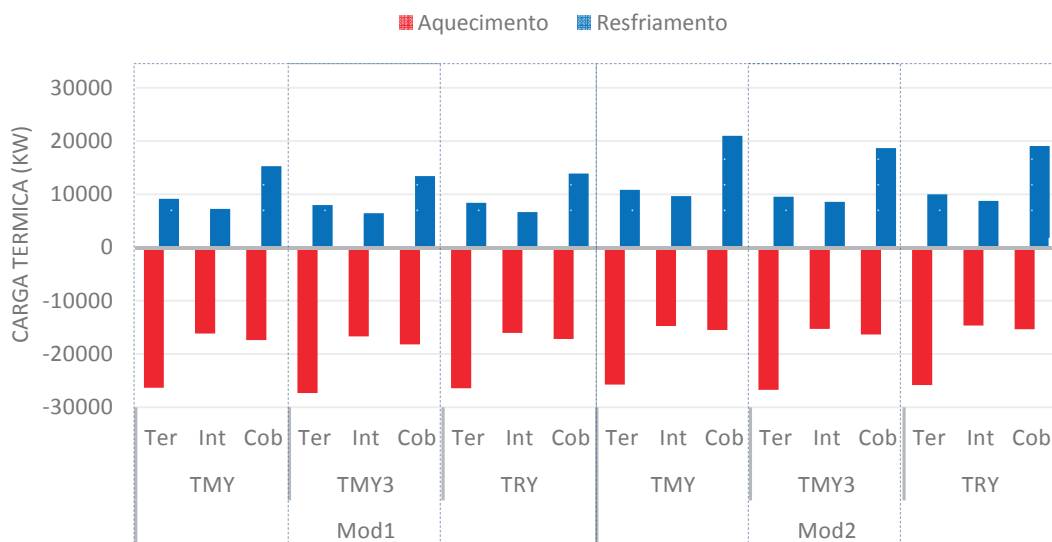


Figura 9 – Totais anuais de cargas térmicas de aquecimento e resfriamento resultantes das simulações.

Os resultados estão apresentados na figura 9. O arquivo climático TMY, que apresentou temperaturas mais quentes, e níveis de irradiação também maiores, obteve valores significativamente maiores de cargas térmicas tanto para o modelo 1, quanto para o modelo 2, enquanto os outros dois arquivos apresentaram resultados muito próximos. Considerando a soma das cargas de resfriamento de toda a edificação, as simulações com o arquivo TMY,

apresentaram resultados 11% maiores do que o TMY3 e 9% maiores que o TRY. Já quanto as cargas de resfriamento, o arquivo TMY3 apresentou os maiores valores, porem as diferenças em relação aos arquivos TMY e TRY, foram de 3% e 2% respectivamente. Além disso, a análise mostrou que as diferenças mais expressivas aconteceram no pavimento cobertura, em que o TMY apresentou resultados 14% e 13% maiores que o TMY3 e o TRY.

Outra análise conduzida com os resultados das simulações foi para avaliar as diferenças quanto a orientação, e os resultados estão apresentados na figura 12. Novamente para todas as orientações houveram diferenças significativas quanto as cargas de resfriamento, especialmente quanto ao arquivo climático TMY. Este apresentou resultados maiores para todas as orientações. Na orientação norte, as diferenças foram de 10% e 8% em relação aos arquivos TMY3 e TRY, para os dois modelos, enquanto na orientação leste, as diferenças foram ainda maiores, de 13% e 11% respectivamente, também nos dois modelos.

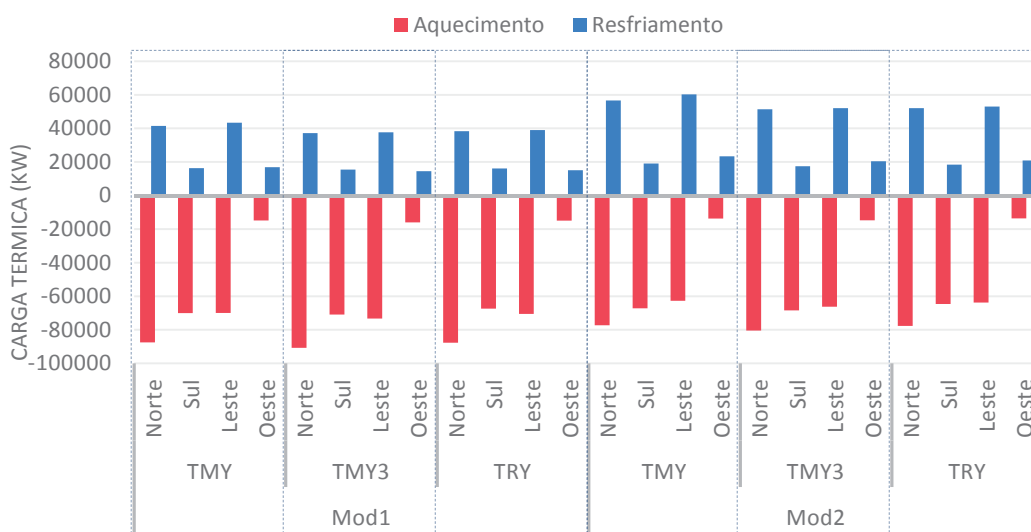


Figura 10 - Totais anuais de cargas térmicas de aquecimento e resfriamento resultantes das simulações.

Outro dado interessante que foi possível constatar dessa análise, foi que há uma diferença em números absolutos entre os resultados do modelo 1 e 2, que é uma diferença esperada em função do modelo dois ter uma quantidade de aberturas muito maior, porém, os percentuais de diferenças entre as simulações feitas com os três arquivos climáticos se apresentaram praticamente iguais tanto para o modelo 1 quanto para o modelo 2.

4 CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas percebeu-se que os arquivos se mostraram bem similares para alguns aspectos analisados e com algumas discrepâncias em outros. Em relação às temperaturas de bulbo seco e as temperaturas de ponto de orvalho, os três arquivos se mostraram muito similares quanto às médias anuais. No caso da radiação, tanto global horizontal quanto direta normal, pequenas variações ocorreram na análise anual e na mensal, em especial para alguns meses do verão. Entretanto, em geral os três arquivos criados apresentaram semelhanças gerais e variações pontuais para radiação e ventilação.

Com essa análise é possível concluir que ao se optar por gerar um arquivo climático, usando um método de seleção do ano representativo, o resultado tende a ser semelhante independentemente do método adotado, caso sejam usados dados de uma mesma fonte de coleta. Porém, mesmo as diferenças discretas dos dados climáticos resultaram em variações significativas nos resultados das simulações, foram identificadas variações de até 14%, alterando apenas o arquivo climático. Além disso, as análises da série histórica de dados coletados

mostraram uma semelhança nos dados temperatura ao longo dos anos, porém com maiores variações na radiação solar. Esses aspectos levantam um alerta sobre a necessidade de se considerar a representatividade da radiação solar com tanto ou maior atenção quanto àquela dada à temperatura de bulbo seco, na confecção de arquivos climáticos.

Deve-se ainda verificar se a variação encontrada para Viçosa-MG se repete em outros locais. Vale destacar que o método TMY3, como já mencionado, usa pesos distintos para cada parâmetro climático na seleção dos dados representativos, em função do impacto desse parâmetro para simulação. Os dados do TMY3 apresentados usaram pesos levantados por Wilcox e Marion (2008), cujas latitudes variaram aproximadamente de 25° a 50°. Considerando a relevância da radiação solar nas baixas latitudes brasileiras, de 4° a – 34°, o peso de cada parâmetro climático nas simulações ainda deve ser estabelecido para o território brasileiro.

REFERÊNCIAS

ASHRAE. ASHRAE Handbook – Fundamentals. USA, Atlanta, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2013, Chapter F6.

Barnaby, C S; Crawley, D B. Weather data for building performance simulation In: HENSEN, J.; LAMBERTS, R. (Org.). Building Performance Simulation for Design and Operation. Abingdon: SponPress, 2011, cap.3, p.37-55.

Belcher, S E; Hacker, J N; Powell, D S. Constructing Design Weather Data for Future Climates. Building Services Engineering Research and Technology, v.26, n.1, p. 49-61, 2005.

Carlo, J; Lamberts, R. Processamento de Arquivos Climáticos para Simulação do Desempenho Energético de Edificações. Florianópolis. SC: Departamento de Engenharia Civil, UFSC, 2005. Relatório.

Casagrande, B G; Alvarez, C E. Preparação de arquivos climáticos futuros para avaliação dos impactos das mudanças climáticas no desempenho termoenergético de edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.13, n.4, p.173-187, 2013.

Energyplus. AuxiliaryPrograms - Weather Converter Program. University of Illinois and Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2013.

Guan, L. Preparation of Future Weather Data to Study the Impact of Climate Change on Buildings. Building and Environment, v.44, p. 793-800, 2009.

Hensen, J; Lamberts, R. Introduction to building performance simulation. In: HENSEN, J.; LAMBERTS, R. (Org.). Building Performance Simulation for Design and Operation. SponPress, 2011, cap.1, p.1-14.

Muneer, T; Gueymard, C; Kambezidis, H. Solar Radiation and Daylight Models. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

Perez R; Ineichen P; Seals R; Micalsky J; Stewart R. Modelling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance. Solar Energy, v. 44: p. 271-289, 1990.

Pitta, T O. Estudo de métodos diretos e indiretos de estimativa de irradiação solar global diária horizontal a partir de observações superficiais de cobertura total de nuvens em Florianópolis, SC. 2008. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFSC. Florianópolis, SC, 2001.

Pittigliani, M. Controle de Qualidade de Dados Hidrometeorológicos do Simepar. In: XI Congresso Brasileiros de Meteorologia. Rio de Janeiro, 2001. Anais... Rio de Janeiro, XI CBMET, 2001.

Roriz, M. Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros. 2012. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>; Acesso: 05/11/2013.

Wilcox, S; Marion, W. User's Manual for TMY3 Data Sets. National Renewable Energy Laboratory, 2008.

Casa Popular Eficiente: Uma proposta de moradia de baixo custo e sustentável

Marcos Alberto Oss Vaghetti

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

marcos.vaghetti@ufsm.br

Joaquim César Pizzutti dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

joaquimpizzutti@hotmail.com

Elvis Carissimi

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

ecarissimi@gmail.com

RESUMO: A construção civil brasileira encontra-se num momento de significativo crescimento, especialmente no investimento em casas populares, visando combater o elevado déficit habitacional existente em nosso país. Entretanto, poucos estudos e projetos vêm sendo feitos para se criar uma habitação de âmbito social que considere as questões ambientais. Dessa forma, a busca por materiais e soluções sustentáveis e de baixo custo tornou-se um dos principais focos da pesquisa, contribuindo para uma arquitetura inteligente que aproveite elementos naturais e renováveis, visando um maior conforto ao usuário. Atualmente, o grupo de pesquisa está realizando os ensaios de comportamento térmico e acústico da edificação, dentro da fase de avaliações de desempenho tanto dos materiais quanto das soluções sustentáveis. Assim, a Casa Popular Eficiente visa contribuir para sensibilizar a comunidade científica e aos profissionais da construção, da importância de moradias sustentáveis e voltadas para populações de baixa renda, melhorando a qualidade de vida das pessoas.

Palavras-chave: Habitação Popular, Sustentabilidade, Conforto Ambiental.

ABSTRACT: The Brazilian civil construction is in time of great growth, especially in investment in affordable house, to combat the high deficit that exists in our country. However, few studies and projects have been made to create a social house context that considers environmental issues. Thus, the search for sustainable materials and solutions and low cost has become a main focus of research, contributing to an intelligent architecture that lever ages renewable and natural elements, aiming at a greater comfort to the user. Currently the research team is conducting tests of thermal and acoustic behavior of the building, within the phase of performance evaluations of both the material and the sustainable solutions. Thus, the Efficient Popular House aims to help educate the scientific community and civil construction professionals on the importance of sustainable and geared house for low income population, enhance people's quality of life.

Keywords: Popular House, Sustainability, Environmental Comfort.

1 INTRODUÇÃO

Com a crise social e ambiental emergente nos dias atuais, deve-se repensar a qualidade de vida nos centros urbanos, onde estão concentrados aproximadamente 75% do contingente habitacional (IBGE, 2005). O déficit habitacional no Brasil em 2005 era de 13,2% (IBGE, 2005) e estima-se que com o crescimento das cidades e o aumento da expectativa média de vida do

brasileiro, esses índices possam crescer consideravelmente nos próximos 20 ou 30 anos, gerando um impacto ambiental significativo. A partir desses números, coloca-se a importância de se estudar alternativas de habitações populares que visem, além de contribuir para a diminuição do quadro de moradias no país e a melhoria das condições de vida das populações de baixa renda, o aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis, possibilitando o desenvolvimento de um ambiente saudável, economicamente viável e ecologicamente correto.

A pesquisa de um protótipo de Casa Popular Eficiente foi iniciada na Universidade Luterana do Brasil (ULBRA/Curso de Arquitetura e Urbanismo) em 2008 com uma revisão bibliográfica, e teve seguimento nos anos de 2009 e 2010 através da definição dos materiais e soluções sustentáveis, bem como da elaboração dos anteprojetos. Posteriormente, em 2011 na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/Curso de Engenharia Civil), foram elaborados os projetos: arquitetônico e complementares definitivos do protótipo.

Em 2012, dando continuidade a pesquisa, o grupo GEPETECS (Grupo de Estudos e Pesquisas em Tecnologias Sustentáveis) do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) passou para a fase construtiva do protótipo, localizado no Centro de Eventos do campus da UFSM. O protótipo foi inaugurado em dezembro de 2013, contemplando soluções que considera o aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis (energia solar, vento, águas da chuva, solo e vegetação), consistindo assim em uma alternativa para moradia de baixa renda.

O objetivo do trabalho é mostrar que é possível construir casas eficientes do ponto de vista ecológico e econômico, agregando materiais e soluções sustentáveis visando o aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis, contrapondo com as soluções de casas populares hoje disponíveis no mercado. Esse objetivo permeia, portanto, sensibilizar a comunidade científica, os arquitetos e todos os profissionais ligados à tecnologia da construção, para a importância das moradias sustentáveis com custo reduzido e voltadas para populações de baixa renda, melhorando a qualidade de vida das pessoas.

2 AS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL E A SUSTENTABILIDADE

Construir com qualidade e eficiência significa adaptar os melhores materiais e as melhores tecnologias dentro de um padrão técnico aceitável, buscando sempre alternativas que viabilizem a execução da obra em um prazo mínimo a um custo mínimo.

Todo esse esforço para a qualidade e eficiência não terá valia se não for voltado para o “bem estar do ser humano”. Sendo assim, a construção não atingirá seu real benefício que é de abrigar seus moradores com adequado conforto térmico, se o projetista não conseguir lidar com os três ingredientes básicos da arquitetura: o clima, a edificação e as pessoas que a ocupam. Projetar, então, torna-se um trabalho importantíssimo quando se pretende melhorar a qualidade de vida das pessoas, possibilitando que elas se sintam bem no ambiente construído e por consequência mais felizes.

Agora quando se tem a intenção de projetar uma edificação, mas uma edificação voltada para uma camada da população que tem muitas carências básicas, tais como: alimentação, vestuário, higiene, escolaridade, planejamento familiar, etc.; sem contar carências de “fatores do entorno”, tais como: infra-estrutura básica de água, esgoto e energia elétrica; realmente a elaboração projetual dessa edificação passa a ser um trabalho desafiador.

Além disso, buscar ainda soluções que contemplem qualidade e eficiência para essa moradia popular vem tornar esse trabalho ainda mais árduo e instigante, especialmente diante de um quadro brasileiro de considerável déficit habitacional, girando ao redor de 5,4 milhões de unidades residenciais (IBGE, 2012).

As pesquisas nessa área da habitação de interesse social no Brasil vem aumentando consideravelmente nos últimos anos (Krüger & Lamberts, 2000), incluindo trabalhos que vão

desde a avaliação dos programas de habitação de baixo custo, como as técnicas construtivas e os padrões de qualidade (Qualharini, 1993), os fatores sociais e culturais de se construir para uma população pobre (Santos, 1995; Krüger, 1997), como também fatores relacionados à melhoria das condições de conforto térmico no ambiente construído (Mascaró e Mascaró, 1992; Barbosa, 1997).

Deve-se ter consciência, entretanto, que ao se construir edificações, as mesmas afetam fortemente o ambiente através das mudanças climáticas, sendo responsáveis por 50% das emissões de gases-estufa, enquanto a indústria e o transporte contribuem com 25% cada. Assim, as construções são responsáveis por produzir mais da metade de todas as emissões das mudanças climáticas, ameaçando o futuro de nosso planeta (Roaf et al., 2009).

Pensando, portanto, nesse impacto que as edificações causam no meio ambiente, que o grupo GEPETECS estabeleceu relações entre a casa popular construída e os conceitos de sustentabilidade baseados em Sachs (1993). Esse pesquisador entende que o desenvolvimento sustentável de nossa sociedade deva atender a cinco dimensões, de modo a orientar o seu planejamento:

- a) Sustentabilidade social, onde o objetivo é melhorar substancialmente os direitos e as condições de amplas massas de população, reduzindo a distância entre os padrões de vida de abastados e não-abastados;
- b) Sustentabilidade econômica, possibilitada pela alocação e gestão mais eficiente dos recursos e por um fluxo regular do investimento público e privado;
- c) Sustentabilidade ecológica, através da intensificação do uso dos recursos potenciais dos vários ecossistemas, limitação do uso de recursos não renováveis, redução do volume de resíduos e de poluição, etc.;
- d) Sustentabilidade espacial, voltada a uma configuração rural-urbana mais equilibrada e a uma melhor distribuição territorial de assentamentos humanos e atividades econômicas;
- e) Sustentabilidade cultural, através da tradução do conceito normativo de eco-desenvolvimento em uma pluralidade de soluções particulares, que respeitem as especificidades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada local.

A concepção do protótipo permeia, portanto, todos esses conceitos de sustentabilidade, agora voltado ao projeto de uma habitação, que insere mais do que uma arquitetura simplesmente, mas o lar de uma família com todas as relações e dimensões que implica num “morar” numa casa, especialmente o entorno com o meio ambiente. Esse “morar” envolve uma complexidade de questões, tais como: a produção e o tratamento dos resíduos gerados por cada unidade e pelo conjunto das mesmas, as alternativas para obtenção de água e geração de energia, o modo de deslocamento das pessoas de modo a diminuir o tempo gasto em transporte, etc.. Como afirma Sattler (2002, p.20) “admite-se, então, que a função de uma habitação sustentável extrapola o papel de um simples abrigo, incorporando a este todo, o processo de promoção da saúde, educação, lazer, proteção, convívio social e relacionamento com o ambiente natural”.

Dentro dessa perspectiva, os grupos de pesquisa em todo o mundo estão desempenhando papel vital na preservação do nosso planeta para gerações futuras. Portanto, esse trabalho enfatiza a preocupação da comunidade científica com relação ao ambiente e também com a construção de “casas populares eficientes”, buscando associar tecnologia com natureza, visando o bem estar de todos.

3 O PROTÓTIPO DA 'CASA POPULAR EFICIENTE'

3.1 Concepção Arquitetônica

A metodologia utilizada para viabilizar a construção do protótipo, passou necessariamente dentro da pesquisa por uma abordagem quali-quantitativa de todos os materiais alternativos e de soluções sustentáveis possíveis de serem utilizados na moradia, considerando o microclima da região central do estado do Rio Grande do Sul. Várias tecnologias construtivas e de materiais foram estudadas nos anos iniciais da pesquisa, buscando as vantagens e desvantagens de cada material ou solução, em aspectos tais como: procedência, durabilidade, custo, disponibilidade no mercado, facilidade de construção, etc...

A edificação possui uma área construída de 55,40 m², sendo constituída por dois dormitórios, um banheiro, uma sala de estar, uma cozinha e uma área de serviço, integradas. Na figura 1 pode ser observada a Planta Baixa da casa e os Cortes AA e BB.

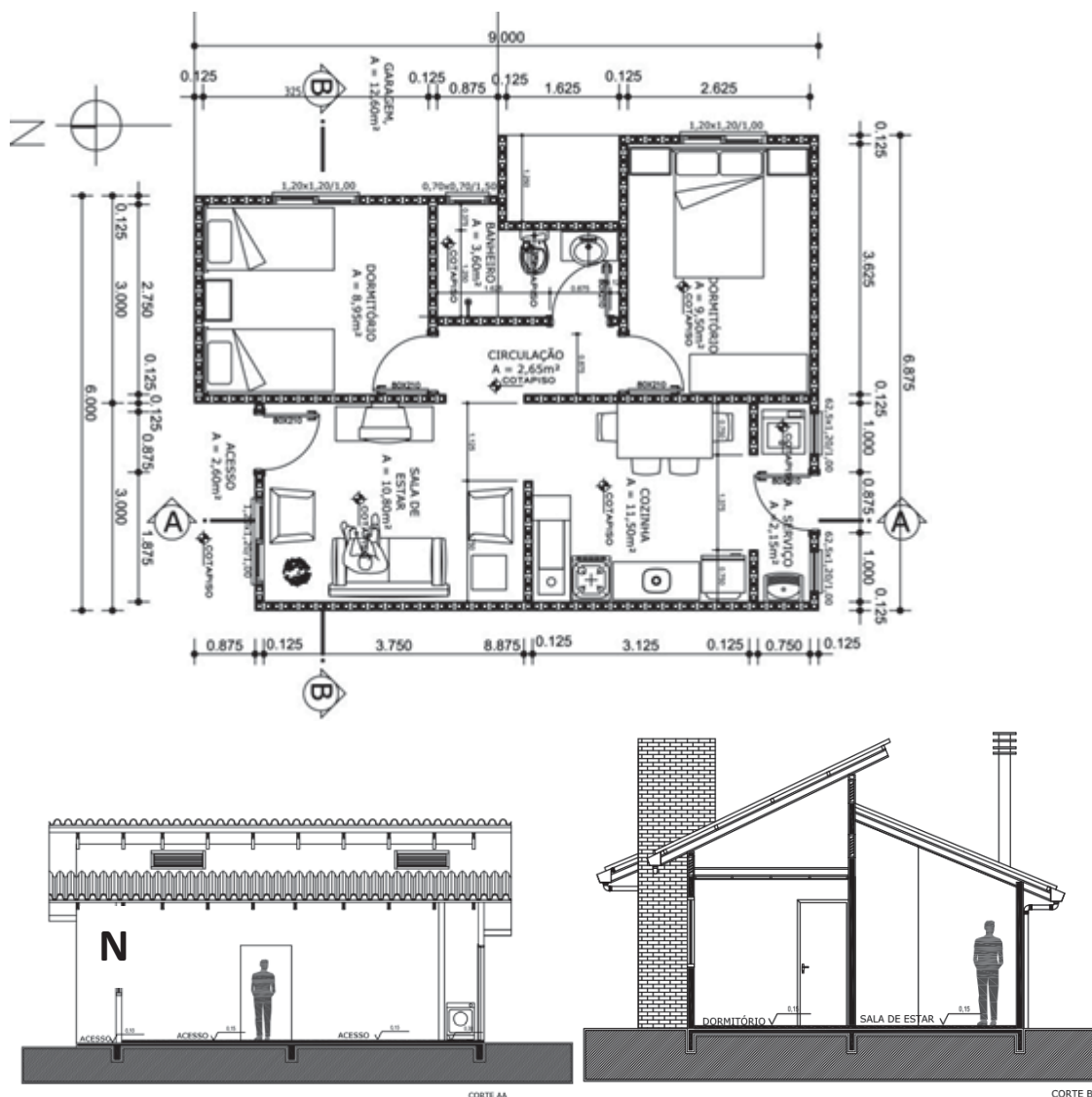


Figura 1. Planta Baixa do protótipo, Corte AA e Corte BB.

3.2 Materiais Utilizados

Entre os materiais estudados, encontram-se aqueles que melhor se adequam a região sul do Brasil no tocante ao seu comportamento mecânico e desempenho em serviço, como também aqueles com melhor custo/benefício (viabilidade econômico-financeira) em função da sua

proximidade do local de construção e que tenham ou venham a ter uma produção (fabricação) em larga escala, possibilitando a sua utilização para uma quantidade razoável de casas em um loteamento. Alguns materiais que estão sendo utilizados no protótipo são os seguintes:

a) Tijolos de solo cimento (Fig. 2a): o solo cimento é um material alternativo de baixo custo, obtido pela mistura homogênea de solo, água e um pouco de cimento (5 a 12%). Os solos adequados são os chamados solos arenosos, ou seja, aqueles que apresentam uma quantidade de areia na faixa de 60% a 80% da massa total da amostra considerada. A massa compactada endurece com o tempo, em poucos dias ganha resistência e durabilidade suficientes para diversas aplicações na construção civil, bem como em fundações, baldrames, sapatas corridas, paredes maciças apoiadas diretamente sobre o solo, alvenaria com tijolos e blocos, em pisos e contra-pisos, pavimentação, enfim, uma diversidade de opções. A utilização de tijolos de solo cimentos vazados permitem também a passagem de tubulação hidráulica e da rede elétrica, evitando assim quebra de paredes justificando a racionalidade do projeto. A aplicação do chapisco, emboço e reboco são dispensáveis, necessitando apenas de uma simples pintura com tintas ecológicas, aumentando mais a sua impermeabilidade, assim como o aspecto visual, conforto e higiene. E além de tudo, abrange os quesitos ecológicos, pois o material não passa pelo processo de queima, no qual se consomem grandes quantidades de madeira ou de óleo combustível, como é o caso dos tijolos produzidos em cerâmicas e olarias (Vaghetti et al., 2013).

b) Telhas onduladas Tetra-Pak (Fig. 2b): são telhas produzidas a partir da reciclagem do polietileno/alumínio presentes nas embalagens longa-vida da Tetrapak, possibilitando melhor aproveitamento desses materiais e evitando sua disposição em lixões e aterros sanitários. A composição das telhas é uma mistura dos materiais encontrados nesse tipo de embalagem: 75% de plástico, 23% de alumínio e 2% de fibras vegetais, prensados em alta temperatura e sem o uso de resinas (Vaghetti et al., 2013).

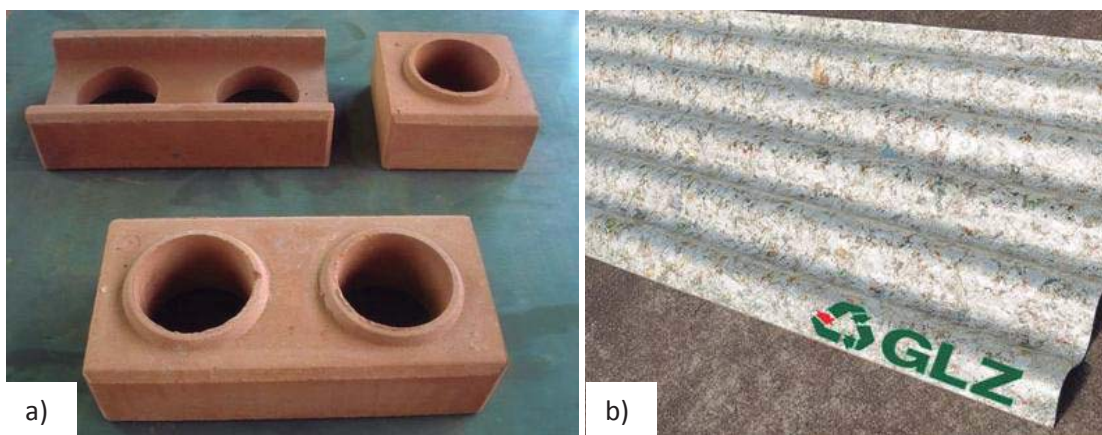


Figura 2: a) Tijolos de solo-cimento; b) Telhas Tetra-Pak.

c) Forro de OSB (Fig. 3a): entre as possibilidades estudadas para a estrutura do forro, verificou-se que o melhor sistema será aquele constituído de painéis OSB (Oriented Strand Board), visando o impacto ambiental reduzido devido a não utilização de árvores adultas na sua fabricação bem como de utilizar matéria-prima proveniente de florestas geridas de forma sustentável. O aglomerado de partículas de madeiras longas e orientadas (OSB) vem sendo o desenvolvimento mais importante da indústria dos derivados de madeira nos últimos anos (Vaghetti et al., 2013).

d) Impermeabilizantes ecológicos e tintas de terra (Fig. 3b): pretende-se deixar a alvenaria em tijolos à vista, e, para isso, as paredes irão necessitar de impermeabilizantes e tintas ecológicas. As tintas de terra são feitas em 15 tonalidades, um resultado da mistura de terras com diferentes cores, sendo seu principal componente a terra crua. O impermeabilizante

ecológico é um produto desenvolvido com alta resistência, o seu filme forma uma película brilhante e lisa, evitando a formação de limo, a penetração de umidade e o acúmulo de sujeira (Vaghetti et al., 2013).

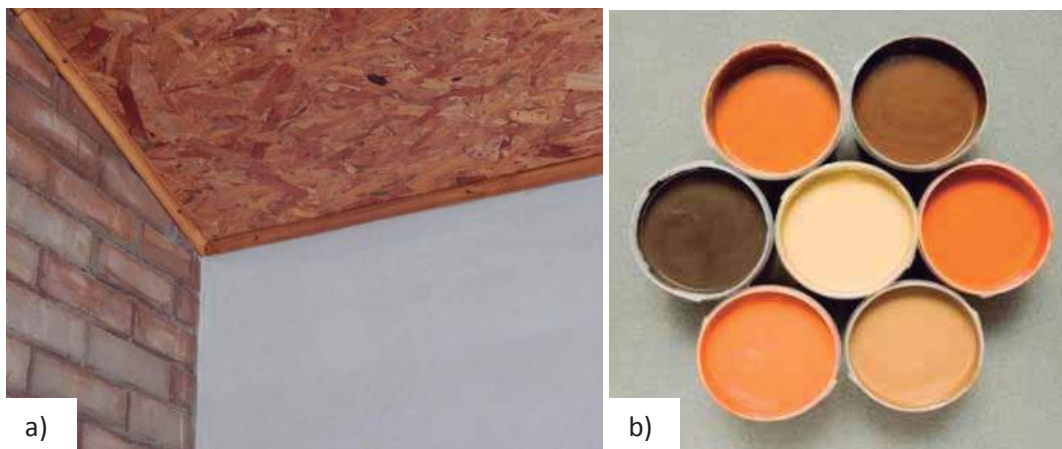


Figura 3: a) Forro de OSB ; b) Tintas de Terra Crua.

e) Piso de PVC (Fig. 4a): produzido com 70% de pvc reciclado, simples de limpar e manter, confortável e durável (Vaghetti et al., 2013).

f) Esquadrias de Madeira (Fig. 4b): feitas com *Eucalyptus grandis*, espécie que cresce em 15 anos, em vez dos 50-70 típico de espécies semelhantes. Seu plantio é feito de forma a conservar a biodiversidade nativa (Vaghetti et al., 2013).



Figura 4: a) Piso de PVC reciclado; b) Esquadrias de Madeira.

3.3 Soluções Sustentáveis previstas

Entre as soluções sustentáveis estudadas, as principais que serão aplicadas no protótipo são as seguintes:

a) Aproveitamento da água da chuva (Fig. 5a) e águas cinzas (Fig. 5b): será construído um conjunto de dispositivos, constituído de reservatórios, encanamento, filtros e calhas para que seja possível fazer a reserva da água da chuva para aproveitamento especialmente no vaso sanitário, na irrigação dos jardins e na lavagem de calçadas e demais utilizações externas, bem como um sistema de aproveitamento das águas cinzas da pia e chuveiro do banheiro, além da máquina de lavar roupas da lavanderia (Vaghetti et al., 2013).



Figura 5: a) Aproveitamento da água da chuva; b) Aproveitamento das águas cinzas.

b) Aproveitamento da Energia Solar: para o aquecimento solar da água (Fig. 6a), será construído um sistema, a partir da instalação de um aquecedor solar de baixo custo, composto principalmente por placas de forro modular de PVC, denominadas de alveolares, que permita o aproveitamento de água quente para o banho, reduzindo sensivelmente o consumo de energia elétrica da casa. Para a geração de energia elétrica da casa será utilizado um sistema por meio de painéis fotovoltaicos (Fig. 6b), produzindo assim uma energia limpa e gratuita. (Vaghetti et al., 2013).

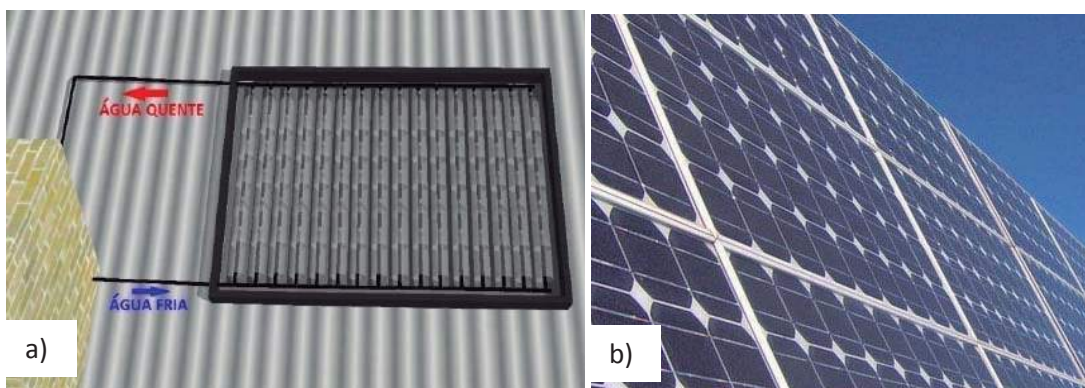


Figura 6: a) Aquecimento solar da água; b) Aproveitamento solar para geração da energia elétrica.

c) Aproveitamento do vento (Fig. 7a): uma forma considerada pelo grupo foi a utilização do vento para a geração de energia, mas esse processo para uma casa popular ficaria inviável do ponto de vista financeiro. O maior aproveitamento do vento no protótipo é uma boa disposição de entradas e saídas de ar, ou seja, uma boa ventilação interna da casa, que no verão possa aliviar o calor e no inverno possa ventilar e manter internamente a temperatura amena (Vaghetti et al., 2013).

d) Vegetação (Fig. 7b): uso da vegetação para criar um melhor micro-clima através de vegetação caducifólia (plantas que perdem suas folhas, geralmente nos meses mais frios e sem chuva). Essa solução sustentável quando bem planejada, é um recurso que a natureza dispõe para oferecer um importante equilíbrio térmico entre as paredes externas e telhado da casa com o interior da mesma. Sendo assim, o grupo pensou em vegetação trepadeira (como, por exemplo, falsa-vinha, unha de gato, etc.) nas paredes norte e oeste da casa (Vaghetti et al., 2013).

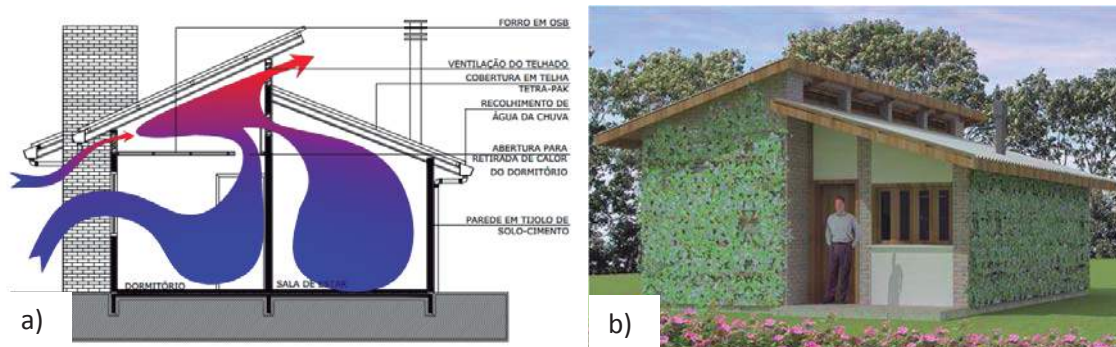


Figura 7: a) Aproveitamento da ventilação cruzada; b) Aproveitamento da vegetação nas paredes norte e oeste.

3.4 Processo Construtivo do Protótipo

O protótipo da Casa Popular Eficiente teve início em fevereiro de 2012, com a execução das estacas e vigas de fundação em concreto armado (Fig. 8a). O processo construtivo das paredes foi feito com tecnologia de alvenaria estrutural com tijolos de solo cimento (Fig. 8b). A Figura 8a mostra uma vista interna com a disposição das tubulações hidráulica e elétrica vertical nos furos dos tijolos vazados. Na Figura 9b pode-se observar a localização das aberturas para ventilação cruzada e o espaço entre o forro e o telhado, localizado nos quartos da frente e dos fundos da residência.

A Figura 9a mostra uma vista externa da casa com as esquadrias de madeira colocadas e também a coluna hidráulica com os reservatórios d'água. A Figura 10b mostra uma vista frontal do protótipo concluído.

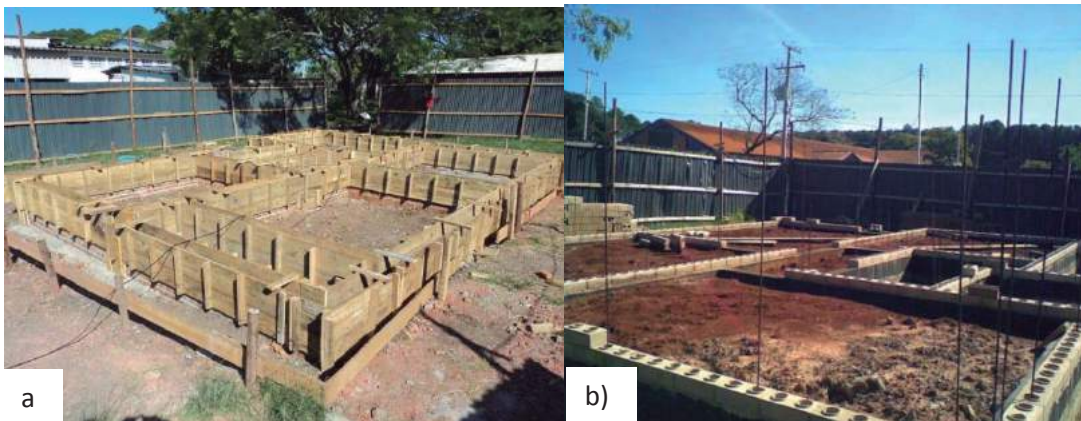


Figura 8: a) Vigas de fundação; b) Primeira fiada de alvenaria de solo cimento.

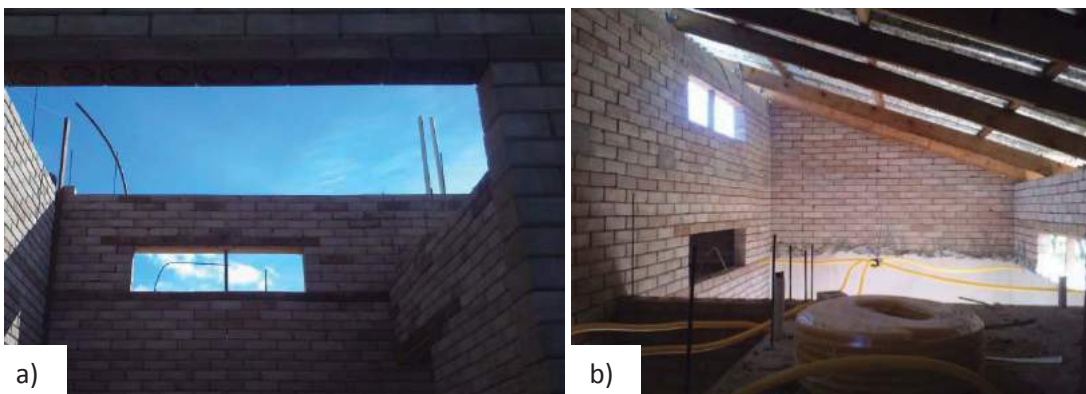


Figura 9: a) Tubulações hidráulica e elétrica no interior das paredes; b) Aberturas para ventilação cruzada.

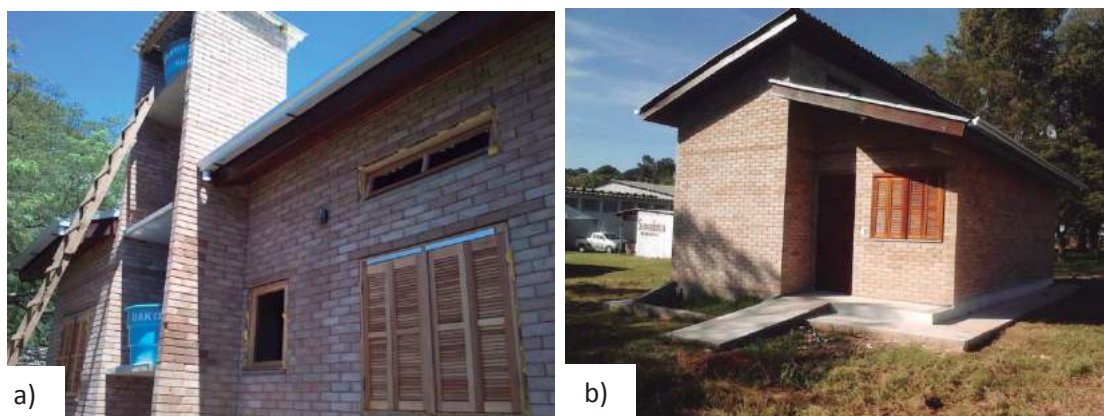


Figura 10: a) Esquadrias e reservatórios de água; b) Casa Popular Eficiente concluída.

4 AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

Dentro das metas da pesquisa, está a avaliação do comportamento físico e mecânico dos materiais utilizados no protótipo, através de ensaios nos laboratórios do Centro de Tecnologia, bem como uma análise de desempenho ao longo do tempo das soluções sustentáveis, como a eficiência térmica e energética do aquecedor solar da água para o banho, o aproveitamento das águas da chuva para o vaso sanitário e outros fins, a vegetação e a ventilação cruzada como forma de conforto térmico da residência e o tratamento e aproveitamento das águas cinzas do banheiro e da máquina de lavar roupas.

Nos primeiros resultados da avaliação acústica na “casa popular eficiente”, identificou-se que alguns parâmetros como a diferença de nível padronizada ponderada não atinge o valor mínimo estabelecido por normas, quanto ao isolamento de divisórias internas. No entanto, essa classificação, além de ser sutilmente subjetiva, deve ser utilizada entre unidades habitacionais autônomas. No caso em questão, a avaliação pós-ocupacional será muito importante para qualificação de satisfação ou não do usuário.

Com base nas primeiras análises de desempenho térmico pelo método simplificado observou-se que a edificação atende às especificações regidas pela NBR 15575, tanto com relação à transmitância térmica quanto com relação à capacidade térmica e às aberturas de ventilação. Avaliando o desempenho térmico da construção pelo método de medição, observou-se que a residência obteve um nível intermediário de desempenho térmico, nível também obtido por todos os ambientes analisados.

Após as avaliações iniciais de desempenho da materialidade e das soluções sustentáveis do protótipo, pretende-se fazer ao longo dos primeiros anos de utilização da moradia, uma Avaliação Pós Ocupação (APO), incluindo além dos ensaios mencionados, análises de conforto dos usuários da residência. A pesquisa visa também a transferência para a comunidade de Santa Maria e região, da tecnologia construtiva com tijolos de solo cimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa de iniciação científica que está sendo desenvolvida pelo grupo GEPETECS e relatada nesse artigo mostrou ser possível envolver e atrair pessoas e diversos segmentos da construção para um tema científico de grande importância social e ambiental.

Sabidamente a humanidade precisa urgentemente focar seus olhares para as mudanças climáticas que estão ocorrendo ano a ano no planeta Terra e certamente que as edificações desempenham papel importantíssimo nesse contexto, devido ao alto grau de emissões de gases-estufa que são gerados quando do processo de construção, desde seu início na obtenção de matéria prima e fabricação dos materiais, passando pelo transporte do mesmo, até o

acabamento final dessa edificação. Somente dessa forma e através da conscientização das pessoas envolvidas nesse processo será possível proporcionar as futuras gerações melhores condições de vida.

Assim, a pesquisa contribui eficazmente para despertar nos profissionais engenheiros e arquitetos a necessidade de olhar diferente para o ato de criar e inovar, pensando agora na “arquitetura e engenharia sustentáveis”, o que ela proporciona para as gerações futuras e a qualidade de vida no Planeta Terra.

Ao mesmo tempo, a pesquisa configura-se numa iniciativa importante do ponto de vista de perspectivas para construções de casas populares que realmente levem em consideração aspectos relacionados à sustentabilidade e a preservação do ambiente.

Sendo assim, pretende-se, a partir do estudo de desempenho satisfatório do protótipo, construir uma Vila Ecológica em uma área de interesse social no município de Santa Maria, contando com a parceria entre a Prefeitura Municipal e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbosa, M.J. *Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais*. Florianópolis: UFSC, 1997.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2005*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: março de 2014.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estudos e Tratamento da variável rendimento no censo demográfico 2010*. Nota Técnica, 2012.

Krüger, E.L. *Analyse von Bausystemen im sozialen Wohnungsbau Brasiliens*. Hannover: Technische Universität Hannover, 1997.

Krüger, E.L. & Lamberts, R. Avaliação do desempenho térmico de casas populares. In: Anais do VIII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído: Modernidade e Sustentabilidade. *Proceedings*. UFBA. Salvador, 2000. p.1-10.

Mascaró, J.L. & Mascaró, L. *Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios*. Porto Alegre: Luzzato, 1992.

Qualharini, E.L. Gestão estratégica na avaliação de projetos de construção civil. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: Qualidade e Tecnologia na Habitação. V1. Rio de Janeiro, novembro, 1993. *Proceedings*. Rio de Janeiro, Novembro, 1993.

Roaf, Sue; Crichton, David; Nicol, Fergus. *A adaptação de Edificações e Cidades às mudanças climáticas*. Tradução Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009.

Sachs, Ignacy. *Estratégias de Transição para o Século XXI. Desenvolvimento e meio ambiente*. São Paulo: Studio Nobel, 1993.

Santos, M.C. *Anforderungs – und Leistungskriterien für Bausysteme in Brasilien*. Hannover: Technische Universität Hannover, 1995.

Sattler, M.A. *Projeto CETHS Centro Experimental de Tecnologias Habitacional Sustentáveis: relatório final de pesquisa*. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 2002. Disponível em: < <http://www.habitare.org.br/pdf/relatorios/58.pdf>>

Vagheti, M.A.O. et al. *Casa Popular Eficiente: um benefício ambiental aliado a um custo mínimo*. Santa Maria: UFSM, 2013. Projeto de Pesquisa (Protocolo GAP/CT nº 28582).

Estimación de instalaciones solares domesticas según tipologías de edificación

Lorena Troncoso

Universidad del Bio-Bío, Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Concepción, Chile.

lorena618@gmail.com

Rodrigo García

Universidad del Bio-Bío, Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Concepción, Chile.

rgarcia@ubiobio.cl

Paulina Wegertseder

Universidad del Bio-Bío, Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Concepción, Chile.

p.wegertseder.m@gmail.com

ABSTRACT: Is presented a method for simultaneously estimating the potential uptake and solar, residential buildings with the urban area of Concepción-Chile. This is based on analyzing physical, solar and technological potential from urban building typologies. Through cartographic databases, aerial photos, housing models and dynamic simulations, which are recorded in (SIG) estimates were determined typology. Maps have also been developed energy consumption of electricity, water and heating warms health surveys from users of home energy costs. With the land consumption and existing buildings which contribute differentials between demand and power generation are analyzed, which allows to estimate the capacity of systems that could have extended the types of housing, buildings of medium and high altitudes. And simultaneously determine the energy self-sufficiency capacity has the urban area.

Keywords: Solar potential, typology building, solar energy.

RESUMEN: Se presenta una metodología para estimar simultáneamente el potencial, captación y generación solar, que tienen las edificaciones residenciales el área urbana de Concepción-Chile. Se analiza el potencial físico, solar y tecnológico a partir tipologías de edificaciones urbanas. A través de bases cartográficas, fotos aéreas, modelos habitacionales y simulaciones dinámicas, que son registrados en (SIG), se determinaron estimaciones según tipologías. También se han desarrollado mapas de consumos energéticos de electricidad, agua caliente sanitaria y calefacción según encuestas a usuarios de gastos energéticos domiciliarios. Con el catastro de consumos y edificaciones existentes se analizan los diferenciales que concurren entre demanda y generación energética, los cuales permiten estimar la capacidad de sistemas que pudiese tener las tipologías de vivienda extendida, edificios de mediana y gran altura. Y a la vez determinar la capacidad autoabastecimiento energético que posee el área urbana.

Palabras claves: Potencial solar, tipología de edificación, energía solar.

1 INTRODUCCION

Con la creciente demanda energética mundial se hace necesario generar una transición en las fuentes de generación energética, pasando desde las fuentes fósiles, como el gas, petróleo, leña, energías limpias y natural como es la energía del Sol. Es importante analizar el sector residencial el 45% de la energía generada a nivel mundial, es utilizada para calentar, refrigerar, iluminar y ventilar edificios ya que esta demanda energética se traduce a un 50% del calentamiento mundial.

En países en vías de desarrollo como Chile, la implementación de sistemas de captación solar aún tiene limitaciones como alto costo inicial de los sistemas solares, altos periodos de recuperación per cápita para vivienda, desconocimiento de la tecnología y sus beneficios además de falta de conocimiento de potencial urbano a escala urbana y a escala barrial.

En países desarrollados, autores como (Agugiario et al., 2012)(Alexander, Smith-Voysey, Jarvis, & Tansey, 2009)(Jakubiec & Reinhart, 2013)(Lukač, Žlaus, Seme, Žalik, & Štumberger, 2013) han estudiado la predicciones de generación energética solar a nivel urbano usando metodologías a partir de datos Lidar que generan elaborados modelos 3D de la ciudad y que posteriormente son analizados con complejos software que requieren un alto nivel de conocimiento computacional además de elevados recursos económicos. Situación que no pueden suplir ciudades intermedias en países en vías de desarrollo.

Considerando que el entorno construido de las ciudades tiene singularidades pero también tiene patrones de edificación, es posible categorizar la ciudad mediante edificaciones representativas. En base a esto se propuso realizar un estudio del potencial energético fotovoltaico y térmico a escala urbana pero a partir de tipologías de edificación representativas de la ciudad. De esta manera, es fácil y manejable estimar el consumo, radiación incidente y cálculos de sistemas solares a instalar. Así entendiendo las partes es posible entender la totalidad.

A partir de los resultados obtenidos por tipologías y dependiendo de la posición en la ciudad en el cual estén ubicados, es posible estimar a nivel urbano la cantidad de energía que podría aportar el sector residencial.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Metodología



Ilustración 1. Metodología

Para estimar la capacidad de instalaciones solares en edificaciones residenciales se determinaron tipologías de edificación a las cuales se les estimó el área de cubierta útil, consumos promedios (electricidad, ACS y calefacción) y radiación incidente dependiendo de la posición dentro de la ciudad. Se presentan 3 niveles de potencial o radiación solar (alto, medio y bajo), estos son el resultado del cruce de porcentaje de sombras según topografía y edificaciones vecinas. Para determinar los niveles de obstrucción solar arrojada por la topografía circundante de la comuna de concepción, se desarrolló una rutina que simula radiaciones para las diferentes inclinaciones y orientaciones promedios, y posteriormente se referenció en ARCVIEW 10.0 a partir de un Modelo Digital de Terreno de pixel 5 x 5 m. Los niveles de radiación por edificaciones vecina se calcularon por manzana representativa según la agrupación de tipologías. Se modelaron y analizaron 6 manzanas representativas el código de simulación urbana URBES. Ambos porcentajes se cruzaron y se posicionaron se la ciudad, llegando a 3 niveles de radiación (Alto, medio y bajo). Las zonas de alto potencial son áreas de tipologías de edificación homogéneas y además no presentan obstrucciones por cerros (topografía), estos tienen un rango de sombra hasta un 30%, la radiación media que se usó es 1617 KWh/año. El potencial solar medio lo presentan zonas con algún tipo de obstrucción, ya sea por topografía o edificaciones vecinas, tienen un rango de sombras entre 3% y 11%, una media de radiación de 1587 KWh/año. Y las zonas de potencial bajo son zonas que presentan ambos niveles de obstrucción solar, por lo tanto tiene mayor porcentaje de sombras y menor captación solar, tienen un porcentaje de sombra mayor a 11%, y una radiación media de 1451 KWh/año. A partir

de estas variables se les estima la capacidad que tiene la tipología para soportar sistemas de captación solar y potenciales ahorros al autoabastecer su propia demanda.

2.2 Área de estudio

Se analiza el sector residencial del área urbana de la comuna de Concepción, ubicada en el centro sur de Chile, a 36° 46' 22" S de latitud y 73° 03' 47" O de longitud. Está a los pies de la cordillera de la costa, en la ribera norte del río Biobío y planicies litorales del Océano Pacífico, con una altura de 12 msnm. Se emplaza en una geomorfología irregular, con colinas, quebradas y depresiones. Su clima es templado marítimo con influencia mediterránea y cuatro marcadas estaciones. La temperatura media anual es de 9,1°C y la máxima es de 20°C. En verano en promedio la temperatura es de 17°C y en invierno es de 8° (Meteochile, 2013) .Según el Censo del año 2002 la Comuna de Concepción contaba con 216.021 habitantes (INE, 2002) con una superficie urbanizada de 2.102 ha., con una densidad habitacional de 103 hab/ha. El área residencial construida representa 76,4% del total de la superficie comunal. Esta comuna se inscribe en la segunda área intercomunal más grande de Chile: Metrópolis de Concepción. La ciudad se caracteriza por ser el centro administrativo y comercial de esta metrópolis. El área central presenta mayoritariamente edificaciones de servicios mientras que en la periferia se ubican las edificaciones residenciales. Al ser una ciudad intermedia esta cuenta con una mayor gama de tipologías y agrupaciones de edificación representativas, lo mismo sucede con la morfología topográfica. Porque lo que esta metodología y supuestos pudiesen ser replicable a otras ciudades.

3 TIPOLOGIAS DE EDIFICACION



Ilustración 2. Vista peatonal de tipología de edificación representativa (Imagen Google Street) y trama urbana (Vista aérea google earth) en la que se inserta.

Se identificaron 4 tipologías básicas, de acuerdo a su morfología arquitectónica. Al analizarlas dentro de la ciudad se encontraron diferencias de acuerdo a densidad, tipo de agrupación, año de construcción, altura, etc.

Esto que originó que las tipologías básicas se dividieran en 2. Por lo tanto se identificaron finalmente 8 tipologías residenciales. Estas se denominan con un código de dos dígitos (TX-X), el primero está compuesto por la tipología básica y el segundo corresponde a la división, también se explica en la Tabla 1.

A partir de la Ilustración 1 se describen las principales características de cada edificación representativa, asumiendo como tipología, las edificaciones con características morfológicas similares, pero con superficie construida variable:

- la tipología 1-1 son las viviendas mayores a 140 m² de 1 a 4 pisos más buhardilla, de alta densidad, se ubican en el centro de la ciudad. En su mayoría son viviendas pareadas o aisladas con reducido metraje predial. Las techumbres son a dos aguas con bajo porcentaje de inclinación;
- la tipología 1-2 se desprende de las viviendas mayores a 140 m² de 1 a 4 pisos más buhardilla, pero de baja densidad, se ubican en la periferia del área urbana, coinciden con zonas de estratos económicos altos. Estas se inscriben en trama urbana irregular, son edificaciones aisladas y únicas. Tiene techumbres complejas;
- la tipología 2-1 es el resultado de las viviendas menores a 140 m², construidas posterior al 2006, no superan los 2 pisos, son edificaciones repetitivas, pertenecen a conjuntos inmobiliarios o condominios, se ubican en la periferia. Son edificaciones aisladas o pareadas. Las techumbres presentan ángulos pronunciados;
- la tipología 2-2 son viviendas 140 m², construidas previo al 2006, en su mayoría pertenecientes a un conjunto mayor de viviendas. Son pareadas. Los ángulos de las techumbres son más planas y a dos aguas;
- la tipología 3-1 son edificaciones colectivas o bloques residenciales de 3 a 5 pisos, edificaciones únicas, en su mayoría se encuentran en la trama central de la ciudad, son bloques pareados o continuos, con techumbres en su mayoría plana;
- la tipología 3-2 son bloques residenciales de 3 a 5 pisos, por lo general se trata de conjuntos de bloques repetitivos, aislados, de baja densidad y se encuentran en su mayoría se encuentran fuera centro de la ciudad;
- la tipología 4-1 son edificios residenciales de 6 a 10 pisos;
- la tipología 4-2 corresponde a las edificaciones mayores a 11 pisos o llamadas comúnmente torres.

3.1 Catastro de tipologías

La Tabla 1 describe el catastro de cada tipología en la ciudad de Concepción. Se advierte que el 64% del campo residencial corresponde a edificaciones que forman parte de conjuntos residenciales o barrios sociales construidos anteriores al año 2006 (T2-2), el 16% de las edificaciones corresponde a edificaciones de conjuntos residenciales construidas después del 2006 (T2-1). Y el 13% de edificaciones unifamiliares de tipologías con mayor densidad (T1-2).

Se observa que la mayor parte de los residentes (31%) habitan edificaciones que forman parte de conjuntos residenciales construidas anterior al año 2006 (T2-2), mientras que un 17% habitan en viviendas de mayor densidad, porcentaje similar de personas viven en edificios de departamentos mayor a 10 niveles (T4-2).

Tabla 1. Catastro de tipologías.

Tipologías	Agrupación	Simbología	Superficie. promedio por tipología [m ²]	Unidades residenciales	Superficie construida total [m ²]	Cantidad de personas
Tipología 1 Vivienda Unifamiliar particulares	Mayor densidad	T1-1	210	4,223	205,800	13,720
	Menor densidad	T1-2	200	979	844,605	56,307
Tipología 2 Conjuntos residenciales	Construidas > año 2006	T2-1	86	5,155	443,436	29,562
	Construidas < año 2006	T2-2	75	20,246	1,557,839	103,855
Tipología 3 Bloque de Departamentos (30-100 viv/ha)	Conjunto de bloques	T3-1	60	10,139	572,259	38,150
	Aislados y únicos	T3-2	95	2,525	217,549	14,503
Tipología 4 Edificio de Departamentos (30-100 viv/ha)	6 - 10 Niveles	T4-1	75	4,139	355,161	23,677
	> 10 Niveles	T4-2	60	15,903	786,385	52,425

3.2 Identificación de tipologías en la ciudad

La ilustración 3 muestra la distribución de tipologías en la ciudad. A simple vista se aprecia una mayor extensión de T2-2. Se observa que el área central es una zona heterogénea en tipologías concentra T1-1, T2-2, T3-2, T4-1, T4-2, además de servicios (lotes en blanco), que como consecuencia, las tipologías presentan mayor variabilidad de alturas y mayor porcentaje de sombra. A diferencia de las zonas homogéneas que se observan en la periferia, donde se forman aglomeraciones de tipologías únicas. Pero por otro lado estas zonas homogéneas presentan obstrucciones solares por topografía.

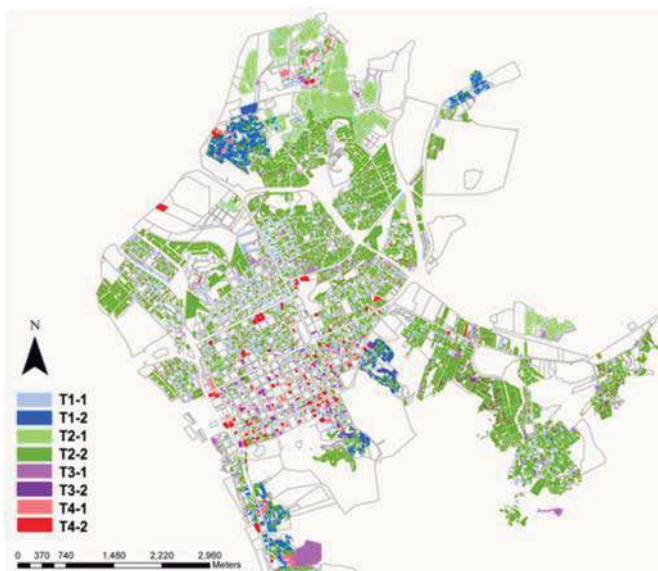


Ilustración 3. Identificación de tipologías de edificación por lote.

4 CONSUMO ESTIMADO

Para determinar la energía generada que aportaría la instalación de sistemas solares sobre las cubiertas, se hace necesario estimar el consumo de la ciudad. La Ilustración 4 muestra las

proporciones de consumos estimados según destino. Estos asumen Calefacción, ACS y electricidad. Se obtuvieron a partir de un cálculo simplificado, dependiendo de los m² construidos por un estimado de uso. En el caso de la residencia estimó 190 kWh/m² año, los servicios 132 kWh/m² año y hospitales 617 kWh/m² año. Se observa que el sector residencial consume un 60% del total de la ciudad en menor cantidad comercio, educación y salud. Debido a este resultado es necesario estudiar la autogeneración de energía doméstica.

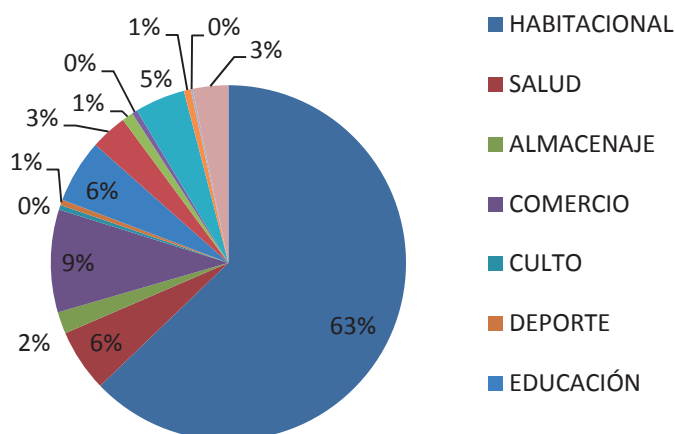


Ilustración 4. Consumo según uso en Concepción.

5 CAPACIDAD DE INSTALACIONES SOLARES POR TIPOLOGIA

Se estima por unidad residencial la capacidad de instalación (número de paneles, según modelos disponibles en el mercado Chileno) de cada tipología, según área útil de cubierta y nivel de radiación. La Tabla 2 muestra la cantidad de paneles estimados que alcanzan hasta suplir el 50% de ACS (que es el límite sugerido por la capacidad térmica estacional) y un 80% del consumo de electricidad. También se muestran rangos medio de generación de energía que pudiese generarse al instalar dichos sistemas. Se observa que las tipologías que tienen mayor capacidad de captación y producción energética son las viviendas de menor densidad, en cambio las unidades residenciales pertenecientes a bloques y torres (T3 y T4) poseen menor producción porque tienen menor capacidad de captación, para estos se proponen sistemas de generación Térmica en forma colectiva.

Tabla 2. Rangos de paneles y energía generada según tipología.

Tipologías	N° de edificaciones por tipología	Capacidad paneles térmicos	Rangos energía térmica generada (kwh/m2 año)	Capacidad de paneles fotovoltaicos	Energía eléctrica generada (kwh/m2 año)
T1-1	4,223	1-2	1140-2280	8-50	1198-7988
T1-2	979	1-2	1200-2280	8-50	1198-7989
T2-1	5,155	1-2	7600-2180	6-18	998-2796
T2-2	20,246	1-2	7600-2181	6-18	998-2797
T3-1	627	0-1	1140-1200	4-20	597-3227
T3-2	326	0-1	1140-1200	2-15	364-2341
T4-1	142	0-1	1140-1201	5-6	832-1011
T4-2	112	0-1	950-1140	0-2	0-390

Al analizar las 24 combinaciones resultantes de las 8 tipologías de edificación con tres niveles de radiación (alta, media y baja), se obtienen los resultados expresados en la Tabla 3. Se advierte que la mayor área de captación la poseen las edificaciones unifamiliares y tiene altos niveles de captación, por lo que se recomienda la instalación de sistemas para autogenerar su propia energía. Estas corresponden a viviendas anteriores al 2006 que se ubican en la peri centro

urbano de la ciudad de concepción, donde no reciben sombras por la topografía circundante y conforman barrios de alturas homogéneos.

Tabla 3. Generación energética según tipología y nivel de radiación.

Tipologías	Nivel radiación	Unidades de edificaciones	Área cubierta (m2)	Energía eléctrica generada (MWh/m2 año)
T1-1	alta	2,746	411,338	16,428.8
T1-1	media	1,107	165,086	6,593.5
T1-1	baja	562	84,035	3,356.3
T1-2	alta	462	68,433	2,733.2
T1-2	media	140	19,394	774.6
T1-2	baja	480	73,775	2,946.6
T2-1	alta	3,490	158,880	6,345.7
T2-1	media	283	15,416	615.7
T2-1	baja	125	6,848	273.5
T2-2	alta	11,881	692,394	27,654.1
T2-2	media	5,220	322,857	12,894.9
T2-2	baja	3,587	212,401	8,483.3
T3-1	alta	627	1,821	7.3
T3-1	media	0	0	0.0
T3-1	baja	0	0	0.0
T3-2	alta	0	0	0.0
T3-2	media	326	45,247	182.5
T3-2	baja	0	0	0.0
T4-1	alta	36	15,366	26.6
T4-1	media	85	21,711	114.0
T4-1	baja	21	8,052	12.4
T4-2	alta	34	16,763	1.0
T4-2	media	63	26,758	14.5
T4-2	baja	13	6,283	22.2
Total		31,288	2,372,858	89,480.7

6 RESULTADOS Y CONCLUSION

En la distribución de las tipologías en la ciudad de Concepción, se advierten dos áreas relevantes; por un lado una zona heterogénea, situada en el centro histórico de la ciudad, compuesta varias tipologías combinadas, y un perímetro homogéneo con sub-zonas de tipologías homogéneas. En el área residencial el 90 % corresponde a viviendas unifamiliares (T1 y T2), y el 10% restante son bloques (T3) y torres (T4). Por su capacidad de recolección solar en techumbres, las viviendas unifamiliares pueden aportar un 98% del total de la energía total generada, porque tienen mayor área de captación, además de estar situados en lugares de alta y media radiación. Igualmente todas las tipologías de edificación son capaces de abastecer alrededor del 50% de su consumo energía para agua caliente sanitaria (ACS). En el aporte para otros consumos energéticos se presentan diferencias sustanciales entre tipologías.

A escala de ciudad se estima que la energía eléctrica generada por todas las tipologías residenciales cubre 80% del consumo local.

Se observa que en las torres y bloques, en algunos casos no alcanzan a cubrir el 50% de su demanda térmica (ACS), debido a que no disponen de suficiente área útil de cubierta. Para que este tipo de edificaciones suplan mayormente, se pueden considerar otras áreas de captación solar como fachadas.

En general se concluye que la variedad de tipologías residenciales existentes poseen capacidades relevantes, pero diferenciadas. Con un predominio en superficie y captación de las viviendas unifamiliares de la periferia urbana, pero también con posibilidades parciales en los

edificios habitacionales centrales. Sugiriendo instalaciones posibles para las distintas morfologías, que se pretenden dar a conocer a la población en un sistema de consulta en línea para promover la utilización de sistemas renovables domésticos.

BIBLIOGRAFIA

Agugiario, G., Nex, F., Remondino, F., Filippi, R. De, Droghetti, S., Furlanello, C., & Foundation, B. K. (2012). Solar radiation estimation on building roofs and web-based solar cadastre, I(September), 177–182.

Alexander, C., Smith-Voysey, S., Jarvis, C., & Tansey, K. (2009). Integrating building footprints and LiDAR elevation data to classify roof structures and visualise buildings. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33(4), 285–292. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2009.01.009

Jakubiec, J. A., & Reinhart, C. F. (2013). A method for predicting city-wide electricity gains from photovoltaic panels based on LiDAR and GIS data combined with hourly Daysim simulations. *Solar Energy*, 93, 127–143. doi:10.1016/j.solener.2013.03.022

Lukač, N., Žlaus, D., Seme, S., Žalik, B., & Štumberger, G. (2013). Rating of roofs' surfaces regarding their solar potential and suitability for PV systems, based on LiDAR data. *Applied Energy*, 102, 803–812. doi:10.1016/j.apenergy.2012.08.042

INE. Plataforma de Navegación según datos censales. [En línea]. <<http://www.ine.cl/mapcity/>>. [28 de agosto de 2013].

Meteochile. [En línea]. <<http://mteochile.net/>>. [2 de octubre de 2013].

Desempenho de revestimentos de argamassa com areia reciclada lavada e homogeneizada

Leonardo Fagundes Rosemback Miranda

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil
reciclagem.miranda@gmail.com

Sílvia Maria de Souza Selmo

Universidade de São Paulo, Engenharia Civil, São Paulo, São Paulo, Brasil
silvia.selmo@poli.usp.br

Fabiani Pereira Franzen Sebrão

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil
fabi.franzen@gmail.com

ABSTRACT: This paper presents an analysis of the efficiency of the wet recycling process involving pre-sorting of mixed construction waste, controlling the particle size of the recycled material by washing spiral classifier for removal of fines < 0.075 mm and the final homogenization through pilot equipment designed by first author to reduce the variability of washed recycled sand to be used in mortar plastering. The paper analyzed the characteristics of the recycled sands and mortars through physical and mechanical methods. Plasterings were produced on substrates of concrete blocks and ceramic bricks and their performance as visual control of cracks and the tensile bond strength were analyzed. As a main conclusion, it was confirmed the efficiency of the wet process spiral classifier and the formation of homogenization piles of washed recycled sand to promote the quality of plasterings.

Keywords: washed recycled sand, mortar, homogenization, plastering, spiral classifier.

RESUMO: Este trabalho apresenta uma análise da eficiência do processo de reciclagem via úmida que envolveu a triagem de resíduos mistos de construção, o controle granulométrico do material reciclado através de lavagem em classificador espiral para remoção de finos < 0,075 mm e a sua homogeneização em equipamento piloto projetado pelo autor principal para a redução da variabilidade da areia reciclada lavada a ser usada em argamassas de revestimento. O trabalho analisou as características das areias recicladas e das argamassas através dos métodos físicos e mecânicos. Foram produzidos revestimentos de argamassas em substratos de blocos de concreto e de tijolos cerâmicos maciços e foram analisados seus desempenhos quanto o controle visual de fissuras e a resistência de aderência à tração. Como conclusão principal, confirmou-se a eficiência do processo via úmida em classificador espiral e a formação de pilhas de homogeneização de areia reciclada lavada para promover a qualidade de argamassas de revestimento.

Palavras-chave: areia reciclada lavada, argamassa, homogeneização, revestimento, classificador espiral.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao elevado volume de resíduo de construção gerado em todo o país, torna-se extremamente necessário reciclar os resíduos gerados, em especial aqueles de natureza mineral, tanto pelo problema ambiental que causam desde a sua extração até a deposição como entulho, quanto por ser uma forma de prolongar o ciclo de vida das matérias primas.

No tocante ao estudo das argamassas de revestimento de paredes e tetos com areias recicladas de resíduos de construção e demolição (RCD), Miranda (2000) estudou areias recicladas com alto teor de finos e artificialmente produzidas em laboratório, por misturas com teores controlados de reciclados cominuídos de blocos cerâmicos, de argamassa mista comum e de blocos de concreto, e avaliou o desempenho de nove diferentes revestimentos feitos com suas argamassas, quanto à fissuração, aderência ao substrato, absorção capilar e choque térmico, confirmando o efeito danoso de excesso de finos menores que 0,075 mm no desempenho dos revestimentos (Miranda, 2000; Miranda & Selmo, 2005).

Para esta finalidade de aplicação, o principal desafio técnico que surge diz respeito à natureza mista e variada do RCD. No caso de argamassas de revestimento, pode comprometer seu desempenho e a durabilidade, sendo que apenas argamassas de assentamento de alvenarias de vedação são factíveis de produção com areias recicladas por processo convencional via seca, que é o adotado nas usinas brasileiras e em muitas no estrangeiro.

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo experimental realizado em usina de reciclagem de resíduos da construção civil classe A, de pequeno porte, com vistas a contribuir para o desenvolvimento de processos de reciclagem via úmida, e para o progressivo avanço em técnicas e procedimentos, para a homogeneidade e o controle de qualidade de areias recicladas de natureza mista para argamassas não estruturais. A ênfase foi dada na análise de desempenho das areias recicladas e suas argamassas em revestimentos de paredes.

2 PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1 Materiais utilizados

As amostras utilizadas nesta pesquisa foram obtidas através de uma parceria com a usina de reciclagem Irmãos Preto Ltda., localizada no município de Socorro/SP, Brasil. Trata-se de uma usina de pequeno porte, com capacidade de produção de 2,5 m³/h. O resíduo de construção local é predominantemente cerâmico e possui solo na composição.

Com exceção de um painel produzido com cimento, cal e areia natural, todos os demais painéis foram produzidos usando-se apenas as amostras de areia reciclada lavada e homogeneizada de RCD como agregado miúdo na composição das argamassas. As amostras de areia reciclada utilizadas foram identificadas e obtidas da seguinte forma:

- Amostras NL, numeradas de S1-NL a S25-NL, de areias recicladas com elevado teor de finos e não lavadas, obtidas por processo usual de reciclagem: foram formadas pela coleta de amostras de areia reciclada média (obtidas pela britagem do RCD e peneiramento na tela 2,4 mm). Para estas amostras são apresentados apenas os resultados de variabilidade (Tabela 4);
- Amostras LU, identificadas de S52 LU a S81 LU, de areias recicladas lavadas e homogeneizadas: eram obtidas a partir de amostras NL, submetidas a processo adicional de lavagem e corte granulométrico em classificador espiral e ainda a um processo de homogeneização em equipamento desenvolvido pelo autor principal.

O cimento CP III 32 RS foi usado como aglomerante principal que foi caracterizado no laboratório do CPqDCC e no laboratório do LCT da Escola Politécnica da USP. A cal hidratada CH III como alternativa de adição plastificante das argamassas em lugar dos finos da areia reciclada, com a vantagem de poder contribuir com um importante efeito aglomerante adicional para o desempenho das argamassas e revestimentos.

Duas alvenarias com características superficiais e de sucção bem distintas foram usadas: a) tijolos cerâmicos maciços; b) blocos de concreto de vedação de 4 MPa.

Foi adotado um procedimento simplificado de homogeneização da areia reciclada lavada, cuja

eficiência é desconhecida e que foi testada neste trabalho, como descrito seguir:

- as caçambas de RCD eram despejadas de forma aleatória, sem ser feita a classificação visual, mas apenas a remoção manual de resíduos de classes B, C e D;
- o RCD era então reciclado sendo que, após a moagem no moinho de martelos e peneiramento em tela de 1,2 mm, o material foi lavado em um classificador espiral com as seguintes especificações: rosca de 20 cm de diâmetro e 25 rpm, comprimento de 3,40 m e inclinação de 24°. Foi escolhida a areia reciclada proveniente da moagem no moinho de martelos para lavagem e homogeneização por considerar que esta era proveniente de um RCD mais limpo;
- após a lavagem, o material caía no homogeneizador piloto e que, com seu movimento radial, descarregava a areia reciclada em camadas, formando uma pilha com as seguintes características: 3 m de comprimento, 1 m de altura, base média de 1,3 m, número de camadas aproximadamente igual a 1900. Foram formadas 10 pilhas cônicas de agregados reciclados lavados, cada uma com cerca de 2 m³ de material;
- após a formação de uma pilha, eram retiradas 3 amostras de aproximadamente 60 kg para realização dos ensaios de caracterização, que correspondiam a 3 seções transversais da pilha, do lado esquerdo, centro e direito, descartando-se as extremidades. Estas amostras foram identificadas em número seqüencial de S52 LU (Pilha 3) até S81 LU (Pilha 12). Depois era retirada uma amostra de 150 kg para produção de argamassas;
- após a obtenção da amostra representativa de cada pilha, o material restante era removido e iniciava-se a formação de uma nova pilha.

2.2 Caracterização das amostras de areia reciclada

As amostras de areias recicladas foram caracterizadas conforme as seguintes propriedades: distribuição granulométrica (NM248), teor de finos < 0,075 mm (NM46), massa específica (picnômetro de hélio), massa unitária seca (NBR 7251), módulo de elasticidade dinâmico, absorção de água (NM 30), sais e sulfatos solúveis (NBR 9917).

2.3 Proporção de mistura e caracterização das argamassas

O procedimento de mistura das argamassas foi o seguinte: adicionar a água na argamassadeira, areia reciclada e bater por 30 segundos, descansar por 9,5 minutos, adicionar o cimento (e a cal, quando for o caso) e bater por 2 minutos.

O descanso inicial por 10 minutos foi para permitir a absorção de água pela areia reciclada (Miranda, 2000). Após 10 minutos o entulho cerâmico, de absorção mais crítica, já havia absorvido cerca de 96% da sua capacidade total de absorção de água. Em função desta elevada absorção de água é que surgiu a necessidade, em alguns casos, de avaliar a influência da relação água/cimento de duas diferentes formas: água/cimento total e água/cimento efetiva (descontando a parcela de água que é absorvida pelo agregado).

A proporção de mistura das argamassas foi definida com base no traço utilizado por Miranda (2000), que foi de 1:8 em massa seca. Entretanto, como aqui a amostra foi lavada, foi utilizada cal para prover a argamassa de plasticidade suficiente para aplicação. Sendo assim, a proporção final de dosagem foi 1:1:8 (cimento, cal e areia, massa seca).

Definida a proporção de mistura, foram realizados ensaios em laboratório para determinação das propriedades no estado fresco e endurecido: consistência (NBR 13276), densidade de massa fresca, endurecida e teor de ar incorporado (NBR 13278), consumo de cimento por m³, resistência à tração na flexão e à compressão (EN1015-part 11), retração por secagem (NBR 8490) e absorção capilar.

Os corpos de prova para todos os ensaios mecânicos de uma mesma argamassa foram moldados

de uma mesma porção de mistura, com dimensões de 4 x 4 x 16 cm. Da moldagem até 7 dias de idade, todos os corpos de prova foram mantidos em câmara úmida, cuja umidade relativa permaneceu acima de 95%, sendo que a desmoldagem dos corpos de prova foi realizada no quarto dia para que se evitasse danificá-los. De 7 dias até 21 dias, todos os corpos de prova eram armazenados em câmara seca com umidade relativa de $46\% \pm 6\%$ e temperatura de $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após 21 dias, os corpos de prova eram levados para a estufa, permanecendo até 28 dias, para garantir que todos eles seriam ensaiados com 0% de umidade, uma vez que foi verificado durante este trabalho que, após 14 dias na câmara seca, a umidade dos corpos de prova variava de 2% a 9%.

A resistência à tração na flexão e à compressão foi medida aos 28 dias de idade. As medidas de retração iniciaram nos corpos de prova saturados aos 7 dias até 63 dias na câmara seca.

Para o ensaio de absorção de água, os corpos de prova foram secos em estufa a 100°C . A face obtida do rompimento do corpo de prova à flexão foi nivelada para que então pudessem ser medidos e pesados. Após, as faces laterais foram seladas com silicone e os corpos de prova foram pesados novamente. A face nivelada foi mergulhada em uma bandeja com água (cujo nível era mantido constante e igual a 1 cm) e então foram feitas as medidas da massa dos corpos de prova nos tempos 1 minuto, 5, 10, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 4 horas e 24 horas.

O módulo de elasticidade dinâmico foi realizado em corpos de prova de 4 x 4 x 16 cm nas idades de 16, 21 e 28 dias, usando o equipamento PUNDIT - Portable Ultrasonic Non-destructive Digital Indicating Tester - método de transmissão direta de propagação dos pulsos.

Após obtenção e caracterização das amostras, o material excedente foi utilizado para aplicação dos revestimentos, que consistiu na aplicação de 10 amostras de areia como revestimentos, uma de cada pilha com exceção da P6, mais uma de referência de areia natural, em um substrato de bloco de concreto. O procedimento de mistura seguiu o utilizado para misturas das argamassas em laboratório.

O controle de fissuração dos revestimentos foi realizado em termos de quantidade e comprimento linear para as fissuras visíveis, por m^2 de revestimento, até a idade de 3 meses.

A resistência de aderência à tração dos revestimentos foi caracterizada conforme a NBR 13528/95 em revestimentos escolhidos, na idade de 28 dias. Tomou-se o cuidado de não realizar ensaios sobre as juntas de assentamento das alvenarias, como recomendado por Carasek, Scartezini (1999).

3 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados de caracterização das 10 pilhas de areia reciclada, lavadas e homogeneizadas, sendo os valores de cada pilha obtidos pela média dos resultados das 3 amostras formadoras de cada pilha. A lavagem em classificador espiral com a formação de pilhas de homogeneização se mostrou muito eficiente na redução da variabilidade, quando comparados aos resultados sem lavagem e homogeneização.

No caso das propriedades de absorção de água e teor de finos $< 75\text{ }\mu\text{m}$, o emprego dessas duas técnicas no processo de reciclagem retornaram resultados que podem ser considerados excelentes. O processo de lavagem em classificador espiral conseguiu reduzir o valor máximo do teor de finos $< 75\text{ }\mu\text{m}$ nas areias recicladas para 3,2%, bem inferior ao valor de 5% definido como meta e aos valores definidos pelas normas NBR 15116/04 e prEN 13138/01.

Para a absorção de água dos agregados, foi obtida uma amplitude de variação de apenas 2,4%, o que pode ser considerado um ótimo resultado.

Tabela 1: Variabilidade das propriedades de 10 pilhas de areias recicladas produzidas na usina de Socorro/SP, com a aplicação das técnicas de lavagem em classificador espiral e formação de pilhas de homogeneização.

	Massa unitária	Massa específica	Absorção de água (%)	Teor de finos < 75 µm	Módulo de finura	Teor de sulfatos solúveis
	Kg/m ³	Kg/m ³	%	%		%
Mínimo	1148	2598	5,4	1,4	2,2	0,05
Máximo	1244	2662	7,8	3,2	2,5	0,11
Amplitude	96	64	2,4	1,7	0,3	0,06
Média	1188	2629	5,9	2,3	2,4	0,07
DP total	34	17	0,8	0,6	0,11	0,017
CV total	2,9	0,6	13	24	4,6	25

Em relação à variação dos resultados dentro de uma mesma pilha, os resultados da Figura 1 para a absorção de água, por exemplo, mostram que esta variação é insignificante, mesmo tendo algumas amostras de uma mesma pilha se distanciando mais de 1% no resultado, o que pode ter ocorrido por variação no ensaio ou eventual imprecisão na coleta de sub-amostras, como, por exemplo, a não remoção de uma seção transversal completa da pilha. Resultados ainda melhores de variação dentro da mesma pilha foram conseguidos para o teor de finos < 75 µm. Assim, pode-se considerar que qualquer seção transversal da pilha foi bem representativa de suas características.

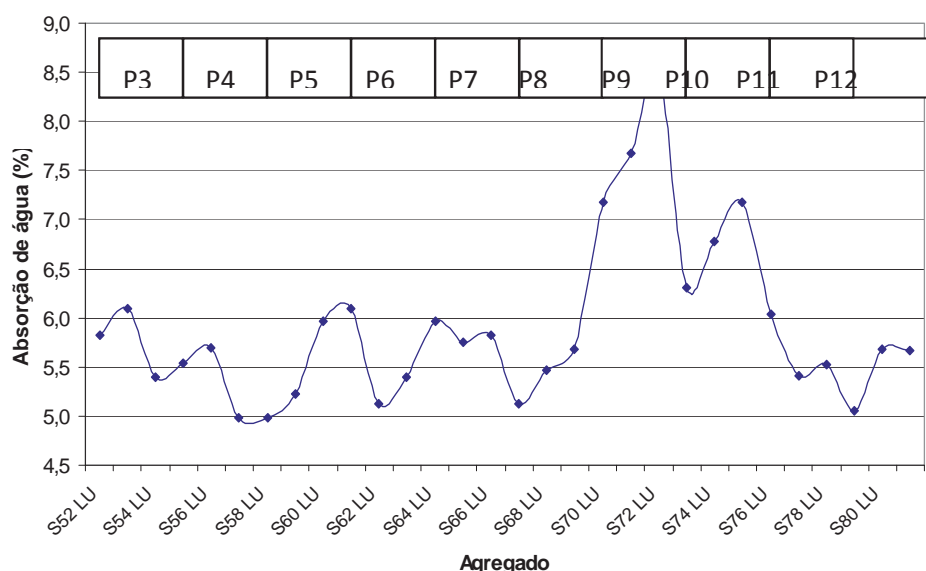


Figura 1: Resultados de absorção de água de todas as 30 sub-amostras, sendo que cada 3 resultados se referem a amostra representativa de uma pilha, no total das 10 formadas.

Comparativamente aos resultados obtidos sem lavagem e homogeneização, o teor médio de sulfatos solúveis, máximo e a amplitude de variação diminuíram, provavelmente, como um resultado positivo do processo de lavagem. Assim, os resultados dos ensaios químicos mostram que todas as 10 amostras de areia reciclada lavada possuem um baixo teor de sulfatos solúveis e sais solúveis totais, bem inferiores ao limite da NBR 15116/04. Pelos critérios do IGS - Institut für Gebäudeanalyse und Sanierungsplanung München GmbH - a maioria das amostras podem ser classificadas como de Nível 1, com pequeno risco de danos.

A redução de variabilidade da relação água/cimento efetiva e da relação água / materiais secos efetiva (Tabela 2) se deve à redução da variabilidade da absorção de água dos agregados, obtendo-se resultados satisfatórios.

Tabela 2: Variabilidade das propriedades no estado fresco das argamassas feitas com 10 pilhas de homogeneização de areia reciclada lavada em classificador espiral.

	H efetivo	Relação a/c efetiva	Consistência	Densidade de massa fresca	Consumo de cimento	Teor de ar aprisionado
	%	kg/kg	mm	kg/m ³	kg/m ³	%
Mínimo	19,8	1,98	277	1733	138	2,6
Máximo	21,7	2,17	346	1924	153	12,3
Amplitude	1,9	0,19	69	191	15	9,7
Média	21,3	2,13	318	1850	147	6,6
DP total	0,6	0,06	18	62	5	3,2
CV total	2,9	2,9	5,7	3,4	3,4	48

Teria sido possível manter a consistência das argamassas na amplitude de variação de 50 mm se não fosse a pilha P8 com valor máximo de índice de consistência de 346 mm, sendo os resultados de suas 3 sub-amostras discrepantes na correlação entre o índice de consistência da argamassa e a absorção de água do agregado. O valor discrepante de consistência da pilha P8 pode ser explicado pela influência de duas outras propriedades: baixo teor de finos < 75 µm (menor valor obtido, de 1,4%) e alto teor de ar aprisionado (valor máximo de 12%).

A Tabela 3 apresenta um resumo dos resultados de caracterização das argamassas no estado endurecido. Comparando as amplitudes de variação dos resultados obtidos com as especificações nacionais e internacionais, pode-se afirmar que:

- a resistência à compressão variou numa amplitude de 3 MPa, inferior ao definido pela prEN 998-1/93;
- a resistência à tração na flexão variou entre 0,39 e 0,79 MPa, dentro da classificação 1 da MERUC e da NBR 13281/05 que especificam argamassas com resistência < 1,5 MPa;
- o módulo de elasticidade variou entre 1,4 e 3 GPa, se enquadrando com folga na classificação 1 da MERUC (< 5 GPa), ainda que os valores devam ser comparados com certa reserva, uma vez que aqui o módulo foi determinado por ultrassom e na MERUC por ressonância;
- a densidade de massa endurecida variou numa amplitude de apenas 175 kg/m³, bem inferior aos limites da MERUC de 400 kg/m³.

Tabela 3: Caracterização das argamassas no estado endurecido feitas com as 10 pilhas de areias recicladas produzidas na usina de Socorro, com lavagem em classificador espiral e formação de pilhas de homogeneização.

	Resistência à tração na flexão	Resistência à compressão	Módulo de elasticidade dinâmico	Retração por secagem 30 dias	Densidade de massa endurecida	Absorção capilar
	Mpa	MPa	GPa	10 ⁻⁶ mm/mm	kg/m ³	kg/m ² em 24 h
Mínimo	0,39	2,1	1,4	2603	1330	14
Máximo	0,79	4,9	3,0	4310	1505	19
Amplitude	0,40	2,8	1,6	1707	175	5
Média	0,57	3,6	2,2	3355	1446	16
DP total	0,13	0,8	0,4	481	62	1,9
CV total	24	23	20	14	4	12

Houve uma redução na amplitude de variação dos resultados, principalmente da resistência à tração na flexão, onde a amplitude de apenas 0,40 MPa pode ser considerada bem satisfatória. Aliás, esta redução maior de amplitude de variação na resistência à tração do que na resistência à compressão pode ter sido resultado da redução da variação dos finos < 75 µm, que causaram menor microfissuração das argamassas.

Com a redução da variação do teor de finos < 75 µm foi possível manter a resistência à

compressão no limite de amplitude de 3 MPa.

A Tabela 4 destaca a reduzida amplitude de variação das propriedades de absorção de água e teor de finos < 75 μm , o que é uma comprovação da eficiência do sistema proposto. Também os resultados de massa unitária e densidade de massa fresca podem ser considerados de baixa amplitude de variação quando se trata de areia reciclada.

Tabela 4: Resumo comparativo dos resultados obtidos com e sem os processos de lavagem e homogeneização.

	Massa unitária kg/m ³	Teor de finos < 75 μm %	Absorção de água %	Resistência à compressão MPa	Densidade de massa fresca kg/m ³
Lavagem e homogeneização	1148 a 1244	1,4 a 3,2	5,4 a 7,8	2,0 a 5,0	1733 a 1924
Processo tradicional - sem lavagem nem homogeneização	1079 a 1283	13,1 a 30,1	-	1,4 a 4,3	1678 a 1902

Pela Tabela 5 observa-se que, com exceção da relação a/c total da argamassa produzida com a amostra P4, as demais propriedades das argamassas nos estados fresco e endurecido não apresentaram variações significativas. Apenas os resultados da argamassa de cimento, cal e areia de rio (REF), foram bem superiores, devido ao seu baixo consumo de água.

Tabela 5: Caracterização das argamassas utilizadas na produção de revestimentos com areia reciclada lavada e homogeneizada.

Argamassa (areia reciclada)	Teor total de finos < 75 μm % de massa, mat. seco	Dosagem (massa úmida)	Rel. a/c total kg/kg	Densidade de massa		Tração na flexão MPa)	Com-pressão MPa	Fissuração do revestimento cm/m ²
				Fresca kg/m ³	Endur. kg/m ³			
P3	22,0	1:1:8,9	2,9	-	-	-	-	18
P4	22,2	1:1:8,7	2,5	1910	1566	0,66	2,72	23
P5	22,5	1:1:9,1	3,1	-	-	-	-	19
P6	21,5	1:1:8,9	2,9	-	-	-	-	10
P8	21,1	1:1:9,0	3,1	1950	1573	0,65	2,57	0
P9	21,7	1:1:8,9	2,9	1910	1532	0,49	2,10	9
P10	21,6	1:1:9,2	3,2	-	-	-	-	0
P11	22,3	1:1:9,1	3,2	-	-	-	-	80
P12	21,4	1:1:9,2	2,9	-	-	-	-	0
REF	23,0	1:1:8,7	1,9	2040	1711	1,25	4,09	71

Os testes de aderência ao substrato nos painéis P3 e P7 tiveram como resultados médios os valores de 0,30 e 0,31 MPa, respectivamente, mostrando boa aderência.

Os revestimentos apresentaram boa resistência superficial e baixo nível de fissuração. O grau de fissuração obtido foi sempre abaixo de 30 cm/m² e este pode ser considerado aceitável. Além disso, as fissuras que surgiram nos revestimentos, foram de abertura menor que 0,4 mm, são quase imperceptíveis ao olho nu e não causariam problemas para a pintura.

4 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a utilização de um classificador espiral para remoção dos finos da areia reciclada e do homogeneizador desenvolvido aqui para formação de pilhas de agregados foram duas alternativas extremamente úteis para redução da variabilidade, obtendo-se resultados satisfatórios para os agregados, argamassas e revestimentos.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPESP; à empresa Irmãos Preto Ltda.; à Escola Politécnica da USP, ao BNDES e à Universidade Federal do Paraná.

REFERÊNCIAS

Aguiar, G. 2004 Estudo de argamassas com agregados reciclados contaminados por gesso de construção. 201p. Dissertação (Mestrado) - São Paulo:Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Carasek,H.; Scartezini, L.M.B. 1999 Evolução da resistência de aderência dos revestimentos de argamassa mista. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Livro de actas* 503 – 515 Vitória.

Miranda, L.F.R. 2000 Estudo de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado. 172p Dissertação (Mestrado) São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Miranda, L.F.R. 2005 Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos Classe A da construção civil. 441p Tese (Doutorado) São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Selmo, S.M.S. 1989 Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios. 202p. Dissertação (Mestrado) São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Envelhecimento natural de revestimentos “frios” e convencionais após 2 anos de exposição em ambiente marinho

Isabela Libório M. da Silva

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, Brasil.

Isabela.liborio@usp.br

Kai Loh

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, Brasil.

Kai.loh@usp.br

ABSTRACT: The temperature inside the buildings can decrease by the use of reflective coatings on roofs and facades. The major problem about the system thermal performance is sustaining the original visual aspect and properties. Durability can be related to transformations of materials and components over time, the durability may vary according to nature of use and exposure environment, the following items can be listed as durability issues: deposition of atmospheric pollution, microbial colonization and human action, such as graffiti. This paper presents natural aging results from "cool" and conventional coatings, which was exposed for 2 years in the marine environment. It was observed significant change in appearance, color and reflectance in the coatings after exposure.

Keywords: Paints, reflective paints, durability in marine environment, color and solar reflectance.

RESUMO: A utilização de revestimentos refletivos em componentes de coberturas e fachadas pode diminuir a temperatura no interior das edificações. Um dos grandes problemas observados em relação ao desempenho térmico desse sistema é a manutenção do aspecto e das propriedades originais. A durabilidade está relacionada às alterações que os materiais e os componentes sofrem ao longo do tempo e que variam de acordo com o tipo de uso e o ambiente em que estão expostos resultando em: degradação de por ação de radiação UV, de chuvas e umidades, colonização microbiológica, deposição de poeiras e poluentes atmosféricos e ação do homem como a pichação. Este trabalho apresenta os resultados de envelhecimento natural de revestimentos “frios” e convencionais expostos há 2 anos em ambiente marinho. Foram realizados ensaios de avaliação visual e medidas instrumentais de refletância e cor nos corpos-de-prova, pintados em sem pintura, sem exposição e após a exposição ao envelhecimento. Foi possível observar alteração significativa no aspecto, na cor e refletância dos corpos de prova.

Palavras-chave: Tintas, tintas refletivas, durabilidade em ambiente marinho, cor e refletância.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Durabilidade de tintas

A durabilidade é a capacidade de um material manter o seu desempenho ao longo do tempo, quando exposto a condições normais de uso. Ela é o resultado da interação entre o material e o ambiente que o cerca (John; Sato, 2006). Qualquer variação no microclima interfere na durabilidade dos materiais, portanto, um mesmo material apresentará diferentes alterações quando exposto em diferentes locais, principalmente em países de grandes dimensões onde a variação de microclimas é muito grande. O Brasil está dividido em 8 zonas bioclimáticas, mas estudos apontam (Loh, 2014) que mesmo em pequenas distâncias (menos de 300km) é possível verificar grande diferença na durabilidade de um mesmo material exposto em cidades vizinhas.

Na degradação da película da tinta, há alteração das propriedades físico-químicas e mecânicas como coloração, brilho, manchas esbranquiçadas ou escuras, pulverulência, fissuras, aumento de porosidade da película, etc. (Loh, 2007). A radiação UV, juntamente com o oxigênio e água, são os três agentes principais que induzem a degradação dos polímeros orgânicos. (Clive 1992). Nas pinturas aplicadas em fachadas de edifícios é possível observar descoloração causada pela ação da radiação solar, chuva ácida, bem como colonização microbiológica, biodeterioração e outras alterações na estética, devido á deposição de pó e outros poluentes atmosféricos (Shirakawa 2010, apud Kitsutaka e Kamimura, 1993).

1.2 Durabilidade e manutenção da propriedade refletiva das pinturas “frias”

No Brasil ainda não existe uma norma que regule valores restritivos para a especificação de cobertura “fria” e há poucos dados sobre manutenção das propriedades refletivas dos materiais aplicados em componentes de fachadas e coberturas. Nos Estados Unidos há o programa de incentivo ao desenvolvimento de produtos e práticas que visam à proteção ambiental e a eficiência energética (ENERGY STAR), onde concede o certificado de cobertura fria (“cool roof”), a uma superfície que apresente refletância solar inicial de 0,65 e após três anos de exposição, apresente refletância acima de 0,50 (ENERGY STAR, 2009).

Um estudo realizado com 10 tipos de telhados na Califórnia mostrou que a refletância destes “materiais frios” pode diminuir ao redor de 15% no primeiro ano de exposição ao meio ambiente (Levinson et al, 2005). As superfícies de cores escuras apresentam valores mais baixos de refletância em comparação às superfícies com cores claras, porém quando expostas, as pinturas claras tendem a apresentar maior queda na refletância, causadas pela deposição de sujeira e desenvolvimento de microrganismos, que as pinturas de cores escuras (Castro, 2003). A exposição ao meio ambiente reduz a refletância mesmo com limpeza periódica por isso a elevada importância de avaliação da sua durabilidade (Levinson et al, 2005) quando há necessidade de se manter a sua refletância inicial.

1.3 Métodos de avaliação de durabilidade

A durabilidade é medida comparando-se o aspecto e as propriedades dos materiais antes e após exposição em ambiente natural ou em laboratório usando um equipamento que simula a o envelhecimento natural (envelhecimento acelerado), esses equipamentos apresentam degradação por UV e condensação em ciclos especificados em Normas, com horas e temperaturas definidas. Neste trabalho foi utilizado o envelhecimento natural que consiste em um sistema de exposição de materiais, onde as amostras ficam expostas ao ambiente natural, as estações de envelhecimento devem ter os dados climáticos bem caracterizados e é muito importante a avaliação de tipo de degradação correlacionada ao tipo de ambiente de exposição, por isso é indicado que as mesmas amostras sejam expostas em diferentes situações de exposição e diferenças climáticas, ex.: atmosfera marítima, urbana, rural, industrial.

O ensaio de envelhecimento natural reproduz a ação do meio ambiente nas condições de exposição, o envelhecimento está relacionado às condições meteorológicas e ao período de exposição, essas condições não são plenamente reprodutíveis. O ensaio acelerado expõe os materiais, a ação severa de alguns agentes de intemperismo dispostos em ciclos controlados de luz, calor, umidade e agentes agressivos. Esses ensaios podem ser utilizados de maneira combinada em estudos para fim de comparação entre os sistemas, porém, geralmente seus resultados não apresentam correlação ou equivalência. Para avaliação de durabilidade os materiais são submetidos a ensaios, antes e após exposição ao envelhecimento, onde são realizadas avaliações qualitativas (inspeção visual) e medidas instrumentais que determinam características específicas dos materiais. Os ensaios mais utilizados para a avaliação de alterações no aspecto e no desempenho térmico das pinturas são: refletância, emissividade; cor; análise visual e por microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura.

Neste trabalho foram apresentados resultados de um estudo, em andamento, de envelhecimento natural em meio ambiente marinho, na cidade de Ubatuba, por ser um ambiente de elevada agressividade. Foram realizados: análise visual, análise por microscopia óptica, refletância solar e medida de cor. Os ensaios de microscopia eletrônica de varredura e emissividade serão realizados nas pinturas após 3 anos de exposição.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais

2.1.3 Amostras de tintas

Foram estudados dois grupos de tintas: Tintas “frias”, produzidas nos laboratórios da Escola Politécnica da USP e tintas convencionais linha “Premium”, adquiridas no mercado. Os dois grupos de tinta são à base de resina estireno acrílico, acabamento acetinado (PVC 30%) ambas, recomendadas para uso exterior, nas cores: branco, cinza, amarelo e marrom, cores comumente utilizadas na construção civil para revestimentos de fachadas e coberturas.

2.1.4 Corpos-de-prova

As tintas foram, aplicadas em placas (11,5 x 8cm) de fibrocimento (sem amianto), previamente revestidas com uma demão de fundo selador. Foram aplicadas duas demãos de pintura com pincel, conforme indicação do fabricante. Corpos-de-prova sem pintura serão usados como referência para envelhecimento de telhas sem pintura.

2.2 Métodos

2.2.1 Exposição ao envelhecimento natural (EEN) em Ubatuba

Os corpos-de-prova, pintados e sem pintura, foram expostos em “racks” (Figura 1) na estação de envelhecimento natural (EEN) em Ubatuba, em ambiente marinho por dois anos. Os dados de envelhecimento natural após seis meses foram publicados por Loh, et al (2014).



Figura 1. Corpos-de-prova expostos EEN Ubatuba Dados ambientais:

Ubatuba: ambiente marinho, com atmosfera salina: Localizada na Base Oceanográfica Clarimundo de Jesus em Ubatuba, São Paulo do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP). A estação esta situada no litoral norte do Estado e tem como coordenadas: latitude -23° 30' 1.44" S e longitude -45° 7' 8.45" W.

Tabela 1. Dados ambientais anuais

Site	Latitude	Longitude	Temperatura (°C)			Pluviosidade (mm)
			Média	Maximo	Mínimo	
Ubatuba	23°26'S	45°04'W	22,4	27,0	17,7	2653

2.3 Ensaios realizados após 1 e 2 anos de exposição.

- Avaliação visual: Realizada de acordo com a Norma ASTM D3274 – 09. Este método determina a forma de análise do desenvolvimento de fungos e algas, acúmulo de solo e de sujeiras em pinturas. As alterações visuais foram determinadas a olho nu, com base nas normas ASTM D 662 e ASTM D 661. Elas são classificadas pela intensidade dos possíveis defeitos, tais como calcinação, a formação de bolhas, fissuras, erosão, desenvolvimento de microrganismos, retenção de sujeira, perda de aderência, etc.
- Observação por microscopia óptica: As imagens foram obtidas em microscópio Olympus, BX60M, com luz refletida e objetiva de 10X de aumento.
- Refletância solar: Determinada de acordo com a Norma “ASTM C 1549-04”. O equipamento utilizado foi o espectrômetro portátil da marca Device modelo SSR-ER.
- Determinação de cor: Realizado conforme a norma ASTM D 2244-89, usando o equipamento portátil de marca Byk Gardner, geometria 45/0. As cores foram determinadas usando o sistema de cores desenvolvido por pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE) onde são quantificadas conforme as seguintes coordenadas: L*: Luminosidade – refere-se ao nível entre escuro e claro, indo de preto (L*=0) a branco (L*=100); a*: escala de vermelho a verde, com valores positivos para cores avermelhadas e negativos para cores esverdeadas; b*: escala de amarelo a azul, com valores positivos para cores amareladas e negativos para cores azuladas.

3 RESULTADOS

3.1 Avaliação visual

As imagens utilizadas para avaliação visual estão apresentadas na Figura 2, as alterações observadas foram descritas de acordo com os parâmetros da ASTM D3274, conforme a seguir:

Crescimento Pontual – S (Spot Growth); Espalhamento não uniforme – P (Non Uniform Spread); Cobertura Completa - G (Complete Coverage).

Após 2 anos de envelhecimento natural todos os corpos-de-prova pintados apresentaram elevada retenção de sujeiras, e as pinturas nas cores branca e cinza ainda apresentaram escurecimento. Já a pintura convencional amarela, apresentou elevada modificação de cor (observou-se desbotamento) em relação ao aspecto inicial da pintura. As pinturas de cor marrom, em ambos os grupos, “frio” e convencional, também apresentaram alteração de cor (desbotamento). Os corpos-de-prova de referência (sem pintura) foram os que apresentaram maior escurecimento e depósito de sujidades. Foi observado eflorescência, depósito de sais nas pinturas de cor marrom, nos dois grupos, e nas pinturas convencionais amarelas. Não foi observado alterações do tipo: formação de bolhas, fissuras ou perda de adesão.



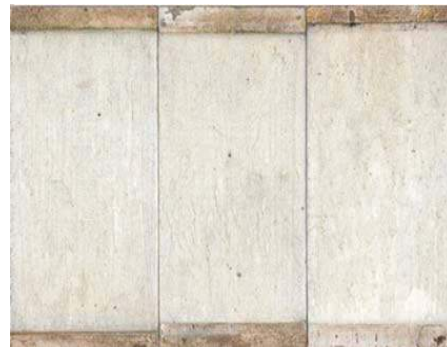
Pinturas antes do envelhecimento



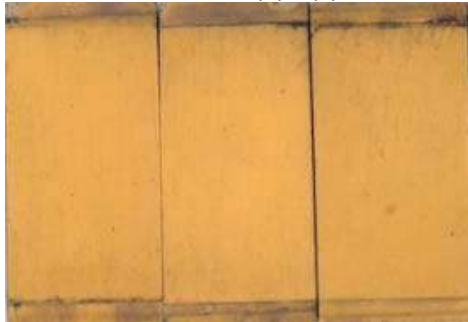
Referência (sem pintura) – (G)



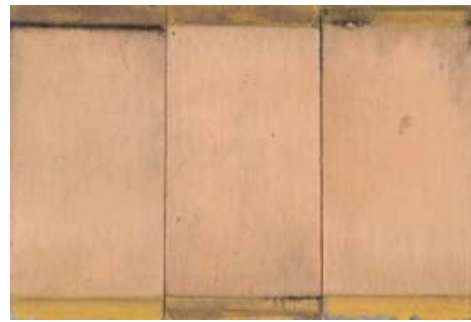
Pintura branca “fria” – (P) e (S)



Pintura branca mercado – (P) e (S)



Pintura amarela “fria” – (P) e (S)



Pintura amarela convencional - (P) e (S)



Pintura cinza “fria” - (P) e (S)



Pintura cinza convencional - (P) e (S)



Pintura marrom “fria” – (S)



Pintura marrom convencional - (S)

Figura 2. foto corpos-de-prova novos e Imagens de scanner após 2 anos de envelhecimento em EEN de Ubatuba.

3.2 Imagens obtidas por microscopia óptica

Na Figura 3 estão apresentadas as imagens das pinturas obtidas no microscópio óptico.

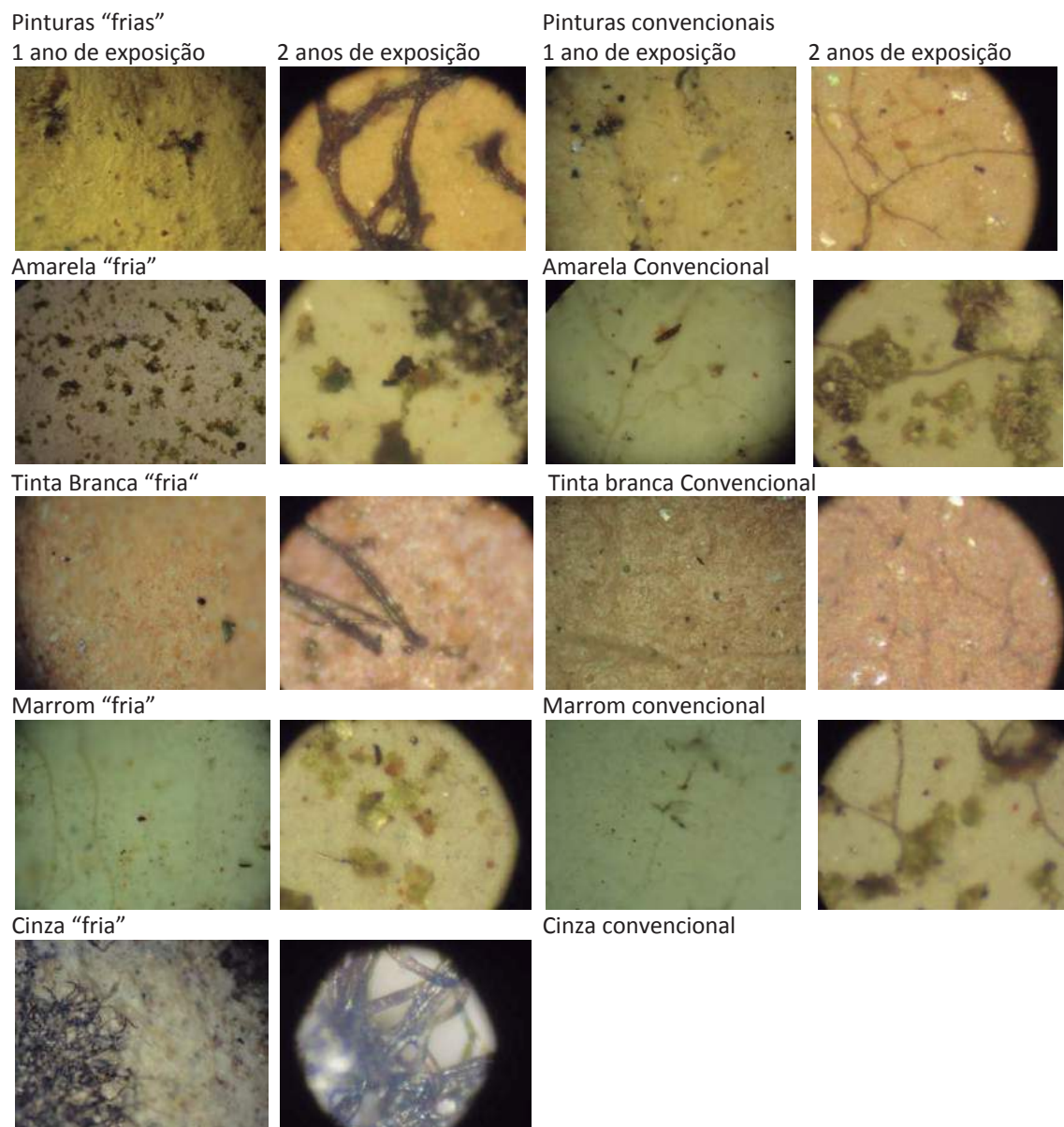


Figura 3. Imagens de microscopia óptica das pinturas após 1 e 2 anos de envelhecimento em EEN de Ubatuba.

Observou-se crescimento significativo de microrganismos nas películas de pinturas expostas após 2 anos. As imagens mostram crescimento e espalhamento dos microrganismos de modo mais intenso do que as imagens obtidas após 1 ano de exposição. As pinturas que, apresentaram maior colonização foram as de cor clara e no corpo-de-prova sem pintura, usado como referência. Os revestimentos de cor marrom apresentaram menor alteração do que os revestimentos claros.

3.3 Refletância Solar

Os resultados de refletância sem e após 1 e 2 anos de exposição na EEN estão apresentados na Figura 4.

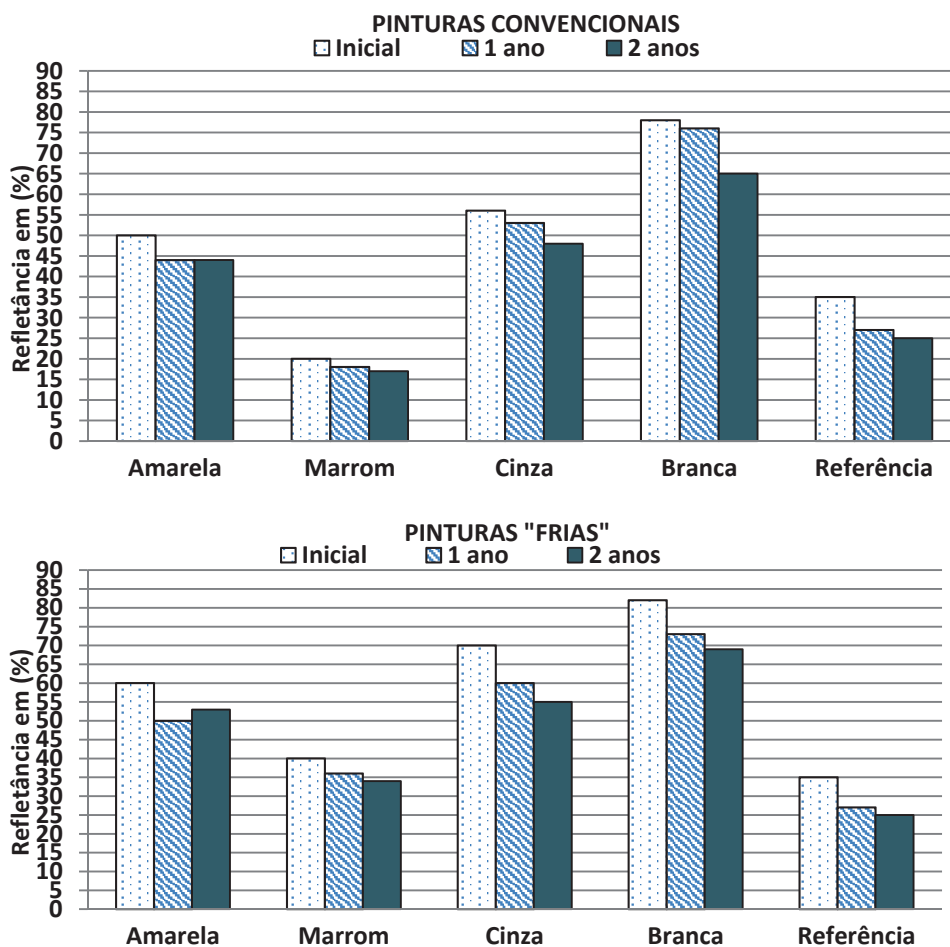


Figura 4. Gráficos de refletância de pinturas “frias” e convencionais expostas em EEN Ubatuba ao longo de 2 anos.

Os resultados mostram que houve expressiva alteração da refletância solar em ambos os grupos estudados, principalmente nas pinturas de cores claras.

Pinturas “frias”:

Amarela: Observa-se um decréscimo de 7% da refletância inicial para a refletância após dois anos de envelhecimento, entretanto, observa-se um aumento de 3% na refletância com dois anos de envelhecimento (53%) comparado ao valor de 1 ano de envelhecimento (50%), esse aumento pode ser devido ao depósito de sais observado no microscópio óptico (tabela 3). O valor obtido com dois anos de exposição (53%) não atende os requisitos para “cool” roofs do ENERGY STAR. Cinza: Foi a pintura que apresentou maior decréscimo no índice (15%) de 70% de refletância para 55%, após 2 anos de envelhecimento. Observou-se maior queda após primeiro ano de exposição (10%). Para o ENERGY STAR esse valor de refletância (55%) deveria ser mantido pelo menos até três anos de exposição. Marrom: Foi a pintura que menos sofreu variação, com valor inicial de 40% alterou para 34%, também obteve a maior queda após primeiro ano (4%), valor de 1 ano (36%). A pintura marrom “fria” tem como valor inicial de refletância 40%, duas vezes maior que o valor inicial da pintura marrom convencional (20%). Branco: Teve perda de (13%) em relação à refletância inicial de 82% para 69% após 2 anos de envelhecimento. Apesar de ter tido maior queda no primeiro ano de exposição (9%), essa pintura atende aos requisitos exigidos pelo ENERGY STAR.

Pinturas convencionais:

Amarela: apresentou uma queda de 6% da refletância inicial, de 50% para a final de 44%. O valor de 44% se manteve após o primeiro ano de exposição, isso pode ter sido causado pela deposição de sais na superfície, observada no microscópio óptico. Cinza: apresentou decréscimo de 8% em

relação á refletância inicial, de 56% para 48% após 2 anos de exposição, com a maior taxa no segundo ano de envelhecimento (5%). Marrom: apresentou a menor queda na refletância, de 3% comparando-se a refletância inicial de 20% com a final de 17%, com mesmo comportamento que a pintura marrom “fria”. Teve um decréscimo de apenas 2% no primeiro ano de exposição. O valor de refletância inicial da pintura marrom convencional não atende aos requisitos iniciais mínimos do ENERGY STAR. Branco: Apresentou maior decréscimo (13%), mesmo valor em relação à pintura branca fabricada em laboratório, com refletância inicial de 78% para 65% após 2 anos de exposição. Essa é a única pintura adquirida no mercado que, até agora, atende os requisitos do ENERGY STAR. Referência (sem pintura): Apresentou queda de 10%, após 2 anos de exposição.

As pinturas “frias” apresentam maior refletância em relação às pinturas convencionais: Para o amarelo 9% superior; cinza 7% superior; marrom 17% superior e branco 4% superior. A refletância do corpo-de-prova de referência observou-se perda de 10% na refletância inicial 35% para final de 25%, com maior perda no primeiro ano (8%).

3.4 Determinação de cor

A tabela 2 apresenta as medidas de cor sem e após 1 e 2 anos de exposição em EEN. Os resultados das medidas de cor após 1 e 2 anos de exposição mostram que houve alteração na cor comparado aos valores iniciais, sem exposição. A coordenada L (branco/preto) foi a que apresentou maior alteração, principalmente nas pinturas de cor clara. A pintura de cor branca e no corpo-de-prova referência, sem pintura apresentou escurecimento significativo. A coordenada b (faixa amarelo/azul), apresentou grande variação, principalmente na pintura de cor amarela do grupo convencional; essa variação pode ser resultado do desbotamento nas pinturas amarelas do mercado. As pinturas de cor cerâmica, tanto “frias” como convencionais, foram as que apresentaram menor diferença na cor, porém, houve um aumento de valor na coordenada L (branco/preto), que indica desbotamento ou depósito de sais, observados na avaliação visual.

Tabela 2. Resultados de cor pinturas “frias” e convencionais.

Sem exposição	1 ano de exposição			2 anos de exposição					
Pinturas “frias”									
	L	a	b	L	A	b	L	a	b
Cerâmica	47,7	18,2	15,8	47,6	17,14	14,3	48,9	15,5	12,5
Amarela	71,7	16,9	53,5	69,8	16,9	49,8	69,1	15,7	46,2
Branca	95,3	-1,46	2,75	92,7	-0,72	5,80	87,6	-0,30	9,30
Cinza	82,7	-0,25	-0,67	78,9	0,10	6,41	76,5	0,30	3,50
Pinturas convencionais									
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Cerâmica	45,9	17,8	17,9	45,0	16,7	16,0	50,0	15,0	14,2
Amarela	71,5	18,0	51,3	60,3	16,0	37,0	70,7	13,8	23,7
Branca	94,9	-1,60	1,80	93,0	-1,16	5,54	86,8	-0,50	8,50
Cinza	82,8	0,60	-1,54	82,2	-0,43	1,80	80,5	-0,70	3,05
Referência	65,0	0,60	4,7	58,0	0,50	6,30	48,0	1,70	6,70

4 COMENTÁRIOS

A substituição de pinturas convencionais por pinturas “frias” em fachadas e coberturas é comprovadamente eficiente na redução da temperatura no interior das edificações, e consequentemente diminui o consumo de energia elétrica para refrigeração dos ambientes. Porém, uma fina camada de sujidades ou início de colonização microbiológica pode afetar, de maneira expressiva, o desempenho da refletância das pinturas “frias”. Para entender esse fenômeno é necessários haver estudos com maior tempo de exposição em EEN. A cor possui uma expressiva relação com a eficiência térmica das películas de pintura, de modo que, cores

mais claras tendem a apresentar maiores valores de refletância (Castro, 2007). Portanto, a avaliação da degradação da cor de uma película de pintura é fundamental para determinação de vida útil de mercado, mas também de seu desempenho térmico. Vários estudos demonstram que é possível amenizar a redução da refletância, causadas pela deposição de sujidades e pelo crescimento microbiológico com limpezas periódicas. (Bretz; Akbari, 1997), (Syneffa, 2007), (Loh, 2005). O processo de avaliação periódica é muito importante para que se possa traçar um perfil de deterioração das pinturas em relação ao tempo e ao ambiente de exposição. Com 2 anos de exposição na EEN de Ubatuba observou-se queda na refletância, variação dos valores iniciais de medidas de cor e expressivo desenvolvimento de microrganismos. Os corpos-de-prova continuarão expostos na EEN de Ubatuba para dar continuidade ao estudo. Esse projeto conta com outras duas EEN localizadas no Estado de São Paulo: uma localizada na cidade de São Paulo e a outra na cidade de Pirassununga, onde estão expostos corpos-de-prova idênticos aos expostos em Ubatuba, eles ficarão por mais 1 ano para que os resultados possam ser comparados às Normas americanas de superfícies “frias”.

5 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que as pinturas “frias” apresentaram desempenho superior que as convencionais adquiridas em mercado, com valores iniciais de refletância mais altos. Essa tendência tem permanecido, até hoje com 2 anos de exposição. Com esse período de exposição, já é possível observar as diferenças causadas pelo meio onde as pinturas estão expostas, como por exemplo: tipo de colonização microbiológica. Também é visível a degradação de alguns tipos de pintura como alteração de cor (desbotamento), análise visual, e alteração significativa das coordenadas (L a b). A não conformidade de algumas pinturas com os valores apresentados no programa ENERGY STAR, só reforçam a necessidade de haver um programa que fornece um selo regulador brasileiro. No Brasil, os estudos sobre durabilidade de materiais, revestimentos e pinturas devem contemplar os diferentes microclimas existentes no país, já que as regiões brasileiras apresentam diferenças expressivas, entre si, de temperatura e umidade. É necessário que os testes de envelhecimento levem em consideração essas diferenças bioclimáticas para a determinação de critérios de utilização e durabilidade de pinturas para todo o país. Um mesmo material apresenta funções desempenho vs. tempo diferentes para diferentes condições de exposição. (John, V. Sato, N. 2006). As tintas “frias” apresentam os mesmos problemas observados nas tintas convencionais após 2 anos de exposição: deposição de sujidades, perda de refletância e crescimento de microrganismos, conforme observado nos resultados apresentados. Após 2 anos de exposição a queda da refletância mostrou-se proporcional em ambos os grupos. Ainda não é comprovado que pinturas “frias” tenham maior durabilidade que as pinturas convencionais, por isso há necessidade de realizar estudos com maior tempo de exposição.

6 AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro recebido durante o desenvolvimento do Projeto FAPESP Proc. 2009/18246-0 e que permitiu a preparação das tintas do estudo e iniciar os estudos de durabilidade.

REFERÊNCIAS

ASTM D 662 (2011). *Standard Test Method for Evaluating Degree of Erosion of Exterior Paints*

ASTM D 661 (2011). *Standard Test Method for Evaluating Degree of Cracking of Exterior Paints.*

ASTM E 632-81 (1981). *Standard Practice for Developing Accelerated Tests to a Prediction of the service Life of Building Components and Materials.* American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM D2244: *Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color and Coordinates.* West Conshohocken, PA, USA, 2002.

ASTM D3274 – 09: *Standard Test Method for: Evaluating Degree of Surface Disfigurement of Paint Films by Fungal or Algal Growth, or Soil and Dirt Accumulation.*

Akbari, H.; Levinson, R.; Miller, W.; Berdahl, P. Cool colored roofs to save energy and improve air quality. in: *International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*, Santorini, Greece (2005).

Akbari, K.; Desjarlais, A. *Cooling down the house: residential roofing products soon will boast “cool surfaces”*. Professional Roofing. March, (2005) 32-38. Available in <http://www.professionalroofing.net/> . November 2007.

Batzill, M., Diebold, U. *The surface and materials science of tin oxide*. Science Direct, 2005.

Berdahl, P., Akbari, H., Levinson, R., Miller, W. Weathering of roofing materials – An overview. Science Direct, 2006.

Bretz, S, E; H. Akbari, *Long-term performance of high-albedo roof coatings. Energy and buildings*. 25 (1997) 159-167.

Castro, A., Labaki, L., Caram, R., Basso, A., Fernandes, M. Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral. *Ambiente Construído*, 2003.

CIB W080 - WG3 Test Methods For Service Life Prediction. CIB Report: Publication 331. State Of The Art Report On Accelerated Laboratory Test Procedures And Correlation Between Laboratory Tests And Service Life Data.

Clive, H. The Degradation of Coatings by Ultraviolet Light and Electromagnetic Radiation Anatomy of Paint. *Journal of Protective Coatings & linings*, 1992.

Kitsutaka, Kamimura. Formula for the discoloration of external building materials. S. Nagataki, T. Nireki, F. Tomosawa (Eds.), *Durability of Building Materials and Components 6*, E&FN Spon (1993), pp. 707–714

Gaylarde, C. C., Morton, I. H. G., Loh, K., and Shirakawa, M. A. 2011. Biodeterioration of external architectural paint films - A review, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65:1189-1198.

Ibracon, (2007), *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais*. São Paulo. Ed. Geraldo Cechella Isaia. Cap. 44 Tintas na construção Civil, pg. 1465 a 1504. Autora Kai Loh.

Ikematsu, P. Estudo da refletância e sua influência no comportamento térmico de tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes. Dissertação de Mestrado, departamento de engenharia de construção Civil, Universidade de São Paulo, (2007).

John, V. M; Sato, N. M. N. Durabilidade de componentes da construção. *Construção e Meio Ambiente*, 2006.

John, V., Sjöström, C., Agopyan, V., *Durability in the built environment and sustainability in developing countries*, 9th Conf. Durability of Building Materials. Brisbane. 2002.

Lamberts, R.; Dutra, I.; Pereira, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997. 192p.

Levinson, R., Akbari, H., Berdahl, P. Solar spectral optical properties of pigments— Part I: model for deriving scattering and absorption coefficients from transmittance and reflectance measurements. Science Direct. 2005.

Levinson, R., Berdahl, P., Berhe, A., Akbari, H. Effects of soiling and cleaning on the reflectance and solar heat gain of a light-colored roofing membrane. Science Direct. 2005.

Loh, K.; Sato, N.; Silva, I. Use of Functional Particles in Coatings to Improve Thermal Comfort Inside Buildings. COBEE, The Second International Conference on Building Energy and Environment. Boulder - Colorado. 2012.

Loh, K; Sato, N.; Silva, I. Durability of cool and conventional colored coatings after six months exposure at different environments. XIII International Conference on Durability of Building Materials and Components, 2014. S Paulo, Brasil.

Ryan, M. Introduction to IR- Reflective Pigments. Shepherd Color Company. (2005). <http://www.shepherdcolor.com>.

Santamouris, M.; Pavlou, K.; Seneca, A.; Niachou, K.; Kolokotsa, D. Recent progress on passive cooling techniques: Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households. *Energy and Buildings*. Vol 39, (2007) 859-866.

Shirakawa, M., Tavares, R., Gaylarde, C. Taquedad, M., Loh, K., John, V. Climate as the most important factor determining anti-fungal biocide performance in paint films. *Science of the Total Environment*. 2010.

Synnefa, A.; Santamouris, A.; Apostolakis, K. On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for urban environments. *Solar Energy*. Vol. 81, (2007) 488-497.

Synnefa, A.; Santamouris, M.; Akbari, H. Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions. *Energy and Buildings*, v. 39, p. 1167-1174, 2007.

Uemoto, K. II Simpósio Nacional de Materiais de Construção. Durabilidade Dos Materiais E Componentes De Construção Civil, 1988.

CHAPTER 21 | CAPÍTULO 21 | CAPÍTULO 21

Education for sustainability

Educação para a sustentabilidade

Educación para la sostenibilidad



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Learning by playing, growing creatively

Antonella Violano

Second University of Naples, Department of Architecture and Industrial Design "L. Vanvitelli", Aversa (CE), Italy
antonella.violano@unina2.it

Mariarosaria Strollo

University of Naples "Federico II, Department of Humanities Studies Department, Napoli, Italy
mariarosaria.strollo@unina.it

Francesca Verde

Second University of Naples, Department of Architecture and Industrial Design "L. Vanvitelli", Aversa (CE), Italy
francesca.verde@unina2.it

ABSTRACT: A playground for children in an urban no-space becomes an opportunity to experiment the principle of "Environmental Friendly Behaviour", transforming it into an "eco - social game" in order to disseminate eco-oriented messages playing.

Keywords: Education; Sustainability.

1 THE EXPERIMENTAL DESIGN RESEARCH (by A. Violano)

1.1 The Concept Design

This paper presents the design proposal of an experimental research conducted in the context of university teaching of the Laboratory of Indoor Sustainable Technologies (Professor: A. Violano) at the Second University of Naples, in collaboration with the Laboratory of Epistemology and practice of education (Professor: MR Strollo) at the University of Naples Federico II (www.lepe.unina.it) which was attended by 70 students.

The research involved the rehabilitation of an urban void without quality. In all cities, there are some worthless anonymous areas, urban spaces of "social diversity" that do not have the warmth of lived, crossing points that could be reabsorbed into the urban metabolism and might become useful spaces. Architecture can help giving quality to these places, in order to make them points of attraction for socializing, public equipment for leisure. A lively debate has been created about the redevelopment of those urban residual sites and the importance of turning a need into an opportunity: to redevelop converting the current urban "non-places" into playgrounds, vital and comfortable places, useful to the youngest segment of the local community, where children playing can also learn the best practices of an environmentally conscious behaviour. In fact, the design of a playground for children aged 2 to 6 years in this public space becomes the opportunity to experiment the rules of the technological design based on the principle of "Environmentally Friendly Behaviour".

The playground design conceptually interprets the sustainability definition given by a group of children, who explain in an intuitive, immediate and extremely complete way, a so complex and intangible concept: the Sustainable Development.



Figure 1. Children's designs about Sustainable Development concept

For example, according to the interviewed children, the Sustainability is...

- ... like a circle- it goes around and all is re-used
- ... taking care of the planet and its creatures
- ... using the renewable energy of the sun
- ... knowing what the time is and giving it the right value
- ... making rules we can all follow
- ... don't forgetting that before to be a table that wood was a tree
- ... doing many discovery useful to the humanity
- ... a spider web that traps all the bad things
- ... making the world a better place for the future.

The designers, after choosing one definition among these as a slogan of the project, are aimed at coherently and "funny" communicate the message about sustainability and environmental awareness. It happens through the plan distribution of children areas, the technological solutions e the used materials, form cradle to grave. Even the plays were designed according to eco-oriented messages that must be communicated to children.

1.2 The design rules according the Genius Loci

Physical environmental factors (habitat, the biotic and abiotic environment, climate, sunshine, sounds, etc.) influence and determine the human (physical and psychological reactions) behaviour of the direct users.

The UNI Norm 11123:2004 provides basilar instruction for playgrounds and outdoor games; in fact, it suggests to contemplate the macro-environmental context (pain, hill, mountain, sea) before designing a playground, it also highlights the importance of its use during every season.

The different areas for activities are located tanks to the in-depth study of the site, reading the environmental features (climate and microclimate), the human features (fruition system and uses mix) and the natural or physical constraints in order to define the design choices. The site analysis gives the essential elements to organize the areas and the activities, meeting a twofold requirement of amusing play satisfaction and, at the same time, assure the use of the square in a more or less dense urban fabric.

The playground equipment is differently located in relationship with shading and orientation in order to prevent the overheating on metal or plastic surfaces (UNI Norm 11123:2004, 5.1 point). For this reason they need some sunny, no windy and rainfall protected areas in winter, and some shading and windy areas in summer. The thermo-hygrometric and bioclimatic comfort is the first requirement to develop an appropriate design. The design experimentation uses the *Site Matrix tool* (Grosso, 1997) that systematizes the sun and wind features aiming to define the climate quality of design area, during summer and winter and in significant day hours (9.00 a.m., 12.00 a.m.; 3.00 p.m.). According to this approach, the design of the open space is not only the use of

appropriate technologies. It requires a strong analysis and understanding of the relationship between space and technology, the need for complex training and integrated planning processes to achieve sustainable results.

1.3 Eco-oriented materials

The playground and the playing elements are conceived according to sustainability principles and following an environmental awareness approach also regarding to the materials' choice. The materials are selected according to their eco-friendliness, considering their whole life cycle from cradle to grave. Then the materials are collected according to their origin, their use (operating phase) and their disposal. Therefore, all materials are recycled/recyclable/ renewable and with a life cycle with minimum environmental impact.

Moreover, the senses strengthening and the creative play are prerogatives for the material selection, with the use of Natural materials (sand and clay, water, stones, bark, wood, gravel, grass..) and ground movements (hills, dips, coves, recesses..), ensuring the adults control (UNI Norm 11123:2004, point 4.8). According to the bioclimatic design, the water and sandy surfaces need to be in sunny and no windy areas during winter, and if it's possible rainfall protected; but during summer the water areas need sunny and wind and the sandy ones need only good ventilation and sun protection (UNI Norm 11123:2004, point 5.7).

1.4 Playful learning opportunities

"A creative playground is only half a creative space; it's also a creative attitude. And we're changing attitudes as much as we're changing spaces" (Jay Beckwith, 1973). Therefore, the goal is not only the re-use of an urban no-space. The project aims to convert the function in playful learning opportunities. The child learns through his experiences playing and winning the sensory environment that surrounds him and he makes it own, increasing his knowledge. Therefore, the playground is transformed into an "eco - social game ", with which the seed of environmental awareness in the younger generations germinates.

The playground, in the experimentation aim, is not the place for only physical activities, but a place where is possible to creatively think, creatively search, creatively discover, and creatively learn. The children are active main actors in knowledge process, and it involves the pedagogical request of a both mental and physical place. The design of a playground is an opportunity to create places that allow children in developing their creative potential, their physical abilities and their curiosity through exploration alone or in groups. So the plays are conceived with educational meaning, aimed at stimulating and strengthening eco-oriented cognitive capabilities. Each play is designed to strengthen particular mental processes, in terms of knowledge, competences and skills in environmental sphere.

Some plays regarding the knowledge and comprehension concepts were:

- the definition and collection of shapes and colours, different in dimension and material, in order to communicate correct environmental behaviours;
- the use of poor materials, "unstructured", recovered, not traditional plays but common use objects, in order to stimulate the heuristic play. It is conceived as a spontaneous exploration activity of the child, but it is educative for recycling;
- the identification of figures in association or difference, aiming at distinguishing good and bad environmental behaviours.

Therefore, the comprehension of environmental concept by playing is due to the multisensory exploration and the capability of reaction linking, through comparison, distinction, classification and differentiation (between big and small, short and long...). Children apply processes and learn rules, by identifying the objects and their use (associative relations), by recognising the mutual

positions and the distances (space relations), organizing symbols in space or time, or realizing transformations and connections, for example, they can imagine what happens if a plastic bag is wasted in a forest or if a bottle in the sea.

Even the intelligent use of elementary geometrical shapes and colours allows developing the sensory incentive and the logical connection between shape-colour-action-reaction, with simply and univocally clear cause-and-effect relation. The design theme of colour is particularly central for optimising the perception and awareness. The colour as a physical phenomenon becomes neural signal and sensory impression. In fact the "perception and the chromatic receptiveness have objective basis, although each person sees, hears and evaluates the colours in an absolutely subjective way" (Itten, 2007). Therefore, according to cognitive vision, each chromatic incentive is characterized by four variables: tone, saturation, contrast and brilliance. The effective combination supports the creative factor development and the sensory perception of materials and volumes, through the empirical method of intuition and subjective cognitive experience. In some cases, the cultural heritage is a basilar theme. The prehistory and the history, the biology, the human geography, as an instance, can create a complex tool aimed at methodology research in order to realize "cognitive maps" which use the evolutionary preconditions of human perception (Chelidonio, 1992, p.232).

For these reasons, some design interpretations regard themes of history, anatomy, geography. The goal is to develop critical, experimental, observational, explorative capabilities and competence in managing the ecosystem variables and its evolving balances. The playground becomes, in this application, a place where the design project interprets the psycho-pedagogical theories, allowing the strengthening of the ideas, by using a perceptive, symbolic, expressive and communicative code. In addition, the quality of social relationships is a significant factor for effective education. For this reason, according to UNI norms, in all playgrounds might be both socialization and individual play spaces.



Figure 2. "T-riciclo" playground (Designers: Biondi M., Mazzaferro G., Palmieri M.) and "Creatures of the world" playground (Designers: Marucci F., e Mollo M.)

2 THE ECOLOGY OF HUMAN EVOLUTION (by M.R. Strollo)

2.1 The man as a "dynamic entity"

The relationship man-environment is characterized by transactional and relational nature; however, the common pre-knowledge, the informal one, is still today anthropocentric about environment and its rules. Mainly due to the application of system concept to human sciences it has been developed a new perspective about human education, the ecological perspective. This is funded on the two-dimensionality, which is the mutual relationship between man and environment (Bateson, 1976; Bateson, 1984; Bronfenbrenner, 1986; Morin, 1988).

According to this model the man is, as in Lewin consideration, a "dynamic entity", outward open to environmental input, inward closed in its immediate influence. The man and the environment are in a difficult balance of dependence and conflict (Frauenfelder, 1994, p. 94). A child, as an instance, is not only affected by school, through direct contacts, but he is also affected by the school's relations with others entities and institutions on the territory. Furthermore, the interaction between man and environment is defined not only by real relations between different environmental conditions and their contexts, but it is also defined by the individual perception of those conditions, rather than how they objectively present themselves (Bronfenbrenner, 1986, p.33).

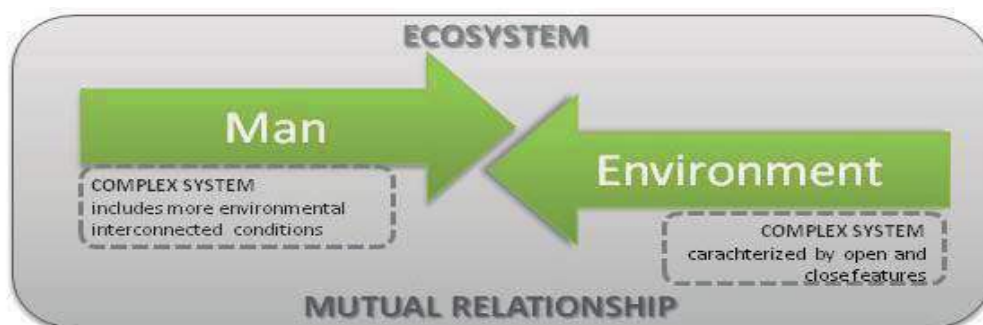


Figure 3. Man-environment mutual relationship.

It seems to be simple a link between environmental themes and the youth uneasiness, interpreted as knowledge, opportunities and positive relationships lack, that is derived from negative effect of decayed physical environment and socially ruled by cultural "straits" which prevent the normal evolution process.

In this context, environmental education has two levels: education through the environment, where the environment has instrumental connotations in order to the acquisition of cognitive, social, emotional, motivational skills; environmental education, as a space to be appropriated in terms of observation, the ability to recognize the resources offered and read its needs.

2.2 The education through the environment

The education to the environment, fundamentally trans-disciplinary, is an innovative tool capable to organize cognitive structures that compound all cultural aspects, because it emphasises the inter-dependence between different disciplines in the same ecological context (Semeraro, 1988). Above all, the past knowledge is a necessary precondition in order to adapt the capabilities (in relationship man-environment) to the fast current cultural and technological transformations: "the pedagogic aim is to stimulate the man in his self-interpretation as an inner actor and vitally linked to the nature; to guide him into re-knowledge of perception and re-thinking of surrounding world (re-think himself with the surrounding world) in the continuity of creatures, in the structure that connects biological, physical and mental"(Frabboni, 1994).

The environmental education, getting knowledge from the environmental context where the children live, can generate really significant learning, so as a result of continuous experience compared with the past ones (Schettini, 1991, p.20-38). Thus, the territory becomes "decentred classroom", educative resource, showing "those requirements and those elements needed for an education that guarantees multifaceted and multidimensional experiences"(Frabboni et al., 1978. p.67; Sarracino, 1983. pp.11-20; Sarracino, 1984).

2.3 Environmental education

The multiform pedagogic survey, made by indications and schools of thought about educating/learning process dynamics, has a fix point, the certainty that every educative action needs to be spatial, temporal and historical compatible with the environment of the evolving

subject. The second level of environmental education concerns the education of designers, who can support the environmental awareness, due to their choices. The environment word is about the natural, social (physical spaces affected) and cultural context where the informal evolution process happen. Therefore, the analysis of environmental condition contemplates:

a) External factors: urban fabric, climate, communications and road network, transport, free time spaces. Within the educative system the relation between educative reality and the territory life it's very strong, so the reality features require particular actions regarding the educative approach: "for this reason, it is necessary to identify the local educative demand and, consequently, to supply in terms of development problems for community" (OREFICE, 1991. p. 69).

b) Internal factors: buildings, structures, equipment, didactic materials.

c) User characters: ages, learning styles, previous learning, learning motivation, and, above all, the quality of social relationship.

The learning system is made by an educative setting preparation, following the principles:

- child centrality and his learning, wellness, sociality, love and good meeting rights;
- child-oriented surrounding environment, sized for them who live there;
- design flexibility;
- child as main actor, who builds in first person his own knowledge;
- educative space as a place and community for children, educators, parents and local community learning;
- centrality in learning process and not in teaching one.

Children learn not the results of linear cause-and-effect teaching processes, but mainly learn from their experiences, from their activities and from the use of their resources (Edwards, Gandini, Forman, 2010).

The educative surrounding environment supports the development of an aesthetical spatial dimension, boosting and stimulating the creation of interconnections between implicit and explicit knowledge, among formal, informal and not-formal learning spheres. The educative environment boosts the development of different languages, not only oral, but specially iconic, symbolic and representative: the spontaneous and structured play compares children with themselves and the others. Playing is the way for child to relate himself to reality, his "meaning perspective". Vygotskij, in the matter of this, considers that the play is the child supply to satisfy, even though with fantasy, his needs (Vygotskij, 1934).

The Piaget classification (Piaget, 1969) links the play development stages with the cognitive growth ones; so according to evolution cognitive level, there are some playful and recreational activities in order to stimulate particular capabilities and skills. The exploration play acts on attention capabilities, the role-play develops the mental representations, the symbolic play boosts the linguistic development.

The play develops the pre-operative intelligence for children between 2 and 7 years, this is also branched in symbolic pre-conceptual thinking (2-4 years) and intuitive thinking (4-7 years). One of change basilar elements is due to language development: the child can operate on objects, acting in space and things surrounding with more self-confidence. Piaget distinguishes two concrete groups of child actions: the logic-mathematics actions and the space-temporal actions. The first ones are about the grouping in order or organizing the relations of the objects, the second ones are about locating the objects in space and time (Piaget, 1969).

The play boosts creativity, and creativity practice means to activate originality, flexibility and

oral and mental creation, which, in a more complex condition, becomes a problem solving capability. With these operations, the meta-cognitive dimension is the knowledge of the own mental processes, and their strategic activation if necessary. The complex play strengthens the build of real competences, because it activates the knowledge and abilities in a new problem condition. The child has and uses imitation, exploration and imagination; through these, the mind develops thinking, orienting the entire cognitive process for competence acquisition, in view of life assignments.

3 THE DESIGN SOLUTIONS (by F. Verde)

3.1 The child centrality in design solutions

The child centrality has been developed in design approach taking into account a variety of needs (rights to education, wellness, social and good meeting) that become technological requirements.

Based on information derived by the experimentations, the works can essentially be divided into four groups of project development: the local intervention, the educative maze, the thematic path and the combined design solution.

The design proposals that have developed the playground as a local intervention have chosen a defined area of the square in which locate the activities, generally, with a much targeted educational goals. These proposals were developed in urban areas of high historical and artistic value, or ,at least, in significant urban areas, and for this reason they take into account the compatibility of the intervention with the existing architecture and the protection of the perception of space by the direct and also indirect users of the square, while preserving it in the urban centre. According to this approach, some proposals develop a very strong idea, aimed to represent sustainability, especially through the use of renewable energy sources.

This is the case of the "Solar Playground" design proposal, located in Aversa (CE). The playground is developed through appropriate structures that, in daytime, screen the sunrays, and, during the night, transform the energy gained by the solar panels placed on top. The game is developed in some areas, on the sides of the large central fountain, while maintaining the possibility of use of urban place regardless of the playground.

Instead, the "Jump for Energy" proposal, developed in the Cathedral of Lecce monumental square of S. Oronzio, considers the enormous cultural and historical value of the place. The aim is the least possible impact on the surrounding environment, and therefore the playground is the creation of a game-path of 13 sq, raised only 82 mm from the Lecce stone ground. Through the play, the children learn the difference between renewable and non-renewable energy sources, during a sort of sounding game of the goose. The playground is powered by the use of an innovative technology that uses the kinetic energy obtained by the children passages to generate both the energy supply for the operation of devices and the general lighting of the square. The maze playground is conceived as an educational process and it organizes children's activities in real mazes, in which children are directed to make the choices that may be right or wrong in order to complete the game. In this way, the child has fun by playing and learning at the same time, through the development of his awareness about the "right" choices and, so, addressing by small obstacles, he achieves real and tangible messages implicit in the playground.

The "T-riciclo" playground develops the maze in three main paths, in which the game consists in taking the correct path for the recycling of materials such as paper, plastic and aluminium.

The paths are designed using the same recycled materials, using everyday objects and products that children can see and recognize.

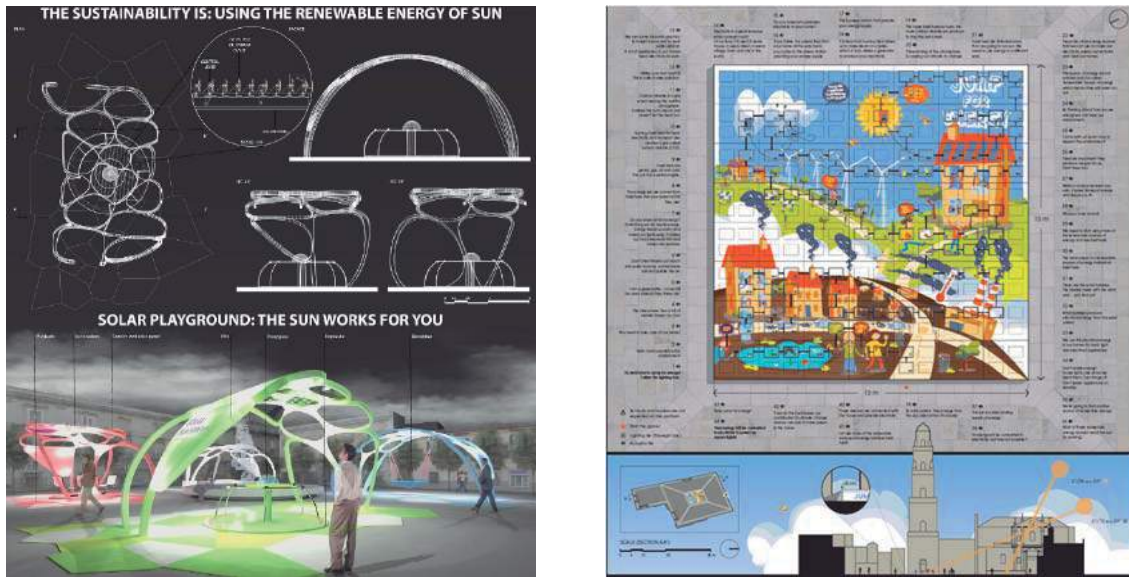


Figure 4. Solar Playground (Designers: A. Iacullo, L. Russo) and Jump for Energy (Designers: V. Montaniero, N. Santoro, Y. Yavuzer)

The message of recycling is transmitted through the achievement of a real central goal, which is the appropriate placement of material at the end of the path. In particular, remaining coherent with the message to be transmitted, all materials, even for items of furniture such as chairs and planters, are elements of recovery or recycled ones. Much more numerous are the examples related to the thematic design, independent or in combination with other paths. The path, unlike the maze, is organized in a less constraint way, and it directs the choices more naturally. In fact, these choices are largely determined by the child inclinations.

For the same reason, the theme playground is designed to stimulate curiosity and attraction through colours, sounds, or even textures and flavours. The task of the designer is the capability to pass the educational message directing the steps to follow, in order to achieve a goal. This type of design approach is developed mostly in peripheral locations and often-degraded cities, the no places, where the achievement is the dual of creating a play-space for children, but also a visible centre of social aggregation for the community. This approach is adopted for the projects "Value of the time" and "Tree House" both developed in square, occupying it entirely. The paths are divided in areas with a higher intensity of play, rest ones, and individual game ones, according to requirement of the UNI Norm 11230.

In the "Time Value" proposal, the concept of sustainability is widened until the concept of the cyclical nature of time, defined as the succession of the hours of the day, weeks and seasons, until the motion of the planets in space. The child goes through slides and pools of colour balls through the different dimensions of time, coming to understand, in progressively larger intervals the sequence of events, and cause-and-effect relations.

The "Tree House" proposal deals with the theme of sustainability, highlighting the relationship between child and nature, by using materials from natural sources and strong colours for the paths.

"The rules of the game" proposal (Auletta, Buonocore, Parolisi designers) follows this architectural composition but also organizes a real structure of sensory interaction.

The playground is developed through the articulation of the games and the paths at different levels, emphasizing the steps from one thematic area to another, using sounds and smells. The play is designed to develop the child psychomotor skills through the direct involvement of the senses "required" during the journey. The combined playgrounds are characterized by an high communicative approach, also identifying the distribution plan and three-dimensional aspect

with the message they aim to pass. These playgrounds are complete and complex, using their shape as structured part of the game.



Figure 5. "B.a.b.a." (Designers: R. Caso, A. Cicatiello), "Value of the time" (Designers: M. Argiento, V. D'Antò, C. Deviti, S. Fusco) and "Tree House" playground (Designers: M. Latino, A. Pucci, I. Suppa)

The "Creatures of the world" proposal transforms a globe in a playground, where happens a real historical journey, from the origins of human being to contemporary civilization across the games that lead the child to the achievement of proposed steps. Playing, the child finds himself in a completely structured space-time dimension and identifies himself in different historical periods, becoming the main actor. Another very interesting design proposal is the "Baba" one, organized in thematic stripes, one for each game and activity. The colourful stripes visually distinguish the spaces, and allow to play and to develop abilities precisely differentiated, from education to languages, passing by the puzzle to learn the meaning of time, until the small team games. The stripes "invade" the square and are developed even on the façades of adjacent buildings, ensuring a very high social and architectural added value to an urban suburban and absolutely unused place.

4 CONCLUSIONS (By A. Violano)

An educative space is a spatial and cognitive stimulating place, where imitate, explore and imagine are not only three playing dimensions, but they are also the most natural way to activate mind and to learn enjoying. The mind is activated thanks to the funny use and thanks to the development of intellectual, motor and creative potentialities. Everything seems to be funny and attractive if the educative development happens in a playground, in an open air space, directly connected with the city and territory.

REFERENCES

- Allwood J.M. & Cullen J. 2012. Sustainable Materials: With Both Eyes Open. Cambridge: UIT
- Bateson G. 1976. Verso un'ecologia della mente. Milano: Adelphi

- Bateson G. 1984. *Mente e natura*. Milano: Adelphi
- Braungart M. & McDonough W. 2002. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Thing*. New York: North Point Press
- Bronfenbrenner U. 1986. *Ecologia dello sviluppo umano*. Bologna: Il Mulino
- Bronfenbrenner U. 1986. *Ecologia dello sviluppo umano*. Bologna: Il Mulino
- Chelidonio G. 1992. *Apprendimento, ambiente, origini. Esplorare le radici del futuro*. Firenze: La Nuova Italia
- Frabboni F. & Pinto Minerva F. 1994. *Manuale di pedagogia generale*. Bari: Laterza, Bari
- Frabboni F. et al. 1978. *Il primo abecedario: l'ambiente*. Firenze: La Nuova Italia
- Frauenfelder E. 1994. *Pedagogia e biologia, una possibile alleanza*. Napoli: Liguori
- Grosso, M., *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Cap. XI, pp. 410-418, Maggioli Ed., Rimini, 1997
- Itten, J. 2007. *Arte del colore. Esperienza soggettiva e conoscenza oggettiva come vie per l'arte*. Milano: Il Saggiatore
- Morin E. 1988. *Il pensiero ecologico*. Hopefulmonster
- Orefice P. (Ed.) 1991. *Operatori, strutture, interventi di educazione permanente*. Firenze: La Nuova Italia
- Piaget J. 1969. *Dal bambino all'adolescente. La costruzione del pensiero*. Firenze: La Nuova Italia
- Sarracino V. 1983. *Orientamenti di pedagogia scolastica*. Napoli: Ferraro
- Sarracino V. 1984. *Processi educativi e realtà locale*. Napoli: Loffredo
- Schettini B. 1991. *Condizioni del processo di apprendimento scolastico e ricerca didattica d'ambiente*. In: Orefice P. & Avenati A. *Educazione ambientale e didattica del territorio*. Teramo: Giunti Lisciani Ed.
- Semeraro R. 1988. *Educazione ambientale, ecologia, istruzione*. Milano: F. Angeli
- Tai L. & Haque M. & McLellan G. & Knight E. 2006. *Designing Outdoor Environments for Children: Landscaping School Yards, Gardens and Playgrounds*. UK: The McGraw-Hill Professional Publishing
- UNI 11123:2004. *Guida alla progettazione dei parchi e delle aree da gioco all'aperto*
- UNI EN 1176-1:1999. *Attrezzature e superfici per aree da gioco - Parte 1: Requisiti generali di sicurezza e metodi di prova*
- Vygotskij L. S. 1934. *Immaginazione e creatività nell'età infantile*. Italian Translation 2010. Roma: Editori Riuniti

Estudo da resistência de peças de paver fabricadas com diferentes combinações de misturas de agregados reciclados e naturais

Adriane Cordoni Savi

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Civil, Curitiba, Brasil
adriane@tellus.arq.br

Fabiani Franzen

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Civil, Curitiba, Brasil
fabian.franzen@gmail.com

Herminia Dallegrave Bonfim Breginski

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Civil, Curitiba, Brasil
herminiadb@gmail.com

Leonardo Miranda

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Civil, Curitiba, Brasil
lfrmiranda@ig.com.br

ABSTRACT: The disposal of waste is an issue that involves both the environment and health. Residues limit the availability of new resources, contribute to global warming and constitute a source of pollution of water, soil and air. The construction industry presents itself as a major generator of waste arriving at the rate of 50% of all solid waste generated. Faced with this scenario, it is necessary to create solutions that take advantage of these residues within the construction industry itself. From this, the research objective, practical experimentation, is to show the applicability of using the RCD (Construction and Demolition Waste) in the manufacture of precast concrete components for interlocking paving (pavers) replacing natural aggregates used in the composition by recycled concrete aggregates. Initially literature and research in parallel with the field research with suppliers of aggregates of recycled construction class A. With this foundation began experimental research, conducted with an industry of manufactured specifically for the implementation of the pavers was held. From the basic feature of the industry, seven different traits were made, with different compositions, applying the recycled aggregates in different proportions, maintaining constant the cement and the additive. Disruption of the pieces, the Institute of Technology for Development was held - LACTEC, aiming to verify the compressive strength, for this was used as a basis to NBR 9781/2013. Obtained as a result of two strokes, with the use of recycled aggregates, who attended the norm both in compressive strength as the homogeneous appearance of the parts besides the cost of these traits proved to be less than the cost of the dash without recycled aggregates, thus showing the technical and economic feasibility for the application of class A recycled aggregates in interlocking pavements.

Keywords: interlocking paving, recycled aggregate, construction waste

RESUMO: O descarte de resíduos é uma questão que envolve tanto o meio ambiente quanto a saúde. Os resíduos limitam a disponibilidade de novos recursos, contribuem para o aquecimento global e constituem uma fonte de poluição da água, do solo e do ar. A indústria da construção civil apresenta-se como grande geradora de resíduos, chegando ao índice de 50% de todos os resíduos sólidos gerados. Frente a esse cenário, faz-se necessário criar soluções que aproveitem esses resíduos dentro da própria indústria da construção civil. A partir disto, o objetivo desta pesquisa, de experimentação prática, é mostrar a aplicabilidade da utilização do RCD (Resíduos da Construção e Demolição) na fabricação de peças pré-moldadas de concreto para

pavimentação intertravada (pavers) substituindo os agregados naturais utilizados na composição do concreto por agregados reciclados. Inicialmente foi realizada pesquisa bibliográfica e em paralelo com a pesquisa de campo com fornecedores de agregados da construção civil reciclados de classe A. Com esse embasamento iniciou-se a pesquisa experimental, realizada junto a uma indústria de manufaturados em concreto, para a execução dos pavers. A partir do traço base da indústria, foram compostos sete diferentes traços, com diferentes composições, aplicando os agregados reciclados em diferentes proporções, mantendo constantes o cimento e o aditivo. Foi realizado o rompimento das peças, pelo Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, com o objetivo de verificar a resistência à compressão, para tal foi utilizado como base a NBR 9781/2013. Obteve-se como resultado dois traços, com uso de agregados reciclados, que atenderam a norma tanto na resistência a compressão quanto na aparência homogênea das peças, além disso o custo desses traços mostrou-se inferior ao custo do traço sem agregados reciclados, mostrando assim a viabilidade técnica e econômica para a aplicação de agregados reciclados de classe A em pavimentos intertravados.

Palavras-chave: pavimento intertravado, agregado reciclado, resíduo da construção

1 INTRODUÇÃO

O descarte de resíduos é uma questão que envolve tanto o meio ambiente quanto a saúde. Os resíduos limitam a disponibilidade de novos recursos, contribuem para o aquecimento global, por meio de emissões de metano e constituem uma fonte de poluição da água, do solo e do ar. A poluição gerada no entorno das áreas de deposição de resíduos causa impactos sobre a saúde da população residente, a produção agrícola, e a biodiversidade local. Considerando que 50% de todos os resíduos são gerados pela indústria da construção civil, os profissionais tem como responsabilidade ética buscar soluções para amenizar o impacto dessas atividades (Edwards, 2005). Apesar de ser reconhecidamente uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento socioeconômico, a indústria da construção civil apresenta-se ainda como grande geradora de impactos ambientais, tanto pelo consumo dos recursos naturais, quanto pela modificação da paisagem e geração de elevado volume de resíduos. O setor chega a consumir até 75% de recursos naturais (Levy, 1997; Pinto, 1999; John, 2000). Os resíduos de construção são um dos maiores desafios enfrentados pelas prefeituras e, atualmente, representam mais de 50% da massa total de resíduos sólidos urbanos. Em algumas cidades esse total atinge 80%. Calcula-se que são gerados, no país, em média, 500 kg/hab.ano de RCC (Resíduos da construção civil), ou uma taxa de 150 kg/m² construído (Pinto, 1999).

A reciclagem de resíduos de construção e demolição assume duas funções importantes, a redução na ocupação de espaços nos aterros, e grande economia nos recursos naturais. A partir disso pode-se avaliar a importância de reciclar os resíduos gerados, pelo problema ambiental que causam desde a sua extração até a deposição como entulho (Miranda, 2005).

O pavimento intertravado caracteriza-se por proporcionar permeabilidade ao solo, grande facilidade na fabricação e instalação, além disso a utilização deste produto para calçadas e ruas pode se relacionar com a gerência dos resíduos municipais completando o ciclo de vida de reciclagem de resíduos agregando valor ao produto final da reciclagem e auxiliar ainda no desenvolvimento de infraestrutura de transporte principalmente para pedestres e ciclistas.

A partir dessa demanda o presente trabalho buscará verificar se é possível fabricar blocos de pavimento intertravado utilizando resíduos da construção civil classe A atendendo as normas para pavimentação e qual a melhor composição do Paver na relação custo x benefício.

Desta forma o objetivo é mostrar a aplicabilidade da utilização do RCD (Resíduos da Construção e Demolição) na fabricação de peças pré-moldadas de concreto para pavimentação (*pavers*) substituindo os agregados naturais utilizados na composição do concreto por agregados

recicladados e verificar, através de um experimento, a resistência à compressão e a aparência dos *pavers*, atendendo a NBR (norma brasileira) 9781/2013.

Reciclagem de resíduos de construção e demolição remonta ao tempo dos romanos, que muitas vezes reutilizavam pedras para reconstrução de estradas. A indústria da reciclagem tornou-se bem estabelecida na Europa desde o fim da Segunda Guerra Mundial, devido ao esgotamento das fontes de agregados naturais de alto grau (Book, 1997 *apud* TABSH e Abdelfatah, 2008).

Considerando que, por um lado, há escassez crítica de agregados naturais (NA) para a produção de concreto novo, por outro, a enorme quantidade de concreto demolido produzido a partir de estruturas deterioradas e obsoletas cria grave problema ecológico e ambiental (Chandra, 2004, 2005 *apud* RAO *et. al*2007).

Resíduos de concreto provaram ser uma excelente fonte de agregados para produção de concreto não estrutural. Estudos provam que o concreto feito com este tipo de agregados grossos podem ter propriedades mecânicas semelhantes aos de concretos convencionais (Evangelista e Brito, 2007).

Segundo Frondistou-Yannas (1977), o concreto de agregado reciclado tem uma força à compressão de, pelo menos, 76% e um módulo de elasticidade de 60% a 100% da mistura de concreto convencional.

A resistência à compressão do concreto reciclado está fortemente correlacionada com a razão de água-cimento do concreto original, se outros fatores forem mantidos constantes. Quando a proporção de água-cimento do concreto original é a mesma ou mais baixa do que o concreto reciclado, a resistência à compressão será tão boa ou melhor do que a resistência inicial, e vice-versa (HANSEN e NARUD, 1983 *apud* TABSH e ABDELFATAH, 2009).

A sustentabilidade é diretriz principal, ou o paradigma, de uma nova política de desenvolvimento urbano e de transportes. No seu conceito mais amplo, tem como propósitos não só a preservação e recuperação do patrimônio ambiental, mas também a equidade e justiça social, na apropriação do solo e dos recursos, e porque não citar no uso do espaço viário (GONDIM, 2001).

De acordo com Cavalcanti *et. al*, (2011), no Brasil, como no mundo, muitas calçadas, pátios, estacionamentos e áreas externas de condomínios são revestidos com bloquetes, também conhecidos como *pavers*, pavimento intertravado ou pavimentos drenantes, estes pisos, são considerados ecologicamente corretos e possuem grande capacidade permeável, pois permitem a drenagem das águas da chuva diminuindo a impermeabilização do solo, isto porque as juntas entre as peças possibilitam a infiltração de uma parcela das águas incidentes, amenizando desta forma o impacto ambiental

Pavimento intertravado é um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída de peças de concreto sobrepostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção (Figura 1).

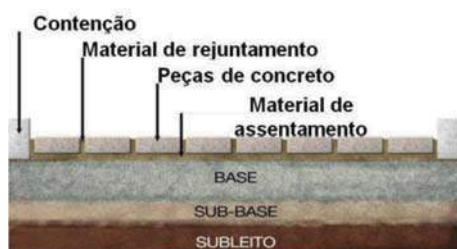


Figura 1 Camadas de assentamento do pavimento intertravado. Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland.

A fabricação das peças deve atender às especificações das normas NBR 9780 que determina valores de resistência a compressão e NBR 9781, relativo às dimensões e aspecto visual das peças.

2 METODOLOGIA

Os agregados selecionados foram da empresa Soliforte Reciclagem Ltda por seu produto estar em conformidade com a norma brasileira norma brasileira NBR 15116/04. A Soliforte localizada na região metropolitana de Curitiba recicla materiais sólidos da construção. O pedrisco e a areia reciclada produzidas no processo de reciclagem da Solifortesubstituíram a areia média, areia artificial e pedrisco na composição do *paver*.

O experimento foi realizado dentro de uma fábrica de *pavere* blocos estruturais, Brickawall Concretos Industrializados Ltda., que forneceu sua infraestrutura para elaboração da pesquisa, pois faz-se necessário o uso de prensa apropriada para a fabricação dos *pavers*. Os ensaios e fabricação das peças seguem a norma NBR 9781/2013 e foram confeccionadas com 10cm x 20cm x 6cm (largura x comprimento x altura) que é o modelo mais utilizado comercialmente. A resistência a compressão a ser alcançada é de 35MPa que segundo a norma brasileira NBR 9781/2013 serve para veículos comerciais e de linha. O traço padrão foi fornecido pela empresa Brickawall e serviu de base para a fabricação das peças para os ensaios.

O experimento foi executado envolvendo a utilização de resíduo classe A e materiais naturais em diversas proporções de areia natural, areia artificial, areia reciclada, pedrisco natural e pedrisco reciclado. O resultado foi a criação de sete traços mantendo constante as dosagens de cimento Portland com variação dos insumos. A elaboração dos traços para ensaio teve como lógica manter a mesma quantidade de insumos (tabela 1) . Os traços 2, 3 e 4 mantiveram a areia natural, substituindo a areia artificial e o pedrisco natural por insumos reciclados; o traço 5 e 6 mantiveram a areia artificial substituindo a areia natural e o pedrisco natural; o traço 7 manteve o pedrisco natural substituindo a areia natural e a areia artificial e o no traço 8 tem-se insumos totalmente reciclados.

Tabela 1. Traços x agregados utilizados

Traço	Areia natural	Areia artificial	Areia reciclada	Pedrisco natural	Pedrisco reciclado
1 (Padrão fábrica)	x	x		x	
2	x		x	x	
3	x	x			x
4	x		x		x
5		x	x	x	
6		x	x		x
7			x	x	
8			x		x

A areia reciclada adquirida na empresa Soliforte Reciclagem Ltda, localizada na cidade de Campo Largo/Pr apresentou o ensaio dos seus materiais quanto a determinação da composição granulométrica (NBR NM 248), determinação da massa unitária (NBR NM 45), determinação do material fino que passa através da peneira 75µm (NBR NM 46) e determinação da massa específica (NBR NM 52) realizado no Centro de Desenvolvimento Tecnológico – CDTEC para um lote de resíduo A em novembro de 2014 (tabela 2 e 3 e figura 2).

Para a formulação dos traços fez-se necessária a medição da massa e teor de água (umidade) de cada insumo, para poder montar corretamente os traços com o mesmo teor de água.

Foram fabricadas quatro formas com oito peças de cada traço, somando 32 peças por traço. A cada forma uma das peças foram pesadas, e o resíduo restante de cada traço também foi separado e pesado.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de massa unitária, material fino e massa específica. Fonte: CDTEC, 2014.

Determinações	Resultados obtidos	Limites estabelecidos NBR 7211 (ABNT, 2009)	Método de ensaio
Massa unitária – Método C	1,68 g/cm ³	–	NBR NM 45
Material fino que passa através da peneira 75µm	18,3%	≤ 12 %	NBR NM 46
Massa específica	2,70 g/cm ³	-	NBR NM 52

Tabela 3. Determinação da composição granulométrica. Fonte: CDTEC, 2014.

Peneiras		Amostra 1	Amostra 2	Média	Amostra 1	Amostra 2	Média	Média
ASTM	mm	Retira (g)	Retida (g)	Retida (g)	% Retida	% Retida	% Retida	% Acum.
3/8	9,5	0	0	0	0,0	0,0	0	0
¼	6,3	0	0	0	0,0	0,0	0	0
4	4,76	0	0	0	0,0	0,0	0	0
8	2,38	69	76	73	11,8	11,8	12	12
16	1,19	178	190	184	30,5	29,6	30	42
30	0,59	153	168	161	26,2	26,2	26	68
50	0,297	59	72	66	10,1	11,2	11	79
100	0,149	55	63	59	9,4	9,8	10	88
FUNDO		70	73	72	12,0	11,4	12	100
TOTAL		584	842	613	100	100	100	289

Módulo de finura = 2,89
Diâmetro máximo = 4,76mm

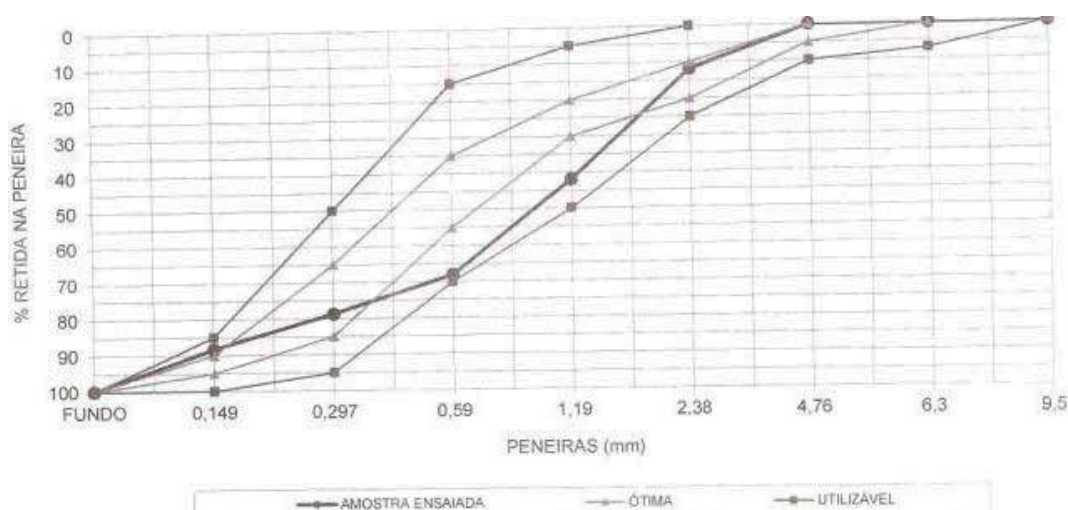


Figura 2: Distribuição granulométrica (agregado miúdo). Fonte: CDTEC, 2014. * Limite granulométrico NBR 7211 (ABNT, 2009).



Figura 3 e 4. Medição da massa dos agregados.

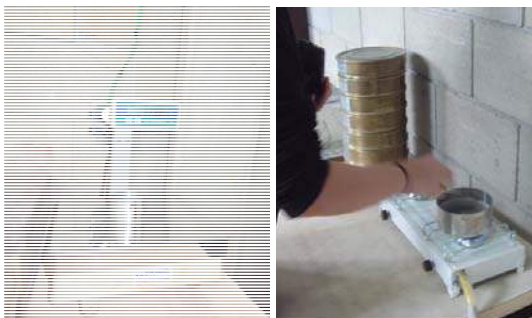


Figura 5 e 6. Medição do teor de água (umidade) dos agregados

Tabela 4. Resultados para o valor da massa e umidade dos agregados. Fonte: Autores (2013)

Insumos	Kg/m ³	Umidade (%)
Areia natural	1.349,44	9
Areia artificial	1.309,24	3,41
Areia reciclada	1.201,46	16,3
Pedrisco natural	1.321,46	0,44
Pedrisco reciclado	1.364,23	7,5

Tabela 5. Traços em quilos e massa total misturada

Traço (kg)	Cimento	Areia natural	Areia artificial	Areia reciclada	Pedrisco natural	Pedrisco reciclado	Aditivo	Água	Massa Total
1(base)	12,5	35	22		15		0,41	2,40	87,31
2	12,5	35		22,36	15		0,41	2,35	87,62
3	12,5	35	22			14,59	0,41	2,20	86,70
4	12,5	35		22,36		14,59	0,41	2,95	87,81
5	12,5		22	33,69	15		0,41	3,90	87,50
6	12,5		22	33,69		14,59	0,41	4,30	87,49
7	12,5			56,05	15		0,41	4,65	88,61
8	12,5			56,05		14,59	0,41	4,40	87,95

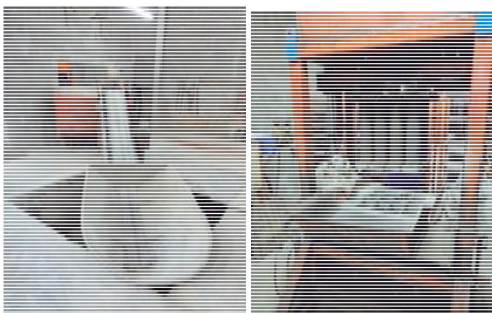


Figura 7. Esteira e misturador dos agregados sólidos e líquidos. Figura 8. Máquina manual para a confecção do paver.



Figura 9. Agregados acomodados para a colocação no misturador.



Figura 10. Colocação do agregado seco no misturador. Figura 11. Confeção do paver na prensa.



Figura 12. Identificação da produção de cada forma. Figura 13. Medição e pesagem do *paver* após a fabricação

Algumas padronizações foram consideradas para que os ruídos do experimento não interferissem no resultado final. Os agregados para a confecção das peças de amostra foram retirados sempre do mesmo local no reservatório para buscar uma similaridade entre a umidade e massa dos insumos. A vibração da máquina foi feita manualmente e foi cronometrada para que cada forma fosse vibrada igualmente, em um tempo de 5 segundos cada vibração.

As amostras foram armazenadas em local coberto e o ensaio de resistência à compressão foi executado após 28 dias de cura pelo Instituto Lactec segundo especificações da norma NBR 9780/2013 – Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio que prescreve o método de determinação da resistência a compressão de peças pré-moldadas de concreto destinadas a pavimentação de vias urbanas, pátios de estacionamentos ou similares.

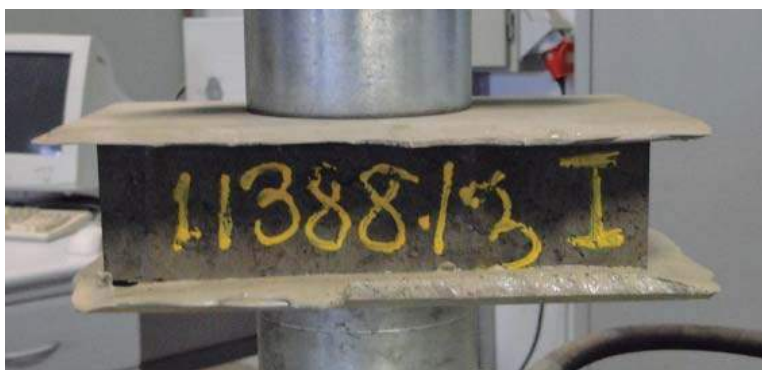


Figura 13: Ensaio de rompimento . Amostra 3. Fonte: Lactec/2014

A tabela abaixo relaciona o traço seco para 1 kg de cimento com o resultado do ensaio à compressão fornecido pelo Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento-LACTEC. O traço 1 que é o padrão utilizado atualmente pela empresa Brickawall chegou a resistência de 43,26 MPa. Os traços 2 e 3, com areia e pedrisco reciclado respectivamente estão com índices superiores a 35MPa. Os traços 7 e 8 que substituem a areia natural e artificial pela areia reciclada estão com índices bem abaixo da norma. O traço 3 apresentou o melhor índice com resistência a compressão de 36,86 MPa.

Tabela 6. Redução do traço para a proporção entre agregados e consumo de 1kg de cimento.

ENSAIO	Cimento (kg)	Areia Natural (kg)	Areia Artificial (Kg)	Areia Reciclada (Kg)	Pedrisco Natural (Kg)	Pedrisco Reciclado (Kg)	Aditivo (Kg)	Água (Kg)	Resistência Compressão (MPa)	
1	TRAÇO Pu	12,500	35,000	22,000		15,000	0,410	2,400	43,26	
	TRAÇO Ps	12,500	31,920	21,180		14,930	0,410	6,370		
	PESO									
	ÁGUA		3,080	0,820		0,070				
	TRAÇO									
	SECO	1,000	2,554	1,694		1,194	0,033	0,510		
	PREÇO(R\$)	0,345	0,087	0,069		0,026	0,101		R\$ 0,629	
2	TRAÇO Pu	12,500	35,000		22,360	15,000	0,410	2,350	35,47	
	TRAÇO Ps	12,500	31,920		19,240	14,930	0,410	8,620		
	PESO									
	ÁGUA		3,080		3,120	0,070				
	TRAÇO									
	SECO	1,000	2,554		1,539	1,194	0,033	0,690		
	PREÇO (R\$)	0,345	0,087		0,038	0,026	0,101		0,598	
3	TRAÇO Pu	12,500	35,000	22,000			14,590	0,410	2,200	36,86
	TRAÇO Ps	12,500	31,920	21,180			13,570	0,410	7,120	
	PESO									
	ÁGUA		3,080	0,820			1,020			
	TRAÇO									
	SECO	1,000	2,554	1,694			1,086	0,033	0,570	
	PREÇO (R\$)	0,345	0,087	0,069			0,023	0,101	0,625	
4	TRAÇO Pu	12,500	35,000		22,360	15,000	14,590	0,410	2,950	29,91
	TRAÇO Ps	12,500	31,920		19,240		13,570	0,410	10,170	
	PESO									
	ÁGUA		3,080		3,120		1,020			
	TRAÇO									
	SECO	1,000	2,554		1,539		1,086	0,033	0,814	
	PREÇO (R\$)	0,345	0,087		0,038		0,023	0,101	0,597	
5	TRAÇO Pu	12,500		22,000	33,690	15,000		0,410	3,900	27,44
	TRAÇO Ps	12,500		21,180	28,990	14,930		0,410	9,490	
	PESO									
	ÁGUA			0,820	4,700	0,070				
	TRAÇO									
	SECO	1,000		1,694	2,319	1,194		0,033	0,759	
	PREÇO (R\$)	0,345		0,069	0,058	0,026		0,101	0,600	
6	TRAÇO Pu	12,500		22,000	33,690		14,590	0,410	4,300	27,83
	TRAÇO Ps	12,500		21,180	28,990		13,570	0,410	10,840	
	PESO									
	ÁGUA			0,820	4,700		1,020			
	TRAÇO									
	SECO	1,000		1,694	2,319		1,086	0,033	0,867	
	PREÇO (R\$)	0,345		0,069	0,058		0,023	0,101	0,596	
7	TRAÇO Pu	12,500			56,050	15,000		0,410	4,650	25,83
	TRAÇO Ps	12,500			48,240	14,930		0,410	12,530	
	PESO									
	ÁGUA				7,810	0,070				
	TRAÇO									
	SECO	1,000			3,859	1,194		0,033	1,002	
	PREÇO (R\$)	0,345			0,096	0,026		0,101	0,569	

ENSAIO	Cimento (kg)	Areia Natural (kg)	Areia Artificial (Kg)	Areia Reciclada (Kg)	Pedrisco Natural (Kg)	Pedrisco Reciclado (Kg)	Aditivo (Kg)	Água (Kg)	Resistência Compressão (MPa)
TRAÇO Pu	12,500			56,050		14,590	0,410	4,400	
TRAÇO Ps	12,500			48,240		13,570	0,410	13,230	
PESO									23,17
8 ÁGUA				7,810		1,020			
TRAÇO									
SECO	1,000			3,859		1,086	0,033	1,058	
PREÇO (R\$)	0,345			0,096		0,023	0,101		0,565

LEGENDA:

Pu = peso do agregado úmido

Ps = peso do agregado seco

Ps = Pu/(1+h), onde h = umidade do agregado

Tabela 7. Resultados para o consumo de cimento, (*relação*) fator água x cimento e resistência a compressão.

TRAÇOS	Ppu (KG)	VOLUME (M ³)	d (KG/M ³)	SOMA TRAÇO	Cc (KG/M ³)	Fator A/C	Resist. Comp.
1	2,7950	1,17 X 10 ⁻³	2388,89	6,95	343,63	0,51	43,26
2	2,7325	1,16 X 10 ⁻³	2355,60	6,98	337,63	0,69	35,47
3	2,6800	1,17 X 10 ⁻³	2290,60	6,90	331,82	0,57	36,86
4	2,6800	1,19 X 10 ⁻³	2252,10	6,99	322,10	0,814	29,91
5	2,4883	1,13 X 10 ⁻³	2202,03	6,97	316,06	0,759	27,44
6	2,5750	1,17 X 10 ⁻³	2200,85	6,97	315,92	0,867	27,53
7	2,4650	1,14 X 10 ⁻³	2162,28	7,06	306,45	1,002	25,83
8	2,5200	1,15 X 10 ⁻³	2191,30	7,00	312,90	1,058	23,17

Ppu = peso *paver* fresco; d=densidade massa fresca; Cc = Consumo cimento; Fator A/C = água (litros)/cimento (kgs)

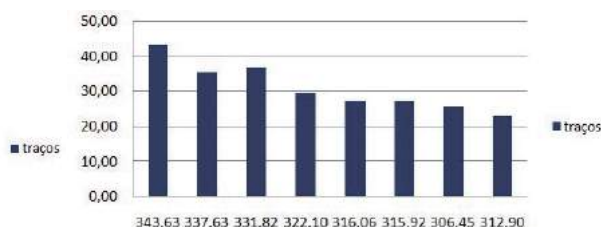
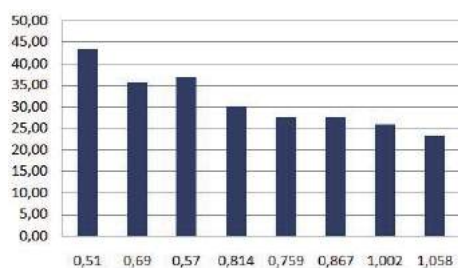


Figura 14. Relação do consumo de cimento por traço x resistência a compressão. Figura 15. Relação entre o fator água/cimento x resistência a compressão

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao substituímos os agregados naturais por agregados reciclados, areia e pedrisco nos traços 2 e 3 respectivamente, foi possível alcançar resistência a compressão superior aos 35MPa previstos na NBR 9781/1987 para trânsito de veículos comerciais e de linha.

Além disso o aspecto visual dos *pavers* dos traços 2 e 3 foi semelhante ao dos *pavers* fabricados utilizando materiais não reciclados, o que o torna indicado para calçamento também em áreas onde o aspecto visual tenha importância.

Tendo em vista o cenário da construção civil, que consome até 75% dos recursos naturais disponíveis, essa pesquisa demonstra um resultado viável para a inserção de produtos oriundos da reciclagem de materiais da construção civil na pavimentação de calçadas, respeitando os índices de resistência previstos na Norma Brasileira.

O decreto 1066/2006 em Curitiba regulamenta os critérios sobre construção de passeios na cidade, e ressalta que todas as vias classificadas no padrão A, que englobam as vias setoriais,

coletoras, estrutural prioritária entre outras, deverão utilizar pavimento intertravado (*paver*) para o seu calçamento, desta forma a demanda por esse tipo de revestimento tem aumentado substancialmente, podendo os pavimentos com materiais oriundos de reciclagem suprimir essa demanda, e reduzir o consumo de matéria prima.

Analisando o custo em relação ao ensaio de referência foi observado redução de 4,9% no custo do *paver* substituindo areia artificial por areia reciclada (traço 2). Ao substituir o pedrisco natural por reciclado a redução no custo em relação ao traço de referência foi de 0,6%. Os dois traços que atenderam as especificações da norma também apresentaram viabilidade financeira para a sua adoção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adriazola, M. K. O. Avaliação experimental por meio de protótipos e por simulação de painéis de madeira para habitação de interesse social. Tese, Engenharia Florestal, de concentração de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, Universidade Federal do Paraná

NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. ABNT, 2004.

NBR:9781:Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio. ABNT, 2013.

CEF. Caixa Econômica Federal. Boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: ed. Páginas e Letras, 2010.

CIB/CSIR. International Report. International Council for Research and Innovation in Building and Construction – CIB and Dennis S. Macozoma. Rotterdam: CIB/CSIR, Project Number BP485, Report Number BOU/C361. Fevereiro 2002.

Cole, Raymond J. Energy and greenhouse gas emissions associated with the construction of alternative structural systems. ed. Building and Environment 34 (1999) 335-348. April, 1998.

Corbella, Oscar; Yannas, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental. Rio de Janeiro: ed: Revan, 2003.

Edwards, Brain. Guia básico para a sustentabilidade. São Paulo: ed: GG, 2013.

Figueiredo, Newton. O impacto dos materiais na construção de empreendimentos sustentáveis. Disponível em [http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php? a=23&Cod=657](http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=657).2010. Acessado em 20.01.2014.

Figueirola, V. Alvenaria de solo-cimento. TÉCNICE. Ed, v. 85, 2004.

Grande, Fernando Mazzeo. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento porrensagem manual com e sem adição de sílica ativa. 2003. 165 f. 2003. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

Kamke, K.J. *Lead-User Research in the Wood Window Value Chain*. Tese apresentada pela Universidade do Estado do Oregon - EUA, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor 2009.

Keeler, Marian; BURKE, Bill. Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. Porto Alegre: ed. Bookman, 2010.

Kraemer, K.L., J. Gibbs, J. Dedrick. Impacts of globalization on e-commerce use and firm performance: A cross-country investigation. CRITO working paper. California. 2005.

Lipinski, Edwards. Potencial technologies for effectively bonding wood with inorganic binders – p. 53-58 vol. 1 - 4th. International Inorganic-Bonded. Wood and Fiber Composite Materials Conference - Washington - USA – 1994

Matoski, A. Utilização de pó de madeira com granulometria controlada na produção de painéis de cimento-madeira Tese, Engenharia Florestal, de concentração de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, Universidade Federal do Paraná.

Orr, David. Earth in Mind. Washington D.C. ed. Island Press, 2004.

Roaf, Sue.; Fuentes, Manuel; Thomas, Stephanie Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável. São Paulo: 2007.

Yin, R. Estudo de caso - planejamento e métodos. 2ª ed. Porto Alegre, Bookman: 2001.

Estudo Bibliométrico Da Produção Científica Do Encontro Latino-Americano De Edificações E Comunidades Sustentáveis

Maria do Carmo Duarte Freitas

Universidade Federal do Paraná, Curitiba/Paraná, Brasil

mcf@ufpr.br

Paula Regina Mendes Grünberg

Universidade Federal do Paraná, Curitiba/Paraná, Brasil

arqpaula@yahoo.com.br

Jéssica Cristina Tavares

Universidade Federal do Paraná, Curitiba/Paraná, Brasil

jessica.tavares@ufpr.br

Rafael Alexandre dos Reis

Universidade Federal do Paraná, Curitiba/Paraná, Brasil

rafreis2@gmail.com

Sérgio Fernando Tavares

Universidade Federal do Paraná, Curitiba/Paraná, Brasil

sergioftavares@gmail.com

ABSTRACT: Brazil is in 11th place in the ranking of scientific literature on sustainability, with contributions in all areas of knowledge, especially about Environment / Ecology, Social Sciences and Engineering. The literature review led to a bibliographic study for organization and planning of research in sustainability. This work used this tool to study the publications of the Latin American Meeting of Buildings and Sustainable Communities (Portuguese Acronym -ELECS). The research was developed from the database of all event editions (1997, 2001, 2003, 2007, 2009, 2011 and 2013), analyzing the following issues: themes, authors and most active institutions, in addition to event growth. The results show fairness in the number of publications in the great areas called Materials Scale, Building and Urban. It identifies the southeastern and southern Brazilian regions as main research centers in the construction area and that the most researchers are in the federal public universities.

Keywords: ELECS, scientific production, bibliometric

RESUMO: O Brasil está na 11ª posição no ranking da produção científica sobre sustentabilidade, com contribuições em todas as áreas do conhecimento, em especial com estudos em Ambiente/Ecologia, Ciências Sociais e Engenharias. Na revisão da literatura conduziu a um estudo bibliográfico para organização e o planejamento da pesquisa em sustentabilidade. Este trabalho utilizou-se desta ferramenta para estudar as publicações do Encontro Latino-Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS). A investigação foi desenvolvida a partir da base de dados de todas as edições do evento (1997, 2001, 2003, 2007, 2009, 2011 e 2013), analisando os seguintes assuntos: temas abordados, autores e instituições mais atuantes, além do crescimento do evento. Os resultados mostram equidade no número de publicações nas grandes áreas denominadas de Escala dos Materiais, Edificação e Urbana. Identificaram-se as regiões sudeste e sul do Brasil como os principais polos de pesquisa na área da construção civil e que a maioria dos pesquisadores está nas universidades públicas federais.

Palavras-chave: ELECS, produção científica, bibliometria

1 INTRODUÇÃO

O contínuo desgaste dos recursos naturais do planeta tem transformado o meio acadêmico e científico. A preocupação perante o futuro das próximas gerações incentivou mudanças em vários setores. Os profissionais que atuam na construção civil e o urbanismo estão vivenciando a necessidade de revisar conceitos, na busca de alternativas de manter o conforto do homem sem influenciar negativamente no meio ambiente.

O Brasil está na 11ª posição quando se trata da produção científica sobre sustentabilidade, o que é positivo. As contribuições aparecem em todas as áreas do conhecimento, sendo mais representativas em estudos focados em Ambiente/Ecologia, nas Ciências Sociais e nas Engenharias (Oliveira, 2012). Para melhor compreender o estado de arte destas e outras áreas estudos bibliométricos mostram-se como uma alternativa de pesquisa.

A bibliometria é um campo da ciência da informação que utiliza técnicas quantitativas para a análise e disseminação de resultados. A produção científica reflete as questões emergentes na sociedade e busca, pelo processo de construção de conhecimento, oferecer informações e alternativas para resoluções dos problemas, desenvolvimento social e sustentabilidade. A análise da produção científica indica o quanto já foi produzido, a atuação e preocupação das universidades, dos cientistas em atender a demanda da sociedade (Kneipp *et al.*, 2011).

Este tipo de estudo também oferece a oportunidade de auxiliar na tomada de decisão de pesquisadores em sustentabilidade, na medida em que traça um panorama geral das investigações nesta área do conhecimento, possibilitando ao pesquisador conhecer os principais autores desta temática, a evolução das pesquisas aos longos dos anos anteriores, entre outras.

Marques (2005) e Kneipp *et al.* (2011) afirmam, respectivamente, que o estudo quantitativo da produção científica permite o entendimento da amplitude da natureza das pesquisas desenvolvidas em diferentes áreas do conhecimento e na compreensão de um tema emergente. Já Cañas-Guerrero *et al.* (2014) expõem que seu estudo bibliométrico ajudará pesquisadores e instituições a formarem novas redes colaborativas de trabalho e também poderá ser útil para os editores avaliarem a eficácia difusão e das internacionalizações de suas revistas.

O primeiro estudo para a caracterização da produção científica na área de Tecnologia do Ambiente Construído, utilizando a bibliometria, foi realizado por Pithan *et al.*, em 2005. Na pesquisa foram consideradas as publicações entre os anos de 1993 e 2002. Seu resultado revela um crescimento tanto na quantidade de publicações quanto no número de autores e instituições envolvidos, mas aponta uma deficiência no rigor científico em uma elevada parcela dos artigos publicados. Esta carência é decorrência da falta de explanação a respeito do método de pesquisa. Os autores também verificaram a necessidade de discussão dos temas e de ferramentas que automatizem a coleta e processamento dos dados para este tipo de estudo.

Arrebola *et al.* (2011) também desenvolveram um panorama dos estudos científicos, neste caso voltados à Engenharia Urbana no Brasil, entre os anos de 2007 e 2009. A partir do relatório trienal publicado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), foram analisadas por eles as dissertações produzidas nos Programas de Pós-Graduação da área de “Engenharia I”, voltados à Engenharia Urbana. Os autores concluíram que o Planejamento e a Gestão Ambiental são os temas mais frequentes, “(...) o que demonstra a preocupação da academia em apontar respostas, soluções e novas tecnologias que atendam às necessidades prementes da sociedade, principalmente no que diz respeito às questões urbanas e ambientais”.

Uma das bases de dados de publicações científicas mais importantes e acessadas, a *Web of Science*, foi foco de alguns estudos bibliométricos. Kneipp, *et al.* (2011) elaboraram uma investigação sobre o tema “Inovação Sustentável”. Das 1022 publicações relacionadas ao assunto, entre 2000 e 2010, a maioria encontra-se no *Journal of Cleaner Production* e no *Delft University of Technology*. Como a rede inclui trabalhos de vários países, os autores constataram

que os Estados Unidos lideram o *ranking* da temática. Os tópicos mais citados dentre os artigos pesquisados são Desenvolvimento, Gestão e Tecnologia (Kneipp, *et al.*, 2011). A respeito do tema específico das coberturas verdes, tem-se o artigo apresentado por Blank, *et al.* (2013). O estudo aponta um crescimento no número de publicações sobre telhado verde e que demonstram uma mudança de foco nas pesquisas, tendendo mais para as questões ambientais relacionados do que a estética arquitetônica. O aumento da quantidade de países envolvidos na investigação e a multidisciplinariedade também é exposto pelos autores, que concluem ter havido um maior interesse pelo assunto. Blank *et al.* (2013) ressaltam que mesmo com o incremento dos estudos relacionados às coberturas verdes, há muito que avançar ainda, como o desafio de aplicar a técnica em regiões mais secas. A pesquisa na área da construção realizada por Cañas-Guerrero *et al.* (2014) avaliou a evolução das publicações na categoria “Construção e Tecnologia da Construção”. Os autores evidenciaram as instituições e países mais produtivos além da difusão das revistas relacionadas ao tópico. Os autores computaram todos os artigos e resumos publicados entre os anos de 1997 a 2011, totalizando 39.725 documentos. A investigação demonstrou grande expansão da atividade de pesquisa do assunto abordado, impacto e colaboração global, além de crescente interesse relacionado à eficiência energética e o conforto nas edificações.

Oliveira (2012) afirma que o volume da produção científica em sustentabilidade é pequeno, mas crescente. A autora comenta que “Após a Conferência Mundial de 1992 (Rio 92) o tema ganhou mais visibilidade o que pode explicar em parte o aumento das publicações”. Voltados ao estudo das publicações relacionadas às fontes alternativas de energia, encontram-se Konur (2011) e Liping (2011). O primeiro autor citado explora as características da literatura sobre algas e bio-energia encontradas nos bancos de dados da *Science Citation Index-Expanded (SCIE)* e da *Social Sciences Citation Index (SSCI)* nas últimas três décadas. Em sua análise, o autor menciona os países com maior número de artigos relacionados ao assunto, assim como os autores mais atuantes e as revistas com mais publicações sobre o tema. Assim, Konur (2011) pontua o estado de arte do assunto e demonstra o crescimento exponencial da pesquisa científica na busca por recursos energéticos e combustíveis alternativos. Liping (2011) elaborou uma análise bibliométrica e uma revisão sobre os programas de cooperação intergovernamentais sobre P&D em energia. Os dados para referida pesquisa foram retirados, principalmente, do Relatório Anual do Programa Estadual de Ciência e Desenvolvimento Tecnológico e do Relatório Chinês de Ciência e Tecnologia. Segundo o autor, através da cooperação internacional, as publicações de qualidade sobre o tema têm aumentado e são uma fonte de referência valiosa. Além disso, há o benefício das parcerias pela transferência de tecnologia e de direitos de propriedade intelectual.

Como afirmam Cañas-Guerrero *et al.* (2014), um estudo bibliográfico pode ser de grande utilidade para organização e o planejamento da pesquisa de um campo de conhecimento. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é realizar um estudo bibliométrico para expor matematicamente a produtividade científica do Encontro Latino-Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS). A análise foi realizada a partir das informações das sete edições do Encontro. A intenção é oferecer um panorama geral do evento, de suas publicações, dos principais assuntos abordados, dos autores e instituições mais atuantes. A base de dados conta com um total de 720 artigos publicados nos anais do congresso, nas edições de 1997, 2001, 2003, 2007, 2009, 2011 e 2013.

2 ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS – ELECS

Com o intuito de participar e promover ações mais sustentáveis, a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), através do Grupo de Trabalho em Desenvolvimento Sustentável, organizou os Encontros sobre Edificações e Comunidades

Sustentáveis (ELECS, 2013). Este congresso científico, que conta com a participação de profissionais envolvidos em construção civil e urbanismo, teve sua primeira edição em 1997, em Canela/RS, como evento nacional. No ano de 2013 foi realizada, em Curitiba/PR, a quinta edição do congresso. Com a definição de Portugal como sede do próximo encontro, a abrangência do evento ganhou amplitude internacional (ELECS, 2013).

3 METODOLOGIA

Para a realização do estudo bibliométrico do congresso, foram coletados os dados das sete edições do ELECS (1997, 2001, 2003, 2007, 2009, 2011 e 2013).

Ao todo foram 807 artigos analisados, acessados individualmente a fim de se coletarem informações e transpassa-las ao *software Microsoft Excel®*, o qual foi utilizado como suporte ao levantamento e análise dos dados bibliométricos em questão e como ferramenta para criação de gráficos e tabelas.

As informações computadas dizem respeito aos autores, às instituições e às palavras-chaves. As variáveis estudadas foram: (a) quantidade de artigo por edição e por tema; (b) quantidade de autores por edição; (c) autores mais atuantes; (d) nível de qualificação dos autores por artigo; (e) quantidade de instituições por edição; (f) instituições mais atuantes; (g) palavras-chaves.

Quanto aos objetivos da pesquisa, esta investigação analítica permite questionar os resultados e dimensionismo do ELECS, aumenta a familiaridade do pesquisador quanto aos temas abordados e clarifica a proposta do evento.

As principais análises realizadas a partir destas variáveis são apresentadas no capítulo a seguir.

4 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DO ESTUDO

Conforme mencionado, para obter um panorama da produção científica do evento, foram investigados os Anais das sete edições realizadas. A partir destes dados realizaram-se análises citadas no item 3.

4.1 Quantidade de artigos

A concepção do ELECS foi realizada de forma a abranger os temas que envolvem a intervenção profissional sobre o ambiente. Por este motivo, foram definidas três áreas de concentração para os trabalhos científicos a serem apresentados e publicados no encontro: (a) Escala dos Materiais; (b) Escala da Edificação; (c) Escala Urbana. Cada um destas áreas abrange uma gama de assuntos relacionados, que permite o melhor enquadramento das pesquisas dentro da proposta do congresso. Eficiência energética, sustentabilidade, gestão, ecotécnicas e desenho urbano, são alguns dos temas abordados no ELECS. Por conta disso, a avaliação de publicação por edição foi realizada considerando o total de publicações por ano e a dimensão de cada escala (Figuras 1 e 2).

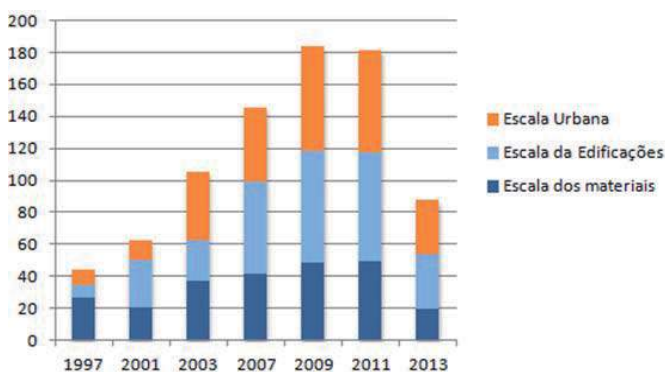


Figura 1. Total de artigos por ano

Conforme apresentado na Figura 1, nota-se um crescimento no número de publicações ao longo dos anos, tendo em 2009 o número mais expressivo entre todas as edições. Verificou-se que na primeira edição, ainda de cunho nacional, a Escala dos Materiais teve uma representatividade superior às outras áreas.

A Figura 2 apresenta o gráfico com a percentagem de artigos em cada uma das três escalas, consideradas as sete edições do evento.

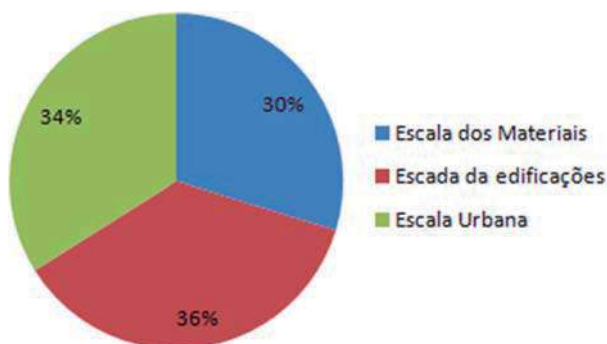


Figura 2. Quantidade de artigos por Escala

Verificou-se que a diferença entre os focos dos trabalhos apresentados foi bastante equilibrada, chegando a ser praticamente proporcional no total geral de publicações. Isso indica o envolvimento de pesquisadores de várias linhas de investigação no evento, como recursos energéticos, geotécnicos, materiais, planejamento urbano e ambiente construído. Apesar da equidade, houve uma pequena ênfase nos temas relacionados à Escala das Edificações. Este fato deve-se ao crescimento do interesse na investigação do conforto no ambiente construído como pelo aumento das certificações verdes de edifícios. Verificou-se também a diminuição das publicações na Escala dos Materiais, que pode ter sido motivada pela existência de outros congressos nesta área, o que pulveriza os artigos.

4.2 Quantidade de autores por artigo

Os dados analisados e apresentados (Quadro 1) mostram que a maioria dos estudos são realizados por dois e três autores. Esta variável pode demonstrar que, de forma geral, a maioria dos trabalhos são elaborados em Programas de Pós-graduação, onde os autores são os discentes e seus orientadores.

Tabela 1. Quantidade de autores por artigo

Nº de Autores	Nº de Artigos
1 autor	106
2 autores	273
3 autores	231
4 autores	115
5 autores	36
6 autores	31
7 autores	7
8 autores	3
9 autores	4
10 ou mais autores	1
Total	807

4.3 Autores mais atuantes

Para compreender o cenário das produções científicas relacionadas aos temas do ELECS foi relevante conhecer os pesquisadores mais influentes nas áreas relacionadas ao evento. Com este intuito foi realizada uma análise dos autores que mais publicaram artigos no congresso. No

Quadro 2 estão relacionados os nomes dos pesquisadores mais atuantes e o número de suas publicações no encontro.

Tabela 2. Autores mais atuantes

Autores	Nº de Publicações
Sattler, Miguel A.	42
Alvarez, Cristina E.	35
Ino, Akemi	31
Shimbo, Ioshiaqui	22
Tavares, Sérgio F.	16
Rocha, Janaíde C.	13
Bissoli-Dalvi, Márcia	12
Lopes, Wilza G. R.	11
Teixeira, Bernardo A. N.	10
Cheriatf, Malik	10
Andrade, Liza M. S.	10
Zanin, Maria	9
Fedrizzi, Beatriz M.	9
Zanin, Nauíra Z.	9
Cesár, Sandro F.	8
Pimentel, Lia L.	8
Barros, Bruna R.	8
Silva, Vanessa G.	7
Alvarenga, Rita C. S. S.	7
Matos, Karenina C.	7
Vargas, Paulo S. P.	7
Bohadana, Ingrid P. B.	6
Castaño, Alexander G.	6
Ecker, Vivian D. I.	6
Silva, Ricardo D.	6
Amorim, José A.	6

Verificou-se que a maioria dos artigos computados nessa avaliação são elaborados por mais de um pesquisador e este fato demonstra que muitos dos autores listados atuam como orientadores em programas de Pós-Graduação. Os autores constantes do topo da lista são aqueles que atuam há alguns anos no desenvolvimento de investigações nesta área do conhecimento, como Sattler e Alvarez, que são precursores do evento e participam ativamente de grupos de trabalho da ANTAC.

Com esta análise foi possível estabelecer um panorama dos pesquisadores na área da construção civil e este conhecimento pode ser o caminho para serem estabelecidas novas parcerias.

4.4 Nível de qualificação dos autores

Na avaliação da qualificação dos autores presentes na produção científica do ELECS identificou-se, em um total de 1324, que 388 deles não informaram seu nível acadêmico. Por tanto, a análise constante do gráfico (Figuras 3) computou apenas os demais pesquisadores.

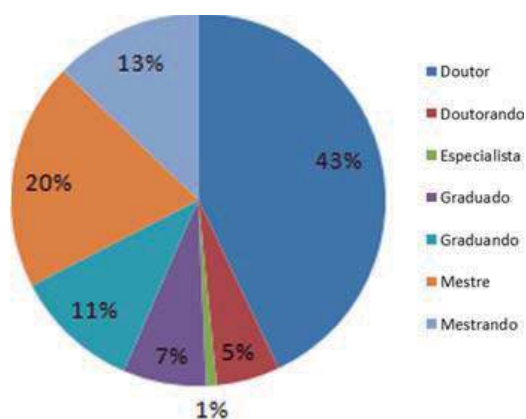


Figura 3. Nível de qualificação dos autores

A partir dos dados informados na Figura 3, nota-se que a produção científica do evento contou com a participação mais relevante de doutores (43%), seguida pela atuação de mestres (20%). As demais titulações aparecem com menor representatividade, o que reforça a influência dos orientadores nas publicações do ELECS. Esta análise demonstra maior interesse dos doutores em apresentar suas pesquisas no congresso, assim como a qualidade dos artigos, pois evidencia a experiência científica dos autores.

4.5 Instituições participantes

A quantidade de instituições participantes do ELECS aumentou ao longo dos anos, tendo alavancado de 2003 para 2007 e alcançado maior proporção em 2011. Na última edição do evento (2013), houve um decréscimo neste número (Figura 4). É preciso informar que 59 autores não apresentaram ligação com alguma instituição, por tanto esta avaliação refere-se à 97,33% da amostragem.

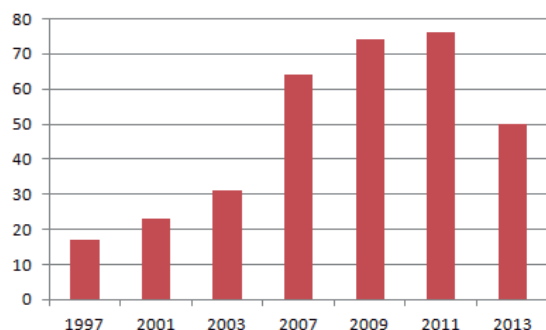


Figura 4. Instituições participantes

O desinteresse no evento por algumas universidades pode ser identificado pela seleção de outros congressos e revistas para publicação das pesquisas ou até mesmo pela mudança de temas de pesquisa para campos diferentes dos abrangidos nas Escalas do ELECS.

Ainda com relação às instituições participantes do encontro, um importante aspecto que foi avaliado: o número de publicações por instituição. No Quadro 3 tem-se as universidades que mais aparecem na produção científica do congresso por conta do vínculo com os autores dos artigos.

No topo da lista, com 212 trabalhos publicados em todas as edições do ELECS, está a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), seguida pela Universidade de São Paulo (USP) com 205 artigos e resumos. Também com números expressivos de publicações estão a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Tabela 3. Instituições mais atuantes

Instituição	Nº de Publicações
UFRGS	212
USP	205
UFES	197
UFSCar	113
UFSC	102
UNESP	84
Unicamp	64
UFV	61
UFPE	59
UFPR	56
PUC-Campinas	52
UFAL	45
UFRJ	43
UnB	43
UPE	43
UFPB	42
UFF	39
UEL	37
UFPI	37
UFBA	27
UNIFOR	26
UPF	26
UFMT	25
UFRN	24
UTFPR	22

Esta avaliação demonstra as regiões sudeste e sul como polos de pesquisa na área da construção civil. Outro aspecto importante que é verificado no Quadro 3, é a singela presença de instituições privadas. Apenas três instituições particulares constam na lista, são elas a Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), a Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e a Universidade de Passo Fundo (UPF). As publicações destas universidades juntas somam 6,18% do total dos trabalhos apresentados no ELECS. Esta constatação remete a uma realidade, a falta de incentivo para pesquisa do setor privado.

5 PALAVRAS-CHAVE

Uma das análises mais relevantes para compreensão do panorama da produção científica do Encontro Latino-Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis está relacionada aos assuntos abordados. Para ampliar o horizonte do conhecimento desenvolvido na Escala que o evento atinge, elaborou-se um exame das palavras-chave utilizadas nos artigos. De forma a melhor visualizar os temas e a sua relevância dentro do panorama do encontro, foi construída uma nuvem de palavras-chave (Figura 5).



Figura 5. Nuvem de palavras-chave. Fonte: Gerado pelo wordle™

Apresenta a palavra “sustentabilidade” em destaque. Isto ocorreu por conta de abranger assuntos em todas as Escalas – Materiais, Edificações e Urbana. Foi possível identificar também que a habitação e questão ambiental são os objetos de estudo mais frequentes nas publicações do congresso. Estes e outros temas são estudados pelas lentes do planejamento e da gestão. Além disso, importantes contribuições no campo da energia, do conforto e da reciclagem de resíduos são verificadas nos trabalhos apresentados.

6 CONCLUSÃO

A partir do estudo bibliométrico da produção científica do Encontro Latino-Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis foi possível comprovar o crescimento do evento. A análise das palavras-chave evidencia que o ELECS caminha nas mesmas direções apontadas pelos estudos apontados no item 1 deste artigo. Este fato ressalta a importância e a atualidade dos temas do evento.

O evento iniciou em 1997 e este artigo relatou o crescimento das pesquisas na área. A análise foi realizada a partir das informações das sete edições do Encontro anteriores ao de 2013. A concepção do ELECS envolve temas sobre a intervenção profissional sobre o ambiente, dividida em três áreas de concentração apresentados e publicados no encontro: (a) Escala dos Materiais; (b) Escala da Edificação; (c) Escala Urbana. A intenção foi oferecer um panorama geral do evento, suas publicações, os principais assuntos abordados, autores e instituições mais atuantes.

A base de dados ponderada conta com um total de 720 artigos publicados nos anais, nas edições de 1997, 2001, 2003, 2007, 2009 e 2011 e mais 142 (2013). Constatou-se que a participação dos cursos de Pós-Graduação no ELECS é responsável pela maior parte das publicações, fato que revela a alta representatividade de pesquisadores que atuam como orientadores nestes programas e que a maioria dos artigos contam com a participação de pelo menos um pesquisador Doutor.

A análise leva a constatação que a habitação e questão ambiental são os objetos de estudo mais frequentes nas publicações do congresso. Ainda tem-se presente assuntos como resíduos, gestão e a abordagem social também que sobressaem nos estudos. O Estudo sobre com as palavras chaves demonstram que de forma menos expressiva apareceram as palavras sustentabilidade, energia, eficiência e impacto. Demonstra que para o ELECS 2013 pouca ênfase foi dada às palavras-chave no interesse principal do evento, que era “repensar a interferência do homem no ambiente construído e urbano”. A expectativa é discutir como os eventos deste porte de fato atuam conectando pessoas e ideias sobre um mesmo tema.

Verificou-se que a participação dos cursos de Pós-Graduação no ELECS é responsável por boa parte das publicações. Este fato deve-se à alta representatividade de pesquisadores que atuam como orientadores nestes programas. Por este mesmo fator se pode notar que a maioria dos artigos conta com a participação de um doutor.

Outra ocorrência relevante evidenciada no estudo foi a modesta participação de pesquisas de instituições privadas no evento. Esta constatação demonstra a falta de interesse do setor no desenvolvimento científico, fato que fica mais evidente ao se verificar que as três únicas universidades particulares representadas no ELECS são filantrópicas ou comunitárias, ou seja, sem fins lucrativos. Esta é uma realidade que pode ser comprovada em outros campos do conhecimento e que afeta o crescimento intelectual e o desenvolvimento econômico de uma nação.

REFERÊNCIAS

Arrebola, D. L. C. C., Machado, H. H. S., Rodrigues, K. P., Vanderlei, R. D., Neto, G. de A. Panorama do estudo de Engenharia Urbana no Brasil. Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau, 2011.

Blank, L., Vasl, A., Levy, S., Grant, G., Kadas, G., Dafni, A., Blaustein, L. Directions in green roof research: a bibliometric study. *Building and Environment*, v. 66, p. 23-28, 2013.

Cañas-Guerrero, I., Mazarrón, F. R., Calleja-Perucho, C., Pou-Merina, Ana. Bibliometric analysis in the international context of the “Construction & Building Technology” category from the Web of Science database, v. 53, p. 13-25, 2014.

Encontro Latino-Americano De Edificações E Comunidades Sustentáveis (ELECS). Anais do I ENECS, Canela, 1997. Anais do I ELECS, Canela, 2001. Anais do II ELECS. Anais do III ENECS, São Carlos, 2003, Campo Grande, 2007. Anais do III ELECS, Recife, 2009. Anais do IV ELECS, Vitória, 2011. Anais do ELECS 2013, Curitiba. Disponível em <<http://www.elecs2013.ufpr.br/>> Acesso em 04 de setembro de 2014.

Kneipp, J. M., Rosa, L. A. B. da, Bichueti, R. S., Madruga, L. R. da R. G., Schurch Junior, V. F. Emergência temática da inovação sustentável: uma análise da produção científica através da base *Web of Science*. *Revista de Administração da UFSM*, Santa Maria, v. 4, n. 3, p. 442-457, set.-dez. 2011.

Konur, O. The scientometric evaluation of the research on the algae and bio-energy. *Applied Energy*, v. 88, p. 3532-3540, 2011.

Liping, D. Analysis of the relationship between international cooperation and scientific publications in energy R&D in China. *Applied Energy*, v. 88, p. 4229-4238, 2011.

Marques, M. M. Indicadores bibliométricos em sistemas de informação: uma análise a partir de artigos publicados no Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

Oliveira, C. de M. B. de. A produção científica em sustentabilidade e a contribuição da ciência dos materiais. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

Pithan, D. N., Azambuja, M. M. B., Formoso, C. T., Neto, J. de P. B. Caracterização da produção científica de áreas de conhecimento específicas: aplicação à gestão e economia da construção. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 7-18, jul.-set. 2005.

Lopes, S., Costa, M. T., Fernández-Llimós, F., Amante, M. J., Lopes, P. F. A Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: Indicadores e ferramentas. *Actas dos congressos de Bibliotecários, Arquivistas e Documentaristas*, Lisboa, n. 11 (2012). Disponível em: <<http://www.bad.pt/>>. Acesso em 04 setembro de 2014.

Visualização e Análise da Informação Científica Divulgada no Youtube®

Maria do Carmo Duarte Freitas

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciência e Gestão da Informação, Curitiba, Paraná, Brasil
carmemk2@gmail.com

Miguel Angel Tobias Martinez

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Ciência Gestão e Tecnologia da Informação, Curitiba, Paraná, Brasil
angeltobias@gmail.com

Viviane Helena Kuntz

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
vkuntz@gmail.com

Celso Yoshikazu Ishida

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciência e Gestão da Informação, Curitiba, Paraná, Brasil
celsoishida@gmail.com

Felipe Comunello

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciência e Gestão da Informação, Curitiba, Paraná, Brasil
felipecogumello@gmail.com

Felipe Flores Nunes

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciência e Gestão da Informação, Curitiba, Paraná, Brasil
felipenflores@gmail.com

ABSTRACT: The organization of the V Sustainable Buildings and Communities Meeting (ELECS, 2013) innovated with the implementation of the “Video Poster”, an innovative format of presentation. Documents can still be retrieved on YouTube™ after the meeting. The dynamic media dissemination brings a totally new concept of scientific treatment and visualization, that graphically can discuss how researchers are retrieving the video, creating insights and new research understandings. The procedure consisted in an initial verification of the video organization according to the ELECS conception, divided in three areas of knowledge, then the insertion of the video into the youtube channel and the dissemination using some strategies in social medias, monitoring the results. The results provide indicators related to the publication of resources for teaching and learning within the responsibility of selecting information, such as the definition of tag, metadata and technical terminology used, among others.

Keywords: Video Post, Sustainability, Innovative technologies, Information visualization, Science Popularization (Dissemination).

RESUMO: A organização do V Encontro sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS, 2013) inovou com a implantação de um formato diferenciado denominado vídeo pôster. Os trabalhos, após o evento, continuam disponíveis no You Tube™. A divulgação em mídia dinâmica traz ainda um novo conceito para tratamento e visualização científica que possibilita explorar como os pesquisadores estão recuperando os vídeos e estes dados e informações podem ser discutidos graficamente, com vistas a obter compreensão e insight para novas pesquisas. O método compreendeu primeiro a organização dos vídeos segundo a concepção do ELECS, dividida em três áreas de concentração, posteriormente a inserção no canal e, por fim, a divulgação nas mídias sociais com estratégias de acompanhamento das visitas. Os resultados fornecem indicadores, relacionados com a publicação de recursos de ensino e aprendizagem no

domínio da competência de seleção da informação, tais como definição de tag, metadados e nomenclatura técnica utilizada entre outros.

Palavras-chave: visualização da informação, divulgação científica, vídeo pôster.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento do uso da tecnologia de informação e comunicação (TIC) ganha espaço em todas as áreas do conhecimento, nas empresas, nas escolas e na vida do cidadão comum.

Vive-se em um cotidiano onde ocorre o contato com informações a todo instante por meio de canais como jornais, rádio, televisão, internet, sinalização, entre outros. A transmissão da informação necessita de um veículo (canal), um emissor e um receptor para torna-se comunicação.

Nesse sentido, a disseminação das ideias de sustentabilidade apoiada pela TIC desafiou os pesquisadores da área para buscar estratégias de popularização dos conhecimentos científicos desenvolvidos no âmbito das pesquisas nas universidades. A questão a ser respondida foi: Que estratégias utilizar para a sistematização das pesquisas científicas de modo atrativo a sociedade? A ideia foi a de formatar cada projeto em pequenos vídeos de até 3 minutos que foram denominados de vídeo pôster. Freitas et al (2014) conceituam “como um produto de informação resultante de uma gravação e/ou reprodução de um trabalho com possibilidade de captura e armazenagem de áudio, imagem estáticas e em movimento que traduzem em linguagem simples (popular) o resultado científico de uma investigação”.

Durante o V Encontro sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS), realizado em 2013 na cidade de Curitiba, apresentou-se esse novo contexto de visualização das informações em eventos científico, o “Vídeo Post”. A proposta parte da construção, validação e aplicação de uma técnica que possa ser aplicada no desenvolvimento de um programa que realiza a gestão de conteúdo dentro do conceito de Vídeo Pôster. Este artigo descreve esse processo com ênfase na visualização e análise das informações pertinentes a divulgação científica desses vídeos, pós-evento.

2 VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

A divulgação científica por meio de vídeo pôster demonstra o uso da multimídia que possibilita o acompanhamento com a visualização e análise da informação científica, temática a serem detalhadas a seguir.

2.1 Uso da multimídia como estratégia de disseminação

As tecnologias avançam cada vez mais no cotidiano e impulsionam o homem a assumir uma postura que o coloque em atuação frente a essa nova realidade. É difícil imaginar a realização de determinadas atividades sem a utilização dessas tecnologias, pois o acesso a elas está cada vez mais fácil (COSTA; MOITA, 2011).

A multimídia é uma coleção de textos, gráficos, animação, vídeo, som, efeitos especiais, etc. e proporciona uma imaginação infinita, não só mudar a forma de aprender e compreender, mas também mudou a forma de espalhar a informação.

Qingson (2012) destaca as características das tecnologias multimídias, sejam elas:

- a) Integração: a tecnologia multimídia não é a sobreposição de sistemas de símbolos, mas a integração total.
- b) Características não lineares: a estrutura de leitura e escrita das pessoas geralmente, é capítulos, seções, páginas já com o uso da tecnologia multimídia a estrutura é links, hipertexto isso de uma forma mais flexível e mutável para o leitor.

- c) Tempo real: o áudio, vídeo, animação e a multimídia estão intimamente ligados ao tempo, e o processo de integração de sua apresentação e interatividade é em tempo real. Quando um conteúdo é exibido, a sua informação audiovisual é síncrona.
- d) Capacidade de editar: a informação digital é fácil de copiar e modificar, incluindo o áudio (linguagem, som), gráficos (estático e dinâmico), texto e assim por diante, o que pode ser editado de forma flexível por meio da compressão digital.
- e) Facilidade de uso da informação: os usuários podem usar as informações de acordo com suas próprias necessidades, interesses, exigências das tarefas, preferências e características cognitivas, e ter gráficos, texto, áudio e outras formas de informação.

Usado eficazmente, o sistema multimídia melhora significativamente a comunicação inter e intra organizacional. Essencialmente, um sistema de multimídia permite que o usuário final compartilhe, comunique e processe uma variedade de formas de obter informações de forma integrada. Em um ambiente distribuído, por exemplo, ele pode incorporar múltiplas fontes de vários meios de comunicação espacialmente ou temporalmente. As funções de um sistema multimídia incluem (GUNASEKARAN; LOVE, 1999):

- a) captura – é a recolha e a conversão de dados multimídia em um formato digital;
- b) armazenamento – para isso é necessário a identificação de hardware adequado e da organização dos dados em um formulário de multimídia permite aos usuários obterem o rápido acesso à informação;
- c) recuperação – para tanto é necessário o uso de um sofisticado banco de dados e ferramentas de navegação;
- d) apresentação – é a própria a entrega e apresentação da informação.
- e) transferência – é o envio de documentos para um destinatário remoto por meio de uma rede; e
- f) seção de grupo – possibilita a participação em conferência de grupos para grupo.

Um sistema multimídia suporta as funções de captura, armazenamento, recuperação e apresentação. Enquanto as funções de transferência e seções de grupo contam com a incorporação de um sistema de multimídia distribuída.

Ao divulgar essa multimídia tem-se a possibilidade de obter a visualização e análise das informações científicas. Tem-se a importância da temática de “visualização da Informação científica” a seguir.

2.2 Visualização da Informação científica

A globalização e a modernização estão constantemente impondo desafios novos para a sociedade e aos indivíduos. Cada vez as pessoas estão interligadas as rápidas mudanças tecnológicas, seja no trabalho ou na sua vida cotidiana. E a disponibilidade instantânea de grandes quantidades de informação são fatores que contribuem para essas novas demandas. Nesse cenário a produtividade e a competitividade estão baseadas na capacidade de gerar, de processar e de aplicar a informação (Castells, 1999; Bach; Domingues; Walter, 2013).

A visualização de informação procura transformar em uma representação gráfica e interativa um conjunto de dados brutos. Para tanto, busca torna-los em conformidade com os objetivos do desafio de gestão de informação, detalhando o que se compreende por tratar, recuperar e disseminar informação relevante a partir de volumes de dados. (Da Silva, 2007). Afim que esclarecer o porquê dessa necessidade Da Silva (2007) propõem um diagrama representando o processo de visualização de informação (figura 1).

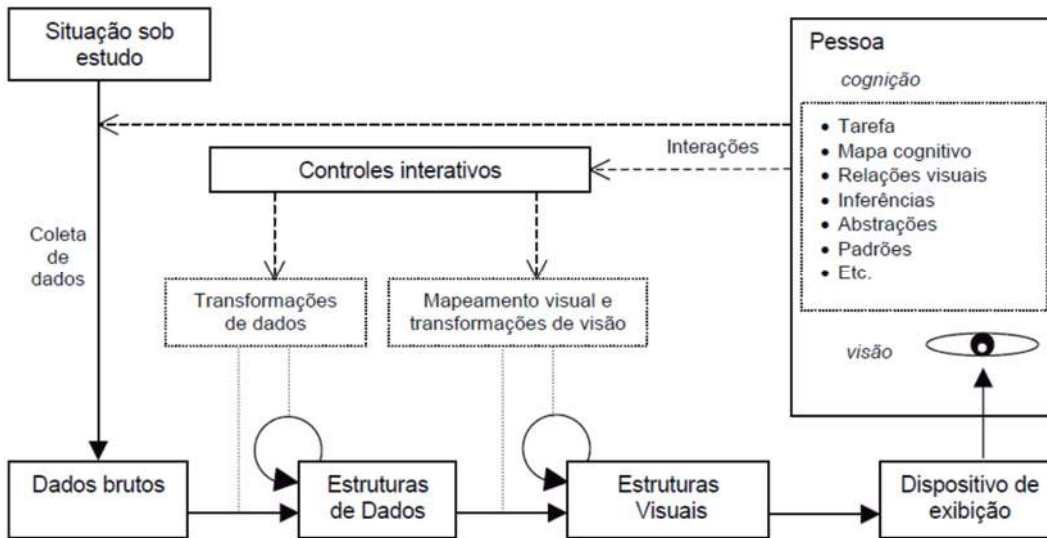


Figura 1. Processo de visualização de informação. Fonte: Da Silva (2007).

Nesse diagrama, a informação ganha um peso relevante para a decisão e para a ação dos indivíduos, sendo cabe a tecnologia ser o meio de divulgação, promoção, transferência e aprendizagem (FERNANDES et al., 2008).

A informação, segundo Miranda (2010), é expressa pelas interações de pessoas e grupos em um contexto histórico. Sua condição de produção, intermediação e uso não são iguais e essa desigualdade se reproduz em termos de oportunidades de acesso e uso.

Essas atividades são completadas por trabalhos que envolvem a análise da qualidade da informação, necessidades informacionais dos usuários, estudo sobre os usuários, marketing da informação, informação estratégica, entre outras (ARAÚJO; AMARAL, 2010).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com objetivo de disseminar os conteúdos científicos tratados nos eventos, propor-se durante o V Encontro sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS), realizado em 2013 na cidade de Curitiba, apresentou-se um novo contexto de visualização das informações, o “Vídeo Post”. A proposta parte da construção, validação e aplicação de uma técnica que possa ser aplicada para gestão de conteúdo científico de um evento. Este artigo descreve esse processo com ênfase na visualização e análise das informações pertinentes a divulgação científica desses vídeos, pós-evento, trazendo as etapas necessárias para essa gestão do conteúdo científico e posterior divulgação

Trata-se de uma pesquisa aplicada pois propõem a geração de conhecimento e inovação para aplicação prática. A validação e aplicação deverá ser empacotada em um sistema que realizará a gestão de conteúdo com as etapas especificadas na Figura 2.



Figura 2. Etapas da pesquisa

O processo foi dividido em três etapas que começam no recebimento do vídeo e edição adequada ao evento. Agrupamento por conteúdo e disponibilização online que será detalhado a seguir.

3.1 Primeira etapa: edição de vídeo

Para o processo de submissão dos vídeos começou com a proposta de um roteiro do vídeo. Após aprovação do mesmo para a elaboração do vídeo foi disponibilizado um tutorial de como utilizar o programa “Windows Movie Maker”, ensinando o participante do evento a fazer corte nas cenas, editar o volume do áudio, inserir e remover imagens, inserir novos áudios, entre outros. Além do vídeo modelo “Violino feito de sapato” disponível em <http://goo.gl/yoEjHs>.

Após os participantes submeterem os vídeos pôsteres, montou-se uma equipe composta de 15 pessoas envolvidos no projeto, analisaram cada vídeo com o objetivo de padronizar e melhorar a qualidade dos vídeos, seguindo quatro itens listados a seguir:

1. Normalização de volume para reprodução e com harmonia entre a transição dos mesmos;
2. Inserção da logomarca do evento no início de cada um dos vídeos;
3. Verificação da mídia fonográfica de cada vídeo com disponibilidade de reprodução livre (direitos autorais), segundo ECAD (Escritório Central de Arrecadação e Distribuição);
4. Conversão de formatos para “.AVI” ou “.MP4”.

Para a normalização de volume e inserção da logo ELECS utilizou-se o programa Windows Movie Maker, respectivamente nas instruções: “editar”, “volume de vídeo” e “Início”, “adicionar arquivo”. A alteração do áudio dos vídeos justificou-se pois reproduziam músicas com direitos autorais, sendo substituídas por músicas de domínio público encontrados em repositórios disponibilizados pela ECAD.

A falta de padronização quanto ao formato de arquivo do vídeo influenciou negativamente quanto a ocupação do repositório, relacionado ao tamanho do arquivo ocupavam espaços desnecessários, e também por arquivos encontrarem-se em extensões incomuns ou de difícil reprodução. Para isto com auxílio de um programa *Free ware* chamado *format factory* todos os vídeos passaram por conversão em massa – qualquer que fosse o tipo de extensão, para um formato que reduzisse o tamanho do arquivo e que mantivesse a melhor qualidade possível. Toda a atividade era novidade para o grupo e todas as ações foram experimentais.

3.2 Agrupamento por conteúdo

Após a edição dos vídeos de acordo com regras definidas pelo comitê organizador todos foram armazenados em um HD externo nomeando segundo o padrão do Cadastro de Pessoa Física - CPF - relativo aquele que enviou ou ainda pelo nome do artigo. Em seguida, fez a separação pelas três categorias do evento: edificações, materiais e comunidades. Essa ação ainda visava a disponibilização nos equipamentos das salas para o dia da apresentação.

Com a definição do cronograma de apresentações de acordo com os dias, a área de conhecimento e as salas de apresentação, foi iniciado um trabalho de mineração de cada trabalho de acordo com os autores e o equipamento específico de cada sala de apresentação. Porém, a organização seguia o padrão de acordo com o nome e/ou CPF da pessoa que iria apresentar, checando o material em duas etapas, sendo elas:

- Elaborar uma tabela que associava autores e seus trabalhos se não fosse encontrado dessa maneira.
- Verificar o e-mail de recebimento dos artigos e comparar o CPF enviado com o nome dos vídeos armazenados. Um dos problemas que trouxe problemas na separação dos vídeos e organização dos mesmos.

Após passar os arquivos para os computadores durante as apresentações designou-se um membro da equipe para acompanhando caso algum vídeo apresenta-se problema. Depois do termino do evento teve início a disponibilização online, etapa a seguir.

3.3 Disponibilização online

Uma vez que foram coletados e organizados por categoria, os vídeos foram carregados no Youtube® de acordo aos passos estabelecidos pela plataforma, os quais, são os seguintes:

1. Cria-se uma conta no na plataforma, a qual tem que ter um identificador, o qual foi especificado como o Canal com nome ELECS 2013 (<https://www.youtube.com/user/elects2013>). Uma vez criado o Canal e feito o login no YouTube, se segue à seguinte etapa para carregar os vídeos.
2. Clique-se no botão Carregar na parte inferior da página.
3. Seleccionem-se os vídeos que se deseja enviar desde o computador.
4. Antes de clicar no botão enviar, ainda se carregam os vídeos seleccionados enviar, pode-se escolher as configurações de privacidade do vídeo. Durante o carregamento, é possível adicionar informações (por exemplo: título, descrição, tags), alterar suas configurações de privacidade, adicionar o vídeo a uma playlist, escolher uma miniatura personalizada ou decidir se é desejado postar o vídeo no google+ ou twitter.
5. Depois se podem editar as informações básicas e as configurações avançadas do vídeo e decidir se deseja notificar os inscritos (se desmarcar essa opção, nenhuma comunicação será compartilhada com os inscritos).
6. Uma vez feitas as alterações desejadas nas configurações e nas informações sobre o vídeo se clica em Publicar para concluir o envio ao Youtube®. Entanto pudesse publicá-lo posteriormente em seu Gerenciador de vídeos. Se definir a configuração de privacidade como Particular ou Não Listado, devesse clicar em Concluído para finalizar o envio ou em Compartilhar para compartilhar seu vídeo como particular.

Concluído o processo, o Youtube® envia um e-mail de notificação sobre a conclusão do envio e do processamento do vídeo. Assim, desta maneira já se pode encaminhar esse e-mail para os parceiros, facilitando o compartilhamento.

Desta maneira os vídeos foram carregados ao Youtube®, e posteriormente recorreu-se às opções de tradução (inglês e espanhol), utilizando a legenda nos vídeos onde se colocaram as traduções do que se está apresentando no vídeo ou bem a informação apresentada nos slides, conforme o caso. As legendas apresentam seu conteúdo para um público maior, inclusive espectadores com surdez ou com deficiência auditiva ou pessoas que falam outros idiomas.

Para adicionar as legendas aos vídeos recorre-se à opção Arquivo de legenda, trata-se de um arquivo que contém o texto e os códigos de tempo para a exibição de cada linha de texto. Além disso, podem incluir informação sobre posição e estilo, trazendo conceito de inclusão, no caso surdez ou com deficiência auditiva. Os Arquivos de legendas e transcrições podem incorporar descrições de áudio, como [música] ou (aplausos) para identificar os sons de fundo.

Para adicionar arquivos de legendas ou transcrições foram necessários os seguintes passos na interface do Youtube:

1. Procura-se Gerenciador de vídeos e clicar no menu suspenso ao lado do botão "Editar" do vídeo onde se adicionaram as legendas;
2. Selecciona Legendas. Neste caso se optou pelos Arquivos SRT, ou conhecidos como SubRip, estes são apenas as versões básicas que são suportadas - nenhuma informação de estilo (marcação) é reconhecida.
3. Se nunca adicionou legenda, clique no botão "Adicionar legendas". Ou, se já adicionou uma legenda, clique no botão "Adicionar uma nova faixa".

Com relação ao formato de legenda selecionado, existem outros formatos que se apresentam na Tabela 1.

Tabela 1. Formatos básicos de arquivos de legendas compatíveis com Youtube. Fonte: <https://support.google.com/youtube/answer/2734698?hl=pt-BR>

Nome do formato	Extensão de arquivo	Informações adicionais
SubRip	.srt	Apenas as versões básicas são suportadas - nenhuma informação de estilo (marcação) é reconhecida.
	.sbv ou .sub	Apenas as versões básicas são suportadas - nenhuma informação de estilo (marcação) é reconhecida.
MPSub (legenda MPlayer)	.mbsub	“FORMAT=” parâmetro é suportado.
LRC	.lrc	Sem estilos, mas suporte para formato avançado
Videotron Lambda	.cap	Usado principalmente para legendas em japonês.

Esses formatos requerem apenas informações básicas de tempo e podem ser editados em software de edição de texto simples. A principal diferença entre os arquivos SubRip e SubViewer é o formato dos tempos de início e término da legenda.

4 RESULTADOS

Os resultados, aqui apresentados, referem-se a duas frentes. Primeira realizada após a primeira etapa, em que se utilizou-se de questionários para avaliação do evento, contendo em um dos blocos de questão a avaliação do processo de envio de vídeo pôster para apresentação do conteúdo científico no evento que foi inicialmente aprovado pela comissão.

Posteriormente, os resultados se referem aos números de acesso correspondente a 3ª etapa, nesta, utilizou-se da ferramenta disponível no Youtube®, analytics para recorrer a números como: visualizações, interações com os vídeos, separando por vídeos mais acessados por exemplo.

Tudo que é novo, passa por um processo inicial de rejeição por alguns e para outros aceitação e aprendizado. Para discutir o resultado dessa inovação que visa a “popularização da pesquisa” e divulgação dos resultados de forma mais rápida a sociedade, em síntese, quanto a aprovação dessa inovação, durante o evento científico, a resposta pode ser visualizada na Figura 3.

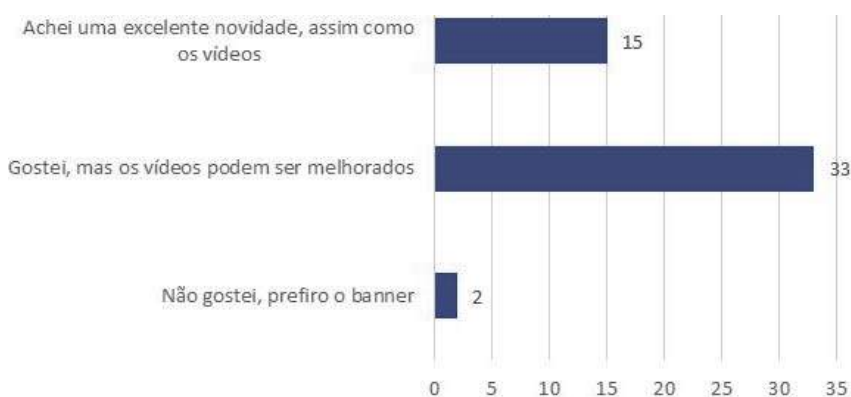


Figura 3. Avaliação da utilização de vídeo pôster

Dos 50 respondentes da pesquisa verificou-se que apenas 2 não apoiaram a utilização do vídeo pôster, a maioria com 66% de aprovação, porém destacam possíveis melhorias, dentre elas: “Organização dos vídeos na sala” e “Áudio com maior volume”.

No pós-evento com a disponibilização dos vídeos possibilitou-se um acompanhamento dos acessos aos vídeos por meio da opção analytics do You tube®. Nesse sentido, tem-se nas Figuras

4, 5 e 6 a visualização dessas informações de divulgação científica.

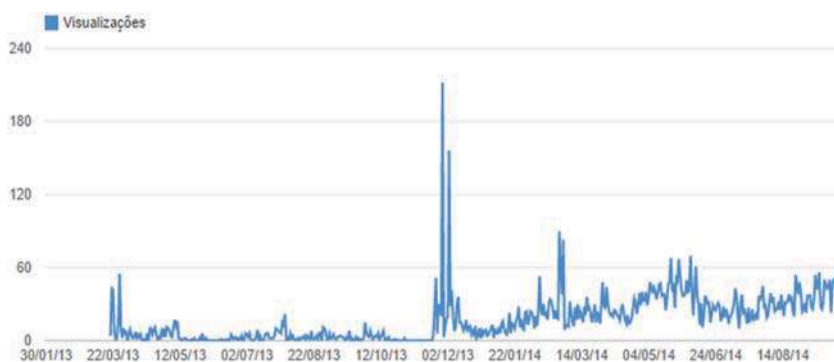


Figura 4. Número de visualizações Fonte: Analytics You Tube

Do total de 9.520 visualizações o cume das visualizações obteve-se logo após a concretização do trabalho de inserção dos vídeos e divulgação em redes sociais.



Figura 5. Interação com os vídeos. Fonte: Analytics You Tube

No que corresponde ao engajamento com comentários, compartilhamentos e inscrições não se observou valores significativos.

Na Figura 6 tem-se a visualização dos vídeos mais acessados. Dos 100 vídeos disponibilizados 7,3% dos acessos são do vídeo “Violino feito de sapato”, pois trata-se do vídeo modelo. Além dessas possibilidades de visualização o website ainda mostra a visão geral de acessos por datas específicas, minutos assistidos, total de ganhos estimados quando se habilita essa ação, bem como informações demográficas, gênero, localização e origem de tráfego.

Video	Visualizações	Minutos assistidos estimados
Violino feito de Sapato	691 (7,3%)	1.069 (8,4%)
Mapeamento do fluxo de valor da cadeia de s...	618 (6,5%)	554 (4,4%)
Light Steel frame: Construção industrializada ...	496 (5,2%)	771 (6,1%)
Teor de ligantes, tipos de cimento e a mitigaç...	440 (4,6%)	806 (6,4%)
Níveis de iluminância em escritório um estudo...	369 (3,9%)	483 (3,8%)
Influência da variação de absorbância solar e ...	251 (2,6%)	315 (2,5%)
Dimensionamento e comissionamento de sist...	239 (2,5%)	317 (2,5%)

Figura 6. Vídeos com maior número de visualização

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que objetivo desse trabalho foi atingido ao descrever o processo de divulgação científica em multimídia com ênfase na visualização e análise das informações pertinentes a divulgação científica desses vídeos.

Embora a aceitação dos vídeos tenha sido representativa, vislumbra-se melhorias, processo natural quando se tem uma inovação do processo. Ao promover esse recurso multimídia tem-

se a sustentabilidade do processo ao reutilizar o material elaborado por meio da divulgação científica dos vídeos, fato evidenciado ao verificar que quase um ano após o evento se registram próximo de mil acessos apenas no mês de agosto de 2014.

Os dados de visualização dessas informações mostraram-se evidente quanto a importância de promover a disseminação da informação científica por meio de vídeo pôsteres. Já os dados de interação se mostram frágeis e passíveis de melhor acompanhamento.

Tem-se como desdobramentos futuros a consolidação do processo, automatizando a partir da prática vivida no do V Encontro sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS, 2013). Além disso, esse registro possibilita o provimento de Repositórios Educacionais abertos (REAs), por se tratar de um recurso educacional a ser aproveitado em aulas e também para a construção de Cursos Online Abertos e Massivos (MOOCs). Trabalhos esses em andamento pelo grupo de pesquisa.

REFERÊNCIAS

Araújo, W.J de. Amaral, S.A. de. (2010) Gestão da segurança do conhecimento: uma proposta de modelo. Informação & Sociedade: Estudos, João Pessoa, v. 20, n.2, p. 91-103, maio/ago.

Bach, T.M.; Domingues, M.J.C de S.; Walter (2013) Tecnologias da informação e comunicação no ensino: um estudo bibliométrico e sociométrico de 1997-2011. Avaliação, Campinas; Sorocaba, SP, v. 18, n. 2, p. 393-416.

Castells, M. (1999) A sociedade em rede (a era da informação: economia, sociedade e cultura). São Paulo: Paz e Terra.

Costa, A.; L.P.de O.; Moita, F.M.C da S.C. (2011) Moodle no curso de ciências biológicas a distância: análise das contribuições no processo de ensino e aprendizagem. Sousa, R.P de; Moita, F.M.C da S.C.; Carvalho, A.B.G. (Orgs.). Tecnologias digitais da Educação. Editora da Universidade Estadual da Paraíba (eduepb), Campina Grande, Paraíba.

Da Silva, Celmar Guimarães. (2007) Considerações sobre o uso de Visualização de Informação no auxílio à gestão de informação. In: XXXIV SEMISH-Seminário Integrado de Software e Hardware. Rio de Janeiro-RJ.

Fernandes, R. et al. (2008) Novas tecnologias de informação e comunicação: território e população: os casos de Coimbra e Guarda. III Congresso Luso-brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, SÃO Paulo, Brasil, Anais....

Freitas, M.C.D.; Schmid, A. L.; Tavares, S. F. Estratégia na comunicação científica na forma de vídeo pôster. In: Teixeira, Borba. (Org.). Administração, Direito e Tecnologia: a serviço da cidadania. 1ed.Curitiba: Instituto Memoria, 2014, v. 1, p. 220-246.

Gunasekaran, A.; Love, P.E.D. (1999). Current and future directions of multimedia technology in business. International Journal of Information Management, v. 19, p. 105-120.

Miranda, S.V. de. (2010) A gestão da informação e a modelagem de processos. Revista do Serviço Público Brasília, v. 61, n. 1, p. 97-112.

Qingsong, Lin. (2012) The application of multimedia technology in web education. Physics Procedia, v. 33, p. 1553-1557.

Cidades melhores: Cidades acessíveis para as pessoas

Anicoli Romanini

Faculdade Meridional, Escola de Arquitetura e Urbanismo, Núcleo de Estudo e Pesquisa em Edificações Sustentáveis (NEPES), Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

anicoli@imed.edu.br

Marcele Salles Martins

Faculdade Meridional, Escola de Arquitetura e Urbanismo NEPES, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

marcelemartins@imed.edu.br

Marina Bernardes

Faculdade Meridional, Escola de Arquitetura e Urbanismo, NEPES, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

marinabernardesp@hotmail.com.br

Daiane Folle

Faculdade Meridional, Escola de Arquitetura e Urbanismo, NEPES, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

daiane.folle@imed.edu.br

ABSTRACT: When thinking about cities for people, just thinking about mobility and accessibility, it is them that urban social life happens. With globalization, computerization, increased vehicle, if you are looking in the midst of the struggle for urban space between vehicles and people, a scenario where the concept of accessibility plays an important role in promoting social equality. Some time ago, comes up trying to propose in Brazilian cities larger spaces accessible to all, with pedestrian safety, with the option of using clean transport and encouraging the bikes. "Mobility is an essential component of the health of the city. Cities can not be designed for cars. The pace of the meeting is the walking pace. They need to draw the cities where space is crucial pedestrian and other light modes of travel, such as cycling, are also favored. Public transport needs to be quality, offering reliability, comfort and dignity to the user" (Lerner, 2013). Thus, cities need a solution to make appropriate decisions regarding the problems and acting managing information in real time, trying to plan the best cities to live. Thus, the aim of this work is to analyze proposals for urban mobility and accessibility for medium-sized cities, in order to reflect on the direction our city, located north of the State of Rio Grande do Sul, Brazil, is taking, in the search for possible solutions to change this reality, understand that people will in fact require only best cities, when they know how and how best their cities can be.

Keywords: City for people, urban mobility and accessibility.

RESUMO: Quando se pensa em cidades para as pessoas, logo se pensa em mobilidade e acessibilidade, pois são nelas que a vida social urbana acontece. Com a globalização, informatização, aumento de veículos, busca-se no meio da disputa pelo espaço urbano entre veículos e pessoas, um cenário onde o conceito de acessibilidade desempenhe um importante papel para a promoção da igualdade social. Há algum tempo, vem-se tentando propor nas cidades brasileiras maiores espaços acessíveis a todos, com segurança do pedestre, com a opção por meio de transportes não poluentes e no incentivo a bicicletas. "A mobilidade é um componente essencial a saúde da cidade. As cidades não podem ser pensadas para os carros. O ritmo do encontro é o ritmo da caminhada. Precisa-se desenhar as cidades para que o espaço do pedestre seja determinante e que outros modos leves de deslocamento, como a bicicleta, também sejam favorecidos. O transporte público precisa ser de qualidade, oferecendo confiabilidade, conforto e dignidade ao usuário" (Lerner, 2013). Assim, as cidades precisam de uma solução para tomar decisões adequadas frente aos problemas e atuar gerenciando informações em tempo real, buscando planejar cidades melhores para se viver. Dessa forma, o

objetivo deste trabalho, é analisar propostas de mobilidade urbana e acessibilidade para cidades de médio porte, com o intuito de refletir sobre o rumo que essas cidades, estão tomando, na busca de possíveis soluções para mudar esta realidade, entendemos que as pessoas só vão de fato exigir cidades melhores, quando elas souberem como e quão melhores as suas cidades podem ser.

Palavras-chave: Cidade para as pessoas, mobilidade urbana e acessibilidade.

1 INTRODUÇÃO

Quando se pensa em cidades para as pessoas, logo se pensa em mobilidade e acessibilidade, pois são nelas que a vida social urbana acontece. Com a globalização, informatização, aumento de veículos, busca-se no meio da disputa pelo espaço urbano entre veículos e pessoas, um cenário onde o conceito de acessibilidade desempenhe um importante papel para a promoção da igualdade social.

Há algum tempo, vem-se tentando propor nas cidades brasileiras maiores espaços acessíveis a todos, com segurança do pedestre, com a opção por meio de transportes não poluentes e no incentivo a bicicletas.

A mobilidade é um componente essencial a saúde da cidade. As cidades não podem ser pensadas para os carros. O ritmo do encontro é o ritmo da caminhada. Precisa-se desenhar as cidades para que o espaço do pedestre seja determinante e que outros modos leves de deslocamento, como a bicicleta, também sejam favorecidos. O transporte público precisa ser de qualidade, oferecendo confiabilidade, conforto e dignidade ao usuário (LERNER, 2013).

Ressaltando a necessidade de reduzir a preocupação global, para a melhoria da mobilidade urbana e expansão da infraestrutura de transporte, políticos e urbanistas, planejam alcançar a acessibilidade, concedendo o direito à igualdade de oportunidades as pessoas. Os fluxos de mobilidade são fundamentais no processo de configuração das infraestruturas, muitas cidades enfrentam a dificuldade de expandir seus sistemas de mobilidade. Outra grande preocupação em algumas cidades é a separação física entre as áreas residências e locais de trabalho, lojas, e serviço de saúde, o cidadão “gasta tempo” e até um terço de sua renda (às vezes mais) (ONUHABITAT, 2013).

Assim, as cidades precisam de uma solução para tomar decisões adequadas frente aos problemas e atuar gerenciando informações em tempo real, buscando planejar cidades melhores para se viver. Dessa forma, o objetivo deste trabalho, é analisar propostas de mobilidade urbana e acessibilidade para cidades de médio porte, com o intuito de refletir sobre o rumo que essas cidades, estão tomando, na busca de possíveis soluções para mudar esta realidade, entendemos que as pessoas só vão de fato exigir cidades melhores, quando elas souberem como e quão melhores as suas cidades podem ser.

2 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho está estruturada na análise de uma pesquisa, que está em andamento, pela Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2013). Entre as etapas já elaboradas está a fase de levantamento das informações, em que a Prefeitura Municipal realizou uma Consulta Pública, com a participação de representantes qualificados da Administração Municipal e da sociedade civil. Além deste, a intenção do projeto é promover a elaboração do Plano Diretor de Mobilidade Urbana da cidade de Passo Fundo – RS. Para isso foram realizadas outras pesquisas complementares de avaliação de imagem, sendo aplicados questionários, aos pedestres, usuários do transporte coletivo e transporte individual, que pretende captar a percepção das pessoas a respeito dos atributos destes serviços.

O método utilizado pela Prefeitura Municipal de Passo Fundo é a técnica de moderação de

reuniões na qual é empregado o apoio de um moderador, cuja função é facilitar o processo de discussão e apresentação dos resultados, permitindo que os participantes se concentrem no conteúdo dos temas propostos, a metodologia pretende analisar os problemas e soluções que os participantes propõem. O método foi aplicado em partes utilizando sua ferramenta com identificação dos problemas e das diretrizes para sua superação. As atividades foram realizadas com discussão dos temas propostos em pequenos grupos.

O procedimento básico consiste no registro em cartelas das principais definições do grupo em cada etapa, visualizando-se permanentemente os resultados da discussão. Algumas orientações básicas para o adequado funcionamento desta metodologia foram apresentadas.

a) Apresentar apenas uma ideia, conceito ou proposta por cartela, sem limite para a quantidade de cartelas, isto é, tanto na identificação dos problemas quando na proposição de diretrizes para enfrentá-los poderiam ser apresentados múltiplas respostas.

b) A formulação de cada ideia ou proposta deve caber em apenas uma cartela, exigindo esforço de síntese e precisão dos conceitos;

c) O preenchimento das cartelas deve ser feito com letra grande (máximo 4 linhas na cartela) e legível de forma a serem claramente visualizadas por todos os participantes.

O objetivo desta etapa busca contribuir para a orientação da ação pública em planejamento de projetos que tenham o atendimento as expectativas dos consumidores. As entrevistas foram aplicadas aos usuários do transporte coletivo e transporte individual e realizadas no período de 23 a 26 de outubro de 2013.

3 MOBILIDADE URBANA

A mobilidade urbana é uma das temáticas mais importantes em desenvolvimento no Brasil e no mundo, e um tema muito debatido atualmente, visto que proporciona condições necessárias para um deslocamento de qualidade para as pessoas. Assim, torna-se necessária a Licitação do Transporte, visto que pretende qualificar o transporte coletivo urbano público, um papel fundamental para a mobilidade, possibilitando a melhora do fluxo de veículos.

Porém, o setor enfrenta uma série de desafios, além da infraestrutura é responsável por uma porcentagem elevada das emissões de gases do efeito estufa que causam mudanças climáticas, causadores de vários efeitos na saúde da população. O avanço e progresso no fluxo de veículos contribui para diminuir o impacto ambiental procedente do deslocamento de numerosos carros.

O transporte coletivo público, possui um papel fundamental para a mobilidade urbana com qualidade, é de extrema importância que o poder público de cada cidade analise, e perceba que o desenvolvimento de sistemas de transportes urbanos sustentáveis necessita de uma mudança imediata dos paradigmas atuais, visto que há um conjunto de externalidades negativas, além das poluições e congestionamentos, também temos o número excessivo de acidentes. Desta forma, considera-se a substituição dos deslocamentos motorizados individuais por deslocamentos não motorizados e a priorização do transporte coletivo. Segundo a Lei nº 12.587/12, municípios que excedam o número de 20 mil (vinte mil) habitantes, deverão elaborar até o ano de 2015 seus Planos de Mobilidade Urbana. A não apresentação pelos municípios implicará no impedimento de receber recursos federais destinados à mobilidade urbana. Outras das principais conquistas da lei referem-se à priorização do transporte público, ou formas de mobilidade não motorizadas; nova gestão de tarifas de transporte e o estabelecimento de padrões para a emissão de poluentes.

Segundo Litman (2015), o transporte público fornece locomoção para pessoas que não podem conduzir ou adquirir um veículo de uso pessoal, possibilitando que deficientes, idosos e pessoas com baixa renda tenham acesso aos mais diversos serviços básicos por um preço menor do que o aluguel de taxis por exemplo. Outros benefícios dizem respeito a redução de custos com

aquisição e manutenção de veículos pessoais, diminuição de congestionamento, conservação de energia e redução de emissores de poluição, embora estes benefícios sejam dependentes dos modelos de transporte público utilizados. Ainda, a mensuração da qualidade dos serviços de transporte público possibilita o mapeamento de pontos a serem melhorados, como implantação de novas linhas e aumento do conforto dos veículos.

4 MOBILIDADE URBANA – CONSULTA PÚBLICA EM PASSO FUNDO – RS - BRASIL

Passo Fundo é um município brasileiro da região sul, localizado no interior do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). É a maior cidade do norte do estado, sendo considerada cidade média, com população estimada em 200.000 habitantes. É uma das cidades mais densas do Estado.

Passo Fundo possui como seus principais meios de transporte o automóvel, o transporte rodoviário e coletivo, a qual possui três empresas de transporte coletivo, cada uma possui em média vinte linhas. Segundo dados da Prefeitura Municipal (2014) 120 ônibus circulam por dia na cidade, da frota total cinquenta ônibus são APD (apropriados para deficientes).



Figura 1. Localização da cidade de Passo Fundo em relação ao Estado do Rio Grande do Sul.

A consulta pública é parte da etapa de levantamento de informações e foi realizada com o objetivo de identificar e caracterizar os anseios de representantes da administração municipal e de setores organizados da sociedade a respeito de questões relacionadas à Mobilidade Urbana. Com a intenção de promover a elaboração do Plano Diretor de Mobilidade Urbana da cidade de Passo Fundo/RS foram realizadas conjuntamente outras pesquisas, que utilizaram a avaliação de imagem.

A pesquisa, inicialmente dimensionada para ser feita com 1.200 entrevistas, foi ampliada em função da necessidade de complementar o número de respostas em algumas zonas, de modo a manter a confiabilidade estatística da amostra.

Concluída a consistência dos dados primários, 1308 respostas foram aproveitadas para a avaliação de imagem, distribuídas entre 541 usuários do transporte coletivo e 767 do transporte individual, conforme Tabela 1. Verifica-se que 59% dos respondentes dizem ser usuários do transporte coletivo, enquanto 41% dos restantes, são usuários do transporte individual.

A distribuição dos entrevistados por sexo ocorreu da seguinte forma (Tabela 1):

Tabela 1. Distribuição dos respondentes por sexo:

Sexo	Coletivo	Individual	Total
Masculino	158	503	661
Feminino	376	250	626
Não registrado	7	14	21
Total	541	767	1.308

Através do uso “Visualização em Cartelas” que busca obter maior objetividade e produtividade na discussão nos grupos e na formulação de análises e de propostas, permitindo combinar o estímulo à participação de todos com uma maior eficiência nas tomadas de decisões, as respostas foram classificadas em “muito bom”, “bom”, “regular”, “ruim” e “muito ruim”. A intenção destas é captar a percepção das pessoas a respeito dos atributos destes serviços. Os formulários preenchidos em campo passaram por um processo de tabulação e consistência, realizado em escritório.

Para os usuários do transporte coletivo foram solicitadas as avaliações a respeito dos seguintes atributos (Figura 2):

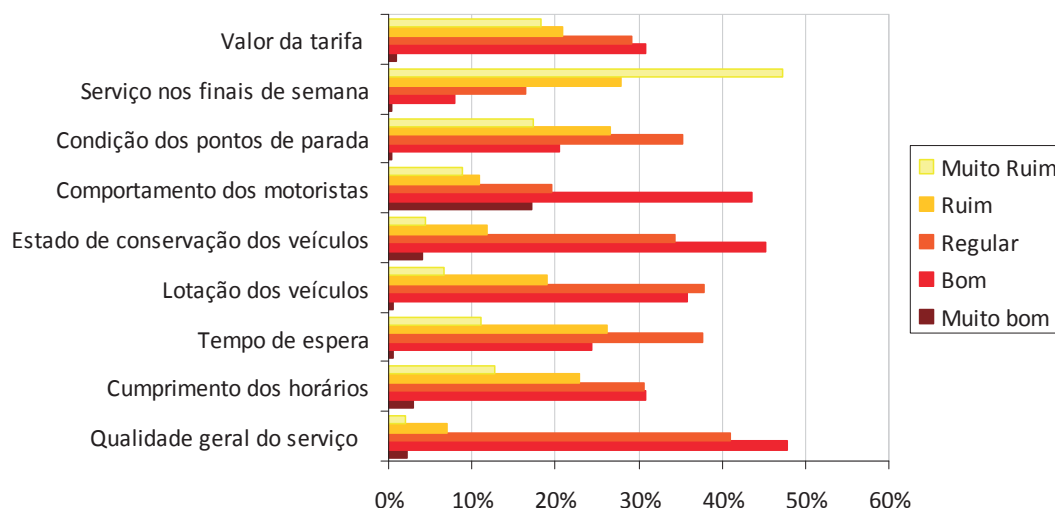


Figura 2. Dados referentes ao transporte coletivo utilizado.

De acordo com o gráfico acima, para os usuários do transporte coletivo, o principal problema, por larga margem, se refere à insuficiência de oferta, expressa principalmente nos serviços oferecidos nos finais de semana, nas condições dos pontos de paradas, no cumprimento dos horários, na demora ou no elevado tempo de espera, e consequentemente na lotação dos veículos, ocasionada por esses problemas em conjunto.

Para os usuários do transporte individual foram solicitadas as avaliações a respeito dos seguintes atributos (Figura 3):

A falta de fluidez e segurança, juntamente com uma sinalização “regular” são os principais problemas apontados pelos usuários do transporte individual. Interessante que uma parcela das respostas, minoritária, aponta a necessidade de implantação de corredores para o transporte coletivo.

O que se percebe é que existem diferentes problemas envolvidos na mobilidade urbana da cidade, e os congestionamentos são resultados de cidades que crescem e se desenvolvem privilegiando o carro como principal meio de locomoção, e de ofertas insuficientes de transportes coletivos urbanos os quais não conseguem suprir a demanda dos horários de entrada e saída do trabalho.

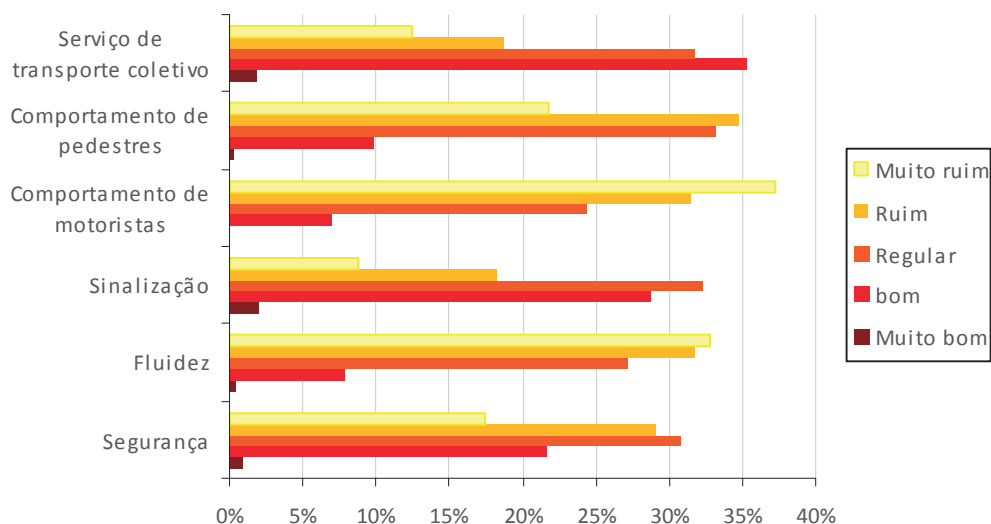


Figura 3. Dados referentes ao transporte individual utilizado.

Esses congestionamentos provocam sentimentos de revoltas nos usuários, o que justifica as significativas respostas, entre muito ruim, ruim e regular, referente ao comportamento dos pedestres e motoristas no trânsito. Além disso, as calçadas da cidade são estreitas, grande parte delas sem sombra, e com diversas barreiras como lixeiras e diferenças de níveis.

Dessa forma, entendendo a mobilidade como o deslocamento fácil e com qualidade nas cidades, utilizada de diferentes formas e vias, percebe-se que a cidade de Passo Fundo, bem como demais cidades de porte médio, estão sofrendo com essas questões.

A mobilidade ideal é aquela que oferece o deslocamento confortável e seguro para seus usuários, pois, vai além do transporte urbano, tratando diretamente da interação das pessoas com as cidades. Entretanto, não é o que se vê nos espaços públicos. As cidades se tornaram espaços destinados aos veículos, com infraestruturas de vias públicas não pensadas para as pessoas, muito menos para as portadoras de deficiências físicas.

Além disso, as cidades, em especial a do estudo em questão, vêm se desenvolvendo cada mais rápido a partir de aberturas de novos bairros, cada vez mais distantes dos seus locais de trabalho, lazer ou estudo. Neste modelo de crescimento, os moradores precisam percorrer grandes deslocamentos, o que resulta em tempo para ir e vir durante a vida cotidiana, e exige que a cidade possua infraestrutura com ruas e avenidas que se conectem aos lugares necessários. Santo e Vaz (2005), citam que “pensar a mobilidade urbana é pensar sobre a organização dos usos e a ocupação das cidades da sua melhor forma, garantindo o acesso aos locais desejados, devemos privilegiar as pessoas e suas necessidades de deslocamento”.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do Plano de Mobilidade Urbana de Passo Fundo é colocar em prática os princípios e diretrizes da mobilidade urbana, implementado em território, o qual atenda os direitos dos cidadãos. O plano deve articular a gestão do solo e da mobilidade, diminuir os custos ambientais e socioeconômicos, assegurar que os modos de transporte urbano sejam complementares; evitar a existência de locais com falta de oferta de serviços e locais com excesso de oferta; assegurar a equidade em relação ao uso da via e dos espaços públicos; racionalizar a circulação dos veículos de transporte de bens e mercadorias e procurar tornar universal o direito à acessibilidade urbana.

Percebe-se com a aplicação da pesquisa que as pessoas respondentes demonstram insatisfação com a infraestrutura, tanto das vias públicas quanto dos passeios públicos. No momento em que ambos os usuários de transporte individual e público expõe nas respostas sua insatisfação, se

faz necessária medidas a serem tomadas pelo poder público municipal, para amenizar num primeiro momento os apontamentos, e construir conjuntamente com a comunidade e corpo técnico uma solução que qualifique o espaço urbano, integrando os conceitos de urbanismo sustentável.

Dessa forma, a mobilidade urbana deve ser pensada de maneira eficiente para todos os setores, social, ambiental e econômico. No entanto, encontramos inúmeras dificuldades para solucionar de forma eficaz as adversidades atuais, mas que ainda assim possuem alternativas. Uma delas é a substituição dos deslocamentos motorizados individuais priorizando os deslocamentos não motorizados e transporte coletivo.

REFERÊNCIAS

Brasil. Lei nº 12.587 de 03 de janeiro de 2012 - Lei da Mobilidade Urbana. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nos 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 10 de maio de 1943, e das Leis nos 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Congresso nacional. Brasília: 03 de janeiro de 2012. 191o da Independência e 124o da República.

ONU-HABITAT. Programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos. Planificación Y Diseño De Una Movilidad Urbana Sostenible: Orientaciones Para Políticas. Informe Mundial Sobre Asentamientos Humanos, 2013.

Lerner, J. O desafio da mobilidade, cidades e qualidade de vida. In: Flausch, Alain et al. Mobilidade sustentável para um Brasil competitivo. Brasília- Associação nacional das empresas de transporte urbano. p 16- 21.

Litman, Todd. Evaluating public transit benefits and costs. Victoria Transport Policy Institute[online]. 2005 65p.

Vaz, J.C; Santoro, P. 2009. Cartilha Mobilidade urbana é desenvolvimento urbano! 2005. Disponível em: <http://www.polis.org.br/publicacoes_interno.asp?codigo=194>. Acesso em: 06 ago. 2014.

Prefeitura Municipal de Passo Fundo. Consulta Pública. Disponível em: <<http://consultatransporte.pmpf.rs.gov.br/formSaibaMais.html>>, Acesso em 20 de julho de 2013.

Utilização de Experimento para a Compreensão do Fenômeno Ventilação por Efeito Chaminé

Marcelo Galafassi

Universidade do Vale do Itajaí, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Balneário Camboriú, SC, Brasil.
marcelo@galafassi.com.br

Rafael Prado Cartana

Universidade do Vale do Itajaí, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Balneário Camboriú, SC, Brasil.
cartana@univali.br

João Luiz Pacheco

Universidade do Vale do Itajaí, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Balneário Camboriú, SC, Brasil.
joapacheco@univali.br

Carolina Rocha Carvalho

Universidade do Vale do Itajaí, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Balneário Camboriú, SC, Brasil.
arqcarolcarvalho@gmail.com

ABSTRACT: The architect must have known of some physical phenomena occurring in the building, including those involving thermal performance to design sustainable buildings. The adoption of bioclimatic strategies in the design process is directly linked to their understanding. The objective of this paper is to present as a practical experiment on ventilation chimney effect presented in class in the discipline of Thermal Comfort, from the Architecture and Urbanism of the Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), positively contributes to student learning. The method consists of: (i) presentation of the experiment; (ii) a questionnaire; and (iii) analysis. As main result it was found that the presentation of physical phenomena through practical examples make greater your understanding and increase interest in the application of bioclimatic strategy. Thus, it is recommended to present physics concepts in practical experiments that make visible the effects of thermal exchanges in a building.

RESUMO: Ao projetar edificações sustentáveis, o arquiteto precisa ter conhecido de alguns fenômenos físicos que ocorrem na edificação, entre eles, os que envolvem seu desempenho térmico. A adoção de estratégias bioclimáticas no processo de projeto está diretamente ligada à sua compreensão. O objetivo deste trabalho é apresentar como um experimento prático sobre ventilação por efeito chaminé apresentado em aula na disciplina de Conforto Térmico, do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), contribui positivamente no aprendizado dos alunos. O método consiste em: (i) apresentação do experimento; (ii) aplicação de questionário; e (iii) sua análise. Como resultado principal constatou-se que a apresentação de fenômenos físicos através de experimentos práticos tornam maior sua compreensão e aumentam o interesse na aplicação desta estratégia bioclimática. Desta forma, recomenda-se a apresentação de conceitos físicos em experimentos práticos que tornem visíveis os efeitos das trocas térmicas em uma edificação.

1 INTRODUÇÃO

A incorporação de estratégias bioclimáticas no projeto de arquitetura, apresenta-se como item fundamental no desempenho térmico das edificações. As escolhas adequadas durante a fase projetual podem vir a impactar significativamente na redução do consumo energético no ambiente construído. No entanto, para que nos projetos possam ser incorporadas estratégias

bioclimáticas de maneira eficaz, é necessário compreender os fenômenos físicos envolvidos no desempenho térmico das edificações.

A falta de compreensão e a conseqüente desconsideração dos fenômenos físicos envolvidos no desempenho ambiental das edificações apresenta-se como uma barreira a ser transposta, primeiramente no meio acadêmico e posteriormente no mercado da construção civil. Considerar estes fenômenos com mais efetividade, possivelmente produzirá edificações com um desempenho melhor com relação aos condicionantes climáticos de cada localidade, reduzindo assim o seu impacto ambiental.

Thomaz (2001) menciona que os grandes problemas das construções brasileiras resultam de vários de fatores, como a falta de investimentos, o estímulo insuficiente para pesquisas multidisciplinares, dificuldades na produção e efetiva adequação à normalização técnica brasileira, impunidade, visão distorcida de alguns empreendedores, péssima remuneração dos profissionais de projeto, obsolescência de alguns cursos de arquitetura e ensino compartimentado. O autor afirma que a análise cuidadosa das causas revela que muitos dos problemas constatados nas construções poderiam ser evitados com a adoção de conhecimentos já consagrados da físico-química. Estes revelam-se através de diferenças entre a concepção dos projetos e o funcionamento real das obras, entre o desempenho almejado e a resposta em uso da edificação.

Segundo Szokolay (1994), o papel da ciência na arquitetura vem se tornando cada vez mais fraco, onde a qualidade da construção e seu desempenho muitas vezes são irrelevantes em detrimento de questões que pouco tem a ver com o propósito da edificação. Critérios puramente estéticos acabam, em diversas situações, superar razões científicas na concepção de projetos arquitetônicos. O autor defende que os assuntos científicos, implícitos no desenvolvimento da arquitetura, devem ser inseridos no ateliê de maneira amigável, e os projetos desenvolvidos podem servir como veículos de aprendizado destes temas.

Mesmo quando utilizadas tecnologias mais avançadas, como computação visando integrar conceitos físicos ao processo de projeto, a possibilidade de visualização dos fenômenos físicos e seus resultados gráficos pode contribuir para sua compreensão e efetiva aplicação. Greenberg et al. (2013) identificam a dificuldade de visualização dos resultados de simulações como um dos principais pontos para a integração de simulações computacionais no processo de projeto.

As conclusões de Cartana (2006) reforçam as afirmações de Szokolay, demonstrando que o emprego de experimentos nas disciplinas de conforto ambiental é importante para aproximar os projetistas dos fenômenos físicos aos quais suas edificações estarão sujeitas.

O objetivo foi de avaliar as principais limitações encontradas na incorporação de estratégias bioclimáticas no processo de projeto, por meio de uma pesquisa de campo. Divididos em cinco grupos, conforme suas áreas de atuação no meio acadêmico e no mercado de trabalho, os entrevistados foram questionados sobre a utilização e importância do uso de ferramentas de avaliação bioclimática para apoio às decisões projetuais. Cerca de 76% dos entrevistados afirmou que utilizam algum tipo de ferramenta de avaliação, enquanto que cerca de 24% afirmou não utilizar nenhuma das ferramentas relacionadas.

Entre os grupos entrevistados, o que atribuiu maior importância para o uso de tais ferramentas foram os estudantes de pós-graduação (91%), já os grupos que menor importância atribuíram, foram os arquitetos, tanto autônomos (35%), como titulares de escritórios (30%), conforme apresentado na Figura 1.

Apesar de afirmarem que costumam utilizar ferramentas para avaliação bioclimática todos os grupos entrevistados atribuem pouca importância à utilização das mesmas, e o uso de maquetes físicas apresenta-se como a preferência entre os entrevistados para a análise do projeto.

Com relação ao emprego de estratégias bioclimáticas, os entrevistados afirmaram que consideram a orientação solar e a iluminação natural como as estratégias mais importantes em todas as etapas de desenvolvimento do projeto. Estes atribuem um nível de importância maior para as estratégias bioclimáticas do que para as ferramentas de avaliação, em uma demonstração de que os entrevistados procuram integrar diretrizes de conforto aos seus projetos. No entanto, acabam por fazer isto de maneira intuitiva, visto que as ferramentas de apoio são pouco utilizadas.

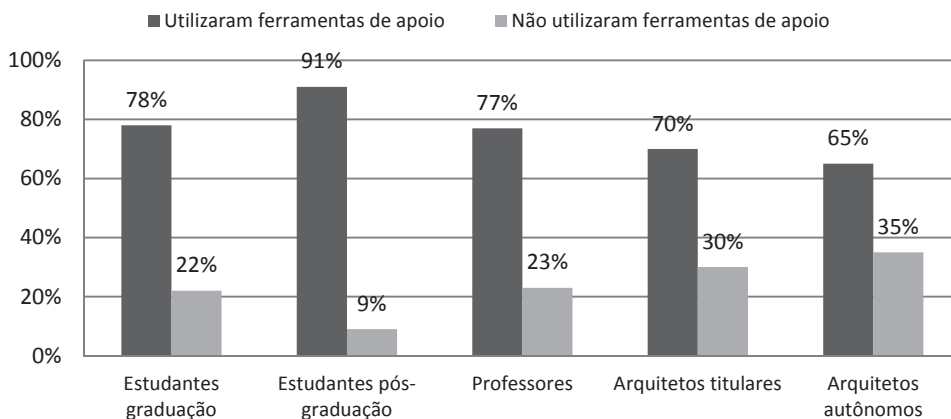


Figura 1. Adoção de ferramentas de avaliação bioclimática para apoio às decisões de projeto. Fonte: Cartana, 2006.

A mesma pesquisa apresentou dados com relação ao emprego da inércia térmica, considerada como a estratégia de menor importância para todos os grupos pesquisados, reforçando a afirmação que os arquitetos apresentam mais facilidade para lidar com fenômenos que possam ser visualizados de forma gráfica no projeto, como os efeitos da insolação e ventos. Fenômenos que envolvem conceitos físicos de limitada visualização gráfica, como as propriedades dos componentes do envelope construtivo, apresentam maior dificuldade de compreensão para os arquitetos, e acabam por atribuir menor importância. (CARTANA, 2006)

A pesquisa de Galafassi (2012), também mostra dados obtidos em entrevistas, porém de maneira qualitativa, levando em conta a importância de determinadas decisões de projeto durante o processo projetual, todas relacionadas ao emprego de estratégias bioclimáticas.

Como parte dos resultados, decisões relacionadas à iluminação natural, orientação de fachadas, elementos de proteção solar e ventilação natural, têm importância máxima nas fases iniciais de projeto, de maneira a evitar medidas corretivas em etapas posteriores. Por outro lado, elementos de vedação, tanto para fechamentos como para cobertura, têm importância maior apenas nas fases finais do processo de projeto (GALAFASSI, 2012).

Os fenômenos relacionados à ventilação possuem maneiras de demonstração e apropriação mais fáceis de serem compreendidas pelos alunos do que as trocas térmicas nos componentes construtivos. Uma vez que existe maior facilidade para compreensão dos fenômenos gráficos, o desenvolvimento de experimentos didáticos que permitam a visualização dos fenômenos físicos envolvidos no desempenho das edificações apresentam-se como uma oportunidade para a valorização de estratégias bioclimáticas na elaboração dos projetos.

O aluno de arquitetura tem, durante o curso de graduação, o principal período de sua formação como arquiteto, onde ele deve ser orientado para o exercício consciente e reflexivo da prática profissional. Este momento apresenta-se como o mais adequado para que o estudante adquira conhecimentos necessários para compreensão do desempenho termo energético dos edifícios.

A presente pesquisa parte da hipótese de que a variação das práticas didáticas, como a apresentação de experimentos em sala de aula, pode contribuir para a compreensão mais efetiva e facilitada de conteúdos. Além de procurar responder tal questão, o presente trabalho

tem como justificativa a apresentação, o registro e a descrição do referido experimento didático de ventilação por efeito chaminé, com a intenção de que o mesmo possa ser replicado em outros cursos de Arquitetura e Urbanismo.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar um experimento didático realizado na disciplina de Conforto Térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo, por meio dos resultados referentes à sua contribuição no aprendizado dos alunos.

3 MÉTODO

O método adotado refere-se à experimentação prática apresentada no ensino superior e baseada na experiência didática de professores da área de Conforto Ambiental. Observou-se a necessidade de apresentar o fenômeno de ventilação por efeito chaminé por meio de um experimento prático, em função da dificuldade de alguns alunos em visualizar seu funcionamento, o que desencoraja seu uso e aplicação no desenvolvimento de projetos arquitetônicos.

O experimento foi elaborado pelo Professor João Luiz Pacheco e utiliza materiais e equipamentos de uso cotidiano, ao alcance para laboratórios de quaisquer Instituições de ensino, podendo assim ser replicado em demais disciplinas de conforto ambiental.

O método utilizado consiste na abordagem do assunto através de aula teórica, apresentação de experimento prático sobre ventilação por efeito chaminé e aplicação de questionário visando analisar o aprendizado dos alunos quando fenômenos físicos são apresentados por meio de experimentos.

3.1 Aula Teórica

O assunto de ventilação por efeito chaminé foi lecionado de forma teórica, em sala de aula, com apresentação do conteúdo através de desenhos e imagens com exemplos da estratégia aplicada em algumas edificações construídas.

3.2 Experimento Prático



Figura 2: (a) Experimento prático de ventilação por efeito chaminé, (b) Base do experimento prático de ventilação por efeito chaminé. Fonte: acervo pessoal

Após a explicação física do fenômeno e exibição de exemplos, foi apresentado aos alunos o experimento prático didático. O experimento tem como objetivo demonstrar como se dão as trocas térmicas com a utilização da estratégia bioclimática de ventilação por efeito chaminé.

São utilizados 2 tubos de PVC 100mm de 1 metro de comprimento, 2 conectores em PVC 100mm, uma resistência elétrica para gerar calor, uma chapa metálica para dissipar o calor, um equipamento com dois sensores de temperatura de resposta rápida, um anemômetro, conforme Figura (a) e (b).

A montagem e apresentação do experimento se dá em três etapas: (i) chaminé longa; (ii) chaminé de tamanho médio; e (iii) chaminé curta. Além disso, ao longo da apresentação do experimento são lançadas três perguntas que devem ser respondidas e discutidas, visando maior apropriação do conhecimento.

Etapa 1: Chaminé longa

Na primeira etapa monta-se o experimento por completo (Figura), com a chaminé de 2,00 m de altura. É importante aguardar em torno de 10 minutos antes de realizar as medições, de maneira que as temperaturas estabilizem. Após este tempo as temperaturas são medidas, onde $T_1=55^{\circ}\text{C}$, enquanto que $T_2=45^{\circ}\text{C}$. Logo após as medições, o anemômetro é colocado na saída de ar para medir a velocidade do ar. A velocidade do ar na saída foi registrado em 1,00m/s e as temperaturas sofreram alteração, registrando $T_1=59^{\circ}\text{C}$ e $T_2=48^{\circ}\text{C}$. Assim foi apresentado à turma um questionamento visando gerar discussão.

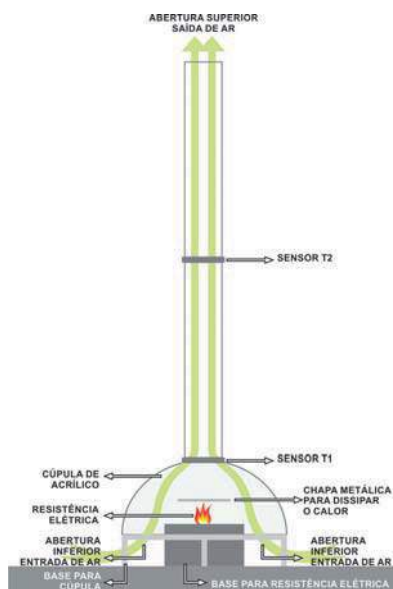


Figura 3: Etapa 1 do experimento prático de ventilação por efeito chaminé. Fonte: Relatório realizado pelos alunos Sandra Feldmann e Wesley Magio.

1 - Por que a temperatura aumentou quando colocamos o anemômetro?

Esta alteração nas temperaturas T_1 e T_2 deu-se em função da diminuição da área de abertura de saída de ar, dificultando sua saída que acarretou no aumento das temperaturas internas.

Etapa 2: Chaminé de tamanho médio

Na segunda etapa, parte do tubo foi desmontado e a chaminé ficou com 1,00m de altura. É importante aguardar em torno de 10 minutos antes de realizar as medições, de maneira que as temperaturas estabilizem. As temperaturas são medidas, e $T_1=59^{\circ}\text{C}$ e $T_2=48^{\circ}\text{C}$. A velocidade de ar na saída foi registrado em 0,80m/s e as temperaturas subiram para $T_1=70^{\circ}\text{C}$ e $T_2=55^{\circ}\text{C}$.

Etapa 3: Chaminé curta

Na última etapa o tubo foi desacoplado deixando o experimento sem chaminé, apenas uma abertura superior para a saída de ar, conforme Figura 4. Nesta configuração a T_1 foi medida na saída de ar e T_2 não foi mais registrada pois não havia chaminé. O equipamento ficou nesta

situação por volta de 10 minutos que a temperatura estabilize. Após este tempo, a temperatura foi registrada em $T_1=73^{\circ}\text{C}$.



Figura 4: Etapa 3 do experimento prático de ventilação por efeito chaminé. Fonte: Relatório realizado pelos alunos Sandra Feldmann e Wesley Magio.

Assim o anemômetro foi posicionado na saída de ar que registrou velocidades do ar em $0,20\text{m/s}$ e a temperatura teve um aumento rápido que foi registrado até $T_1=100^{\circ}\text{C}$ e o experimento foi então desligado. Assim foram apresentados dois questionamentos à turma objetivando gerar discussão.

2 – Por que a temperatura aumentou quando retiramos a chaminé?

Com a redução da chaminé, houve a diminuição do fluxo de ar, conseqüentemente reduzindo seu resfriamento e aumentando, assim, a temperatura interna.

3 – Por que a velocidade do ar diminui ao retirar a chaminé?

Quanto maior o comprimento da chaminé, maior é o percurso do ar fazendo com que este aumente sua velocidade e sua capacidade de resfriamento. Desta forma, ao reduzir o comprimento da chaminé, a velocidade do ar diminuirá e a temperatura aumentará.

3.3 Pesquisa de Campo: Aplicação de questionário para alunos de graduação

Após apresentação da aula expositiva, com abordagem do fenômeno físico e exemplos, e apresentação do experimento prático, foi apresentado um questionário entre os alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIVALI da disciplina de Conforto Térmico. O questionário aplicado contém as questões apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Questionário aplicado aos estudantes

1. Atribua uma nota para as seguintes metodologias de ensino na disciplina de conforto ambiental:

Aulas teóricas	1	2	3	4
Pesquisa extra classe	1	2	3	4
Apresentação de estudos de caso (exemplos de projetos)	1	2	3	4
Experimentos relacionados com o desempenho das edificações	1	2	3	4
Apresentação de vídeos	1	2	3	4

2. Responda a questão abaixo em relação ao experimento de trocas térmicas sobre o efeito chaminé.

- 1 O experimento realizado não colaborou com minha compreensão do fenômeno de ventilação por efeito chaminé.
- 2 O experimento realizado colaborou pouco com minha compreensão do fenômenos de ventilação por efeito chaminé.
- 3 O experimento realizado auxiliou na minha compreensão do fenômeno de ventilação por efeito chaminé.
- 4 O experimento realizado foi muito esclarecedor para minha compreensão do fenômeno de ventilação por efeito chaminé.

3. Atribua um nível de importância para realização de experimentos nas aulas de conforto térmico:

1	2	3	4
---	---	---	---

4 RESULTADOS E CONCLUSÃO

Após a abordagem do assunto e apresentação do experimento, foi aplicado um questionário estruturado visando analisar a contribuição do experimento prático no aprendizado dos alunos.

Na pesquisa de campo, o questionário foi aplicado à 60 (sessenta) alunos, em duas turmas distintas, da disciplina de Conforto Térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIVALI.

A apresentação do experimento foi importante do ponto de vista a facilitar o entendimento dos alunos frente aos fenômenos físicos que envolvem a ventilação natural através do efeito chaminé. Não foi escopo do experimento em questão aprofundar estudos sobre diferença de pressão na abertura da chaminé.

4.1 Importância atribuída a diferentes metodologias de ensino nas aulas de conforto ambiental

Dentre as diferentes metodologias de ensino apresentadas, os entrevistados atribuíram maior importância à realização de experimentos práticos. Em uma escala de 0 a 4, foi atribuído um nível de importância de 3,70, como apresentado na Figura 5. Entre as demais metodologias, a apresentação de estudos de caso com exemplos de projetos (3,60) e aulas teóricas (3,55) apareceram como segundo e terceiro lugar na opinião dos entrevistados. As demais metodologias não se destacaram tanto como as três primeiras, onde a apresentação de vídeos teve nível de importância de 3,17, e pesquisa extra classe de 3,03.

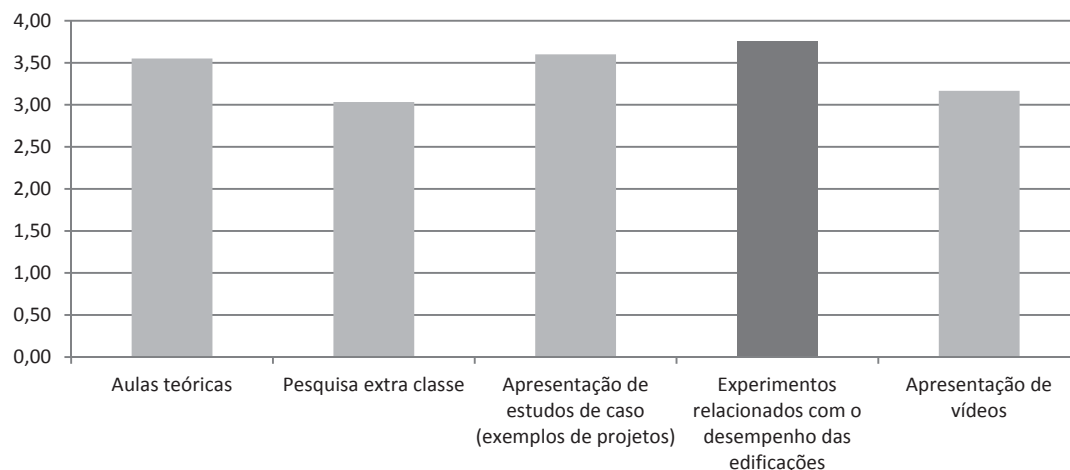


Figura 5: Comparativo entre os níveis de importância atribuídos às metodologias de ensino.

4.2 Avaliação do experimento sobre ventilação natural por efeito chaminé

A maioria dos entrevistados (83,33%) consideraram que o experimento realizado foi muito esclarecedor em relação à compreensão dos fenômenos físicos envolvidos na ventilação natural por efeito chaminé. Cerca de 13,33% dos alunos consideraram que o experimento apenas auxiliou na compreensão e 3,33% consideraram que o experimento pouco colaborou. Nenhum entrevistado considerou que o experimento não colaborou com a compreensão dos fenômenos envolvidos no experimento, conforme a Figura 6.

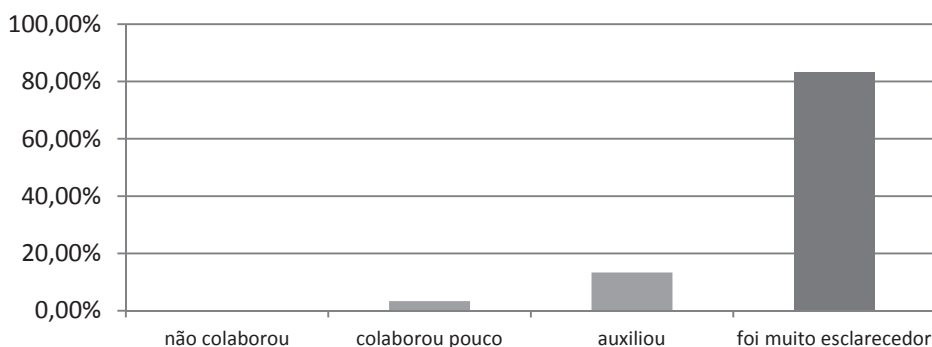


Figura 6: Avaliação da compreensão do experimento sobre ventilação por efeito chaminé.

4.3 Nível de importância atribuído para realização de experimentos em salas de aulas

Em relação à realização de experimentos nas aulas de conforto térmico os entrevistados atribuíram um nível de importância de 3,90 em uma escala de 0 a 4. Sendo que 91,67% dos entrevistados consideraram de máxima importância a apresentação de conteúdo através de experimentos práticos.

Durante a apresentação do experimento, observou-se sua importância, pois a grande maioria dos alunos participou da atividade, fazendo-os observar e interagir respondendo às questões e discutindo os efeitos em sala.

5 CONCLUSÕES

Através de bibliografia e experiência docente observou-se a dificuldade de apropriação do conhecimento de fenômenos físicos envolvidos no desempenho das edificações, principalmente os que são mais difíceis para serem exemplificados visualmente como, por exemplo, trocas térmicas e propriedades térmicas dos elementos construtivos.

O experimento apresentado visa especificamente facilitar a visualização e compreensão do fenômeno da ventilação por efeito chaminé, e mostrou-se importante para melhor compreensão do fenômeno, avaliado em uma pesquisa de campo com aplicação de questionários estruturados.

Dentre as metodologias de ensino apresentadas, os entrevistados atribuíram maior importância à realização de experimentos práticos, seguido de apresentação de estudos de caso com exemplos de projetos, aulas teóricas, apresentação de vídeos e pesquisa extra classe. Desta forma, a apresentação de experimentos práticos apresentou-se como uma metodologia muito importante a ser empregada em aulas de conforto térmico.

Segundo 83,33% dos entrevistados, o experimento realizado foi muito esclarecedor em relação à compreensão dos fenômenos físicos envolvidos na ventilação natural por efeito chaminé.

Em relação à realização de experimentos nas aulas de conforto térmico, os entrevistados apresentaram grande aceitação e interesse em sua realização. Dentre os entrevistados, 91,67% consideraram de máxima importância a apresentação de conteúdo através de experimentos práticos. Esta afirmação pôde ser comprovada, além dos questionários, pela observação pessoal em função da atenção e participação dos alunos durante a realização do experimento, assim como nas discussões em sala durante a apresentação.

Desta forma, observou-se a importância de que sejam realizados mais experimentos porque os mesmos ajudam na compreensão de fenômenos que para eles parecem por vezes um tanto abstratos. A apresentação de experimentos práticos para a explanação de fenômenos físicos não visíveis aos olhos são muito importantes para o aprendizado do aluno. Sendo assim, recomenda-se que a disciplina de conforto térmico seja mais dinâmica, variando as

metodologias de ensino, tornando-se uma estratégia eficiente para um melhor aproveitamento escolar.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à UNIVALI, além de todos os entrevistados que colaboraram com a pesquisa de campo.

REFERÊNCIAS

Cartana, Rafael Prado. Oportunidades e Limitações para Bioclimatologia Aplicada ao Projeto Arquitetônico. 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

Galafassi, Marcelo. Impacto do método prescritivo do RTQ-C no processo de projeto arquitetônico de edificações: a visão de arquitetos em Florianópolis - SC. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

Greenberg, Donald; Prattc, Kevin; Hencey, Brando; Jonesb, Nathaniel; Schumannb, Lars; Dobbse, Justin; Dongb, Zhao; Bosworthb, David; Walterb, Bruce. Sustain: An experimental test bed for building energy simulation. In: Energy and Buildings. Oxford: Elsevier, 2013. v. 58, pp. 44-57.

Szokolay, Steven V. Science in architectural education. In. ANZAScA, 1994. Deakin University.

Thomaz, Ercio. Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção. São Paulo: Ed. Pini, 2001.

O Ensino de Edificações e Comunidades Sustentáveis no NORIE, UFRGS

Miguel Aloysio Sattler

Federal University of Rio Grande do Sul, Department of Civil Engineering, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil
masattler@gmail.com

ABSTRACT: The academic activities conducted at the Department of Civil Engineering (more specifically at NORIE, sector of the Post-graduate Programme dealing with Construction), of the Federal University of Rio Grande do Sul, started nearly twenty years ago. Initially, with the inclusion of sustainability principles into undergraduate disciplines of Civil Engineering, at the same time that MSc and PhD students were also offered a menu of two or three different disciplines to choose from. The group was fortunate enough for having, almost since the beginning, been challenged to put into practice the taught subjects, in real life projects. This led to the inclusion of the students into the design and performance assessment of several constructions (low-cost housing, schools, environmental education centers). This paper describes some of these activities and also how they evolved in the recent past, to include the larger scale of whole municipalities, integrating both urban and rural areas.

Keywords: Sustainability, teaching, buildings, environmental education, municipalities.

RESUMO: As atividades acadêmicas desenvolvidas junto ao Departamento de Engenharia Civil (mais especificamente no NORIE, uma das áreas do Programa de Pós-Graduação, com foco em Construção), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, iniciaram há quase vinte anos. Inicialmente, com a inclusão de princípios de sustentabilidade em disciplinas oferecidas no curso de graduação; ao mesmo tempo em que, na pós-graduação, um elenco de duas a três disciplinas passou também a ser ofertado. O grupo foi afortunado por, praticamente desde o início, terem sido oferecidas oportunidades de colocar em prática, em projetos reais, os conteúdos ministrados, o que resultou em unidades prototípicas (casas populares, escolas, centros de educação ambiental), que posteriormente passaram a ser avaliadas e monitoradas por diversos alunos. Este trabalho pretende descrever algumas dessas atividades, como também como elas evoluíram recentemente, de modo a incluírem estudos na escala maior de inteiras municipalidades, integrando áreas urbanas e rurais.

Palavras-chave: Sustentabilidade, ensino, edificações, educação ambiental, municipalidades.

1 INTRODUÇÃO

A abordagem de questões de sustentabilidade passou a ocorrer recentemente em cursos de arquitetura e engenharia no Brasil, o que não deve ser muito distinto do ocorrente em nível internacional. De maneira a aumentar a conscientização de futuros profissionais e estabelecer uma colaboração e troca de conhecimentos e experiências com aqueles já envolvidos no tema, várias iniciativas vêm sendo desenvolvidas no Brasil, tanto em nível nacional, como também regional e localmente. Devido à filiação do autor com o Departamento de Engenharia Civil da UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, este trabalho se concentrará, principalmente, no que ocorre neste Departamento, em termos de ensino na área de sustentabilidade, tanto em nível de graduação, como de pós-graduação.

1.1 Algumas considerações iniciais relativas ao tema de sustentabilidade

Na introdução de um de seus livros, o educador David Orr (2002) refere uma série de informações relativas a impactos ambientais, que passaram por sua mesa de trabalho enquanto

ele o escrevia. Após referi-las brevemente, o autor comenta que: “Na verdade não existem coisas tais quais efeitos ‘colaterais ou externalidades’. Tais coisas são elos de um amplo tecido. O fato de nós os enxergarmos como eventos desconectados, ou mesmo de não enxergá-los é, acredito eu, uma evidência de um considerável fracasso, que nós ainda teremos de reconhecer como sendo uma falência educacional. É uma falência em educar pessoas para que pensem em termos amplos, de modo a perceber sistemas e padrões, e a viver como pessoas integrais”.

John Lyle (1994), arquiteto e paisagista, criador de um dos maiores centros internacionais dedicados à pesquisa, demonstração e educação em temas ambientais, que, em sua homenagem, foi denominado John Lyle Center for Regenerative Studies, na California State Polytechnic University, em Pomona, diz que: “...muitas – talvez o todo – das informações que inundam as nossas vidas é, ou irrelevante para tudo aquilo que é realmente importante, ou é enganoso. No que concerne às grandes questões atuais, a maioria das pessoas – incluindo a maioria dos profissionais e técnicos – permanece mal informada. A tendência de negar uma dificuldade e uma ameaçadora realidade, pelo máximo tempo possível, é extremamente tentadora”.

O mesmo autor adiciona que: “O modo de entender e ordenar processos naturais... não corresponde à convencional maneira de distribuir o conhecimento entre disciplinas acadêmicas, na forma como elas se desenvolveram desde o Iluminismo. As disciplinas acadêmicas são áreas do conhecimento e especialização estreitamente delimitadas, com limites guardados de forma ciente, tendo pouco a ver com a realidade dos processos naturais. Por esta razão, a forma de pensar requerida para o entendimento, planejamento, projeto e gestão dos ecossistemas humanos é necessariamente multidisciplinar. Ela requer equipes de pessoas com conhecimentos em um conjunto de disciplinas distintas. Ainda mais importante, ela requer a habilidade de definir conexões entre disciplinas e de organizar os fragmentos de informação de diferentes disciplinas em todos integrais. Acima de tudo, ela requer um nível de interação entre especialistas para que possam lidar, tanto com as possibilidades criativas de sistemas regenerativos, como com as suas limitações inerentes e inevitáveis. Ela é intrinsecamente interdisciplinar.”

Por concordar com tais manifestações, eu me sinto desafiado, enquanto professor, a encontrar formas de contribuir para a adição de conhecimento em sustentabilidade àqueles interessados que buscam os nossos cursos. Nós temos tentado fazer isto, buscando atrair estudantes para que assistam às nossas aulas, como pelo envolvimento dos alunos em uma diversidade de atividades que, acredito, poderão contribuir para o preenchimento desta lacuna do conhecimento, ou, como referido pelos autores acima, “para educar pessoas a pensar em um contexto mais amplo” (Lyle, 1994) e “para entender, planejar, projetar e gerenciar ecossistemas” (Lyle, 1994). Ao mesmo tempo, tenta-se encontrar meios de fazer com que o ensino e o aprendizado constituam experiências agradáveis, assim contribuindo para o que esperamos possa vir a constituir uma melhor forma de educar.

A busca por tais objetivos levou o Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) a desenvolver uma série de atividades, sempre atentos ao que esteja acontecendo no contexto internacional, de modo a nos posicionarmos próximo ao estado-da-arte na área. Estas atividades resultaram em uma série de trabalhos científicos (Sattler, 1996; Sattler, 2000; Sattler, 2002; Sattler, 2003; Zanin et al.; 2006; Casañas et al., 2009; Coelho de Souza et al., 2009; Ribeiro Filho et al, 2011), que não somente descrevem nossas realizações, mas também refletem a forma como entendemos devam ser buscadas edificações e comunidades mais sustentáveis, ou seja, tendo como orientação o seu tratamento sob um viés holístico e sistêmico.

2 ATIVIDADES DE ENSINO DESENVOLVIDAS NO NORIE

Algumas das atividades desenvolvidas, em busca de edificações e comunidades mais sustentáveis já foram descritas em trabalhos prévios (Sattler, 2005; Sattler, 2007; Sattler, 2011). Caracterizando brevemente o contexto em que nossas atividades são desenvolvidas, cabe referir que elas acontecem, tanto junto ao Departamento de Engenharia Civil, como no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

2.1 Atividades de ensino na graduação

As primeiras referências sobre sustentabilidade em nosso curso de graduação em Engenharia Civil tiveram início em 1996, com a inclusão de tópicos relacionados ao tema, em uma disciplina eletiva (Habitabilidade). Nesta disciplina, com uma carga horária total de 60 h, há uma rápida menção ao tema, não ultrapassando 10 h, onde são referidas desde questões associadas à conservação de energia e energia incorporada em materiais, até a abordagem de sustentabilidade em comunidades (principalmente aquelas destinadas a populações carentes). Embora não endereçando diretamente as questões de sustentabilidade, outras disciplinas no curso de Engenharia Civil também tratam de temas a ela associados, como o tratamento de águas residuárias, projetos de aterros sanitários e avaliação de impactos ambientais.

Uma nova disciplina opcional (Edificações e Comunidades Sustentáveis) passou a ser oferecida aos alunos a partir do segundo semestre de 2000. Esta, também com uma carga horária de 60 h, é toda dedicada à formação em sustentabilidade e engloba tópicos, como: análise de ciclo de vida; edificações, comunidades e cidades sustentáveis; técnicas construtivas não convencionais mais sustentáveis (incluindo construções em terra, pedra e madeira; telhados verdes); instrumentos de análise de impactos ambientais; consumo de energia e geração de resíduos em edificações e cidades; sistemas alternativos de tratamento de resíduos líquidos (incluindo banheiros secos; sistemas com separação de águas; leitos de raízes); indicadores de sustentabilidade direcionados a edificações e cidades; e sistemas de certificação ambiental.

2.2 Atividades de ensino na pós-graduação

Junto ao Programa de Pós-Graduação, a nossa atuação acontece junto ao NORIE (2014), que representa a área de Construção, dentro da estrutura do Programa. O NORIE é integrado por três Grupos de Pesquisas: Gerenciamento e Economia da Construção; Tecnologia de Materiais e Sistemas Construtivos; e Edificações e Comunidades Sustentáveis.

Na área de Edificações e Comunidades Sustentáveis, as atividades de ensino tiveram início em 1997, sendo hoje regularmente ministradas quatro disciplinas. Duas, no primeiro trimestre: Comunidades Sustentáveis, com 30 h; e Desempenho do Ambiente Construído, com 15 h. No segundo trimestre é oferecida a disciplina de Projetos Regenerativos, com 45 h; e no terceiro, a disciplina de Engenharia Urbana Sustentável, também com carga horária total de 45 h.

O número de alunos em cada disciplina varia a cada ano, mas pode receber de 8 a 25 alunos, com uma concentração maior nas disciplinas do primeiro trimestre, que são obrigatórias para todos os alunos ingressantes no mestrado na área de Construção (NORIE). A maioria dos alunos possui formação prévia em Engenharia Civil ou Arquitetura, mas não é raro se contar com alunos com formação em Engenharia Ambiental, Agronomia ou, mesmo, em Biologia. Para obter o título de Mestre em Engenharia, os alunos de pós-graduação devem se registrar, no mínimo, em oito disciplinas, cada uma com uma carga horária de 45 horas, ao longo de um ano (com as aulas distribuídas em três trimestres). Durante o segundo ano (no caso do mestrado), ou demais anos (em caso de doutorado), os alunos são solicitados a conduzir uma pesquisa associada a um tema relevante para a sustentabilidade.

Ao longo do desenvolvimento de seus estudos e projetos, nós tentamos transferir aos estudantes um conjunto de “conceitos inspiradores”, com origem em diferentes autores, tais

como: educação e ética – David Orr (2002); projetos regenerativos – John Lyle (1994); construções sustentáveis – Chrisna du Plessis (2002); a linguagem de padrões – Christopher Alexander et al. (1977); o espírito do lugar – Christopher Day (2002); o emprego do conceito dos quatro elementos em projetos - Robert e Brenda Vale (1991); edificações vivas – Jason McLennan (2000); o enfoque berço-a-berço – Bill McDonough (2002); permacultura – Bill Mollison (1998); edificações saudáveis – Steve Curwell (1990); entre outros.

Durante todo o curso, os estudantes são também desafiados a trabalhar em diferentes escalas da construção: desde a escala de materiais e componentes da construção, até a de inteiras municipalidades. Isto tem resultado em dissertações e teses com uma diversidade de temas e escalas, que abordam, desde a proposição e análise de produtos menos tóxicos que os tradicionalmente utilizados, para tratamento de madeiras, até propostas de sistemas construtivos não convencionais (como adobe, fardos de palha, etc.), e que contemplam desde construções indígenas brasileiras, até a avaliação do metabolismo urbano em municipalidades. Ademais, os alunos, cooperando em equipes interdisciplinares, são treinados a pensar projetos em termos holísticos e sistêmicos, principalmente quando trabalhando na escala urbana, onde são desafiados a buscar soluções otimizadas para problemas tão díspares quanto eficiência energética, produção urbana de alimentos, morfologia urbana, gestão de resíduos, transportes, drenagem urbana e uso do solo.

Em todas as disciplinas na área de sustentabilidade, os estudantes são estimulados a trabalhar em grupos interdisciplinares, buscando respostas a desafios de demandas reais, apresentados por uma diversidade de clientes. Assim, ao final de cada disciplina trimestral, eles devem apresentar propostas de projeto, desenvolvidos até, no mínimo, o nível de projeto conceitual. Os resultados obtidos por cada grupo de alunos também se constituem em fontes de aprendizado, uma vez que são compartilhados com os demais grupos, às vezes em apresentações públicas aos clientes que demandaram os trabalhos. Isto tem gerado resultados muito gratificantes, já que alguns acabam sendo materializados (Sattler, 1996; Sattler, 1998; Sattler, 2000; Sattler, 2002; Sattler, 2005; Zanin et al., 2006; Coelho de Souza et al., 2009; Casañas et al., 2009; Ribeiro Filho et al., 2001).



Figura 1. Grupos de alunos compartilhando ideias em dois estágios de uma charrete (atividade intensiva de projeto ou planejamento, normalmente envolvendo profissionais e outros contribuintes e/ou interessados).

Muitas dessas oportunidades requerem que os alunos exercitem o reconhecimento do “espírito do lugar”, e por ele nutridos colocam em prática o ajuste fino de seus projetos às demandas de determinado lugar. Esta é normalmente a primeira etapa de cada projeto, em geral, seguida por uma charrete (Fig. 1) – muito apropriadamente referida por Wilson et al. (1998), como “um mecanismo para a fertilização cruzada de ideias”.

2.3 Atividades de pesquisa na pós-graduação

As atividades relacionadas à sustentabilidade do ambiente construído foram iniciadas em 1997, com o projeto e acompanhamento da construção de um conjunto habitacional mais sustentável para populações carentes.

Anterior a esta atividade, havia ocorrido, em julho de 1995, o julgamento de um conjunto de propostas direcionadas a um Concurso Internacional de Ideias de Projeto (International Design Ideas Competition), com o tema Sustainable Housing for the Poor. O concurso foi promovido pela PLEA – Passive and Low Energy Architecture e pela ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Os resultados deste concurso conduziram à proposta de um projeto de pesquisa que buscou aplicar princípios de sustentabilidade à concepção e desenvolvimento de um conjunto habitacional localizado em uma pequena municipalidade (Nova Hartz), localizada no Estado do Rio Grande do Sul. Simultaneamente, algumas disciplinas começaram a ser ministradas no NORIE, primeiro para os alunos de pós-graduação que participariam no projeto e, posteriormente, com ingresso estendido a estudantes de pós-graduação e de graduação.

Em sequência, em 1997, organizamos o I Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, contando com a presença, entre os palestrantes convidados, de John Lyle e do permacultor William Roley, ambos diretamente envolvidos na criação do John Lyle Center for Regenerative Studies, assim como do Prof. Steve Curwell, que à época era coordenador do Projeto BEQUEST, projeto europeu voltado à busca de Cidades Sustentáveis.

A partir de então, muitos dos estudos desenvolvidos pelos alunos de pós-graduação, nas diferentes disciplinas, estiveram conectados a construções reais, tais como os associados a: projeto e construção de um protótipo habitacional; um embrião de conjunto habitacional (com oito unidades construídas); duas escolas; uma pequena edificação, projetada para abrigar atividades voltadas à educação ambiental de crianças; e um centro de demonstração de técnicas construtivas sustentáveis e voltado à educação ambiental. Todas essas edificações (exceção ao centro de demonstração, localizado em Foz do Iguaçu, PR) tiveram o seu desempenho ambiental avaliado, quer em uma disciplina específica, quer como objeto de dissertações de mestrado ou de teses de doutorado.

Cabe referir que tais estudos e propostas não têm se restrito à cidade de Porto Alegre e cercanias. Seja em cursos envolvendo a todos os professores do NORIE, seja naqueles que envolvem apenas ao autor, procura-se focar os estudos na realidade específica dos alunos e busca-se responder a demandas locais. Embora não resultando em produtos construídos e passíveis de avaliação, até por dificuldades operacionais, muitos desses estudos resultam em dissertações de mestrado (como o ocorrido em cursos ministrados no exterior - Uruguai; Paraguai e Equador – e em outras universidades brasileiras – na UFG, em Goiás; e na UEFS, em Feira de Santana, na Bahia) ou teses de doutorado (como tem ocorrido em um programa de doutorado interinstitucional com o IFPB, em João Pessoa, na Paraíba), que se voltam à realidade desses locais.

2.4 Organização de eventos científicos

Em seguimento ao Concurso Internacional de Ideias de Projeto, antes mencionado, foi criado, no mesmo ano (1995), durante o Encontro da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, um Grupo de Trabalho em Desenvolvimento Sustentável, com o objetivo de unir esforços e de compartilhar e disseminar conhecimentos relacionados a Edificações e Comunidades Sustentáveis. Com este anseio foi organizado, em 1997, o I Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis e, posteriormente, em 2001, o II Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Ambos os encontros foram organizados pelo NORIE e realizados no Estado do Rio Grande do Sul. A partir

do segundo encontro, ao qual foi dado um âmbito latino-americano, passou-se a atrair colegas de países vizinhos, com os quais compartilhamos muitos dos desafios em busca da sustentabilidade.

Em edições recentes do Encontro (desde 2007), buscou-se oferecer aos participantes várias opções de participação em cursos de curta-duração, incluindo cursos práticos (Fig. 2) em sistemas construtivos não convencionais (bambu, adobe, etc.).

Sob a liderança do mesmo Grupo de Trabalho, foi lançada, no Encontro de 2005, a Bienal de Sustentabilidade José Lutzenberger, um concurso de ideias de projeto homenageando ao Engenheiro Agrônomo e Ambientalista, considerado como o iniciador do movimento em defesa do meio ambiente no Brasil, e que foi receptor do Right Livelihood Award. A série de Bienais teve início em 2007, sendo a análise e premiação das propostas encaminhadas, desde então, realizada durante os encontros.



Figura 2. Participantes de um curso sobre tecnologias construtivas não convencionais colocando a “mão-na-massa”, em uma das conferências realizadas.

A Bienal foi concebida com o intuito de contribuir para elevar o nível de conscientização entre estudantes e profissionais dela participantes sobre dois temas que acreditamos possam colaborar de modo significativo para a sustentabilidade no Brasil e países vizinhos: habitações de interesse social e escolas públicas. Ademais, julgamos ser nossa responsabilidade, enquanto servidores públicos e professores remunerados pela nossa sociedade, dar uma contribuição no sentido de elevar o nível de qualidade no que concerne a tais temas, particularmente no que tange a habitações e escolas supridas pelo setor público.

3 ILUSTRAÇÕES DE PRODUTOS DE PESQUISAS E ESTUDOS REALIZADOS

Conforme mencionado no item 2.3, vários foram os estudos e pesquisas desenvolvidos com a participação dos alunos de pós-graduação, que, posteriormente, foram materializados em construções. Alguns exemplos são apresentados nas Figuras 3-7.

No caso do Protótipo Casa Alvorada (Fig. 3), além dos estudos que levaram à construção do protótipo de habitação de baixo custo mais sustentável, somam-se oito dissertações de mestrado e duas teses de doutorado focadas especificamente nesta edificação.

A proposta para o CETHS (Fig. 4) resultou no primeiro projeto desenvolvido no NORIE com construção efetiva, com oito unidades habitacionais, segundo o modelo do Protótipo Casa Alvorada. O local de implantação serviu de referência para um estudo em nível de Mestrado sobre o potencial eólico do local.

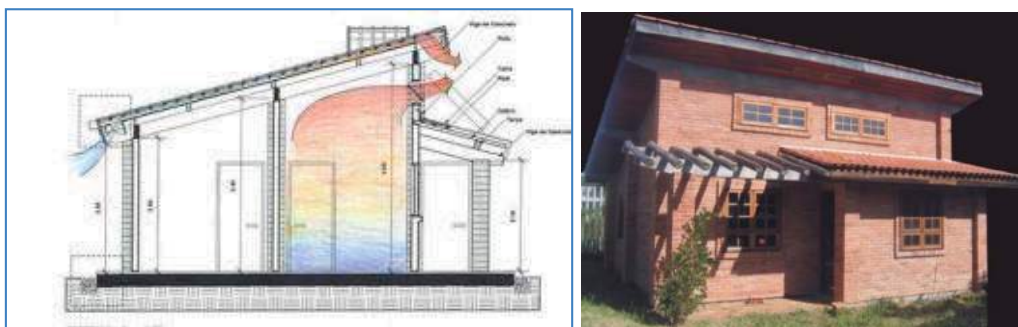


Figura 3. Protótipo Casa Alvorada: estudos sobre climatização natural (esquerda) e a edificação construída (direita).



Figura 4. CETHS - Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis: proposta de implantação (esquerda) e oito unidades habitacionais construídas (direita).

Assim, também, em vários estudos ligados a disciplinas ministradas no NORIE, como o de quatro estudos consecutivos, ao longo de um período de 12 anos, de Avaliação Pós-Ocupação, buscando caracterizar a satisfação de usuários das habitações construídas no CETHS e o desempenho dessas edificações.

A implantação do Refúgio Bela Vista (Fig. 5), junto ao complexo de Itaipu Binacional, em Foz do Iguaçu, resultou de estudos iniciais e de anteprojeto arquitetônico e urbanístico desenvolvidos sob a coordenação do NORIE.



Figura 5. Refúgio Biológico Bela Vista: Vista parcial, com Centro Administrativo e Centro de Recepção a Visitantes (esquerda) e a Casa do Sol e da Lua (direita).

O Refúgio teve a sua construção concluída há, aproximadamente, 10 anos, e embora a sua distância a Porto Alegre tenha impedido a realização de trabalhos locais, ele tem sido objeto de várias visitas que conduzimos com nossos alunos e até com visitas acompanhadas por grupos de alunos estudando construções sustentáveis-oriundos de cursos ministrados do exterior (do Paraguai e do Peru).

A proposta para a Escola Frei Pacífico (Fig. 6), elaborada em resposta a um contrato celebrado com o Município de Viamão (RS), por sua vez, resultou no primeiro projeto integralmente desenvolvido com alunos bolsistas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

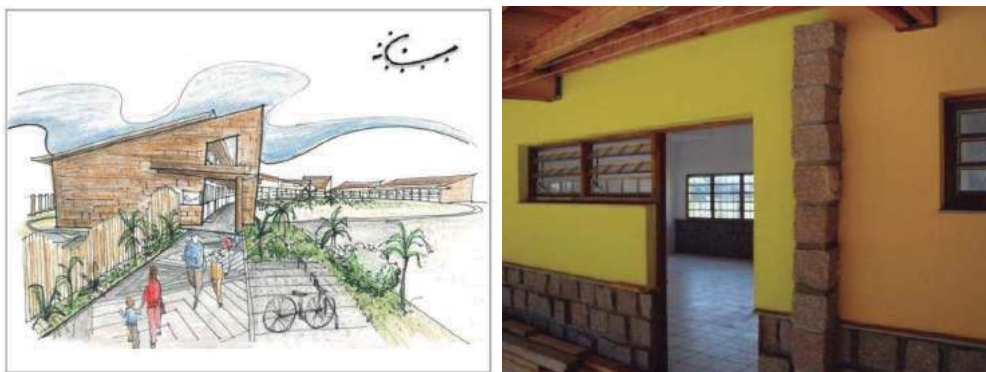


Figura 6. Escola de Ensino Fundamental Frei Pacifico: proposta arquitetônica e de implantação (esquerda) e vista parcial de uma das salas de aula (direita).

A Figura 7 ilustra um dos estudos que vêm sendo realizados para a municipalidade de Feliz. Dentre esses estudos podem ser referidas várias dissertações de mestrado (abordando temas como: a gestão de RCDs; a gestão de esgotos, com o uso de sistemas não convencionais; rotas de biodiversidade) e de uma tese de doutorado.

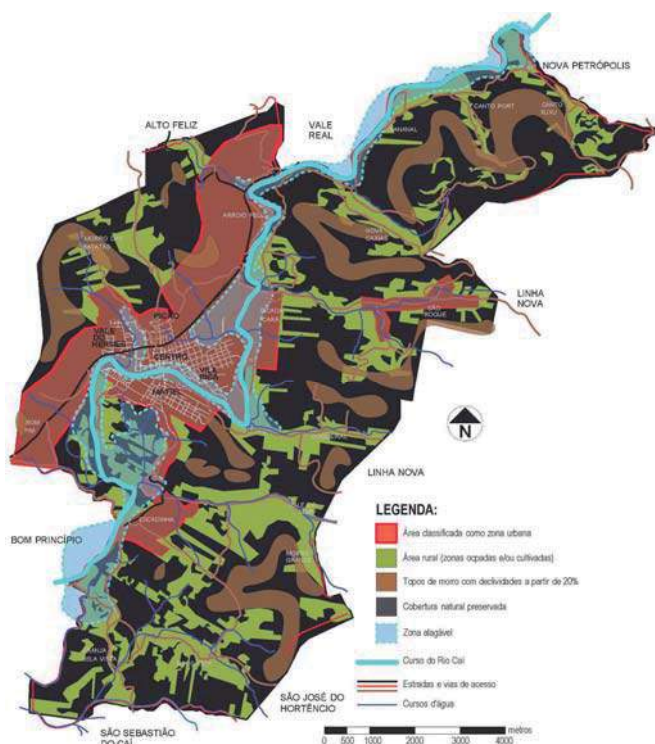


Figura 7. Diagnóstico de Uso do Solo, para a municipalidade de Feliz, no estado do Rio Grande do Sul.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho buscamos compartilhar algumas de nossas experiências no ensino de edificações e comunidades sustentáveis. Conforme mencionado, sempre que possível buscando treinar equipes para uma futura atuação interdisciplinar, um aspecto considerado imprescindível nesta área. Entre os resultados obtidos, pode-se apontar: um crescente número de candidatos interessados em cursar esta área, buscando o NORIE; tanto de distintas regiões do país, como de outros países da América Latina; a satisfação expressa pelos estudantes com o curso; o crescente número de solicitação de palestras, assim como de matérias associadas ao tema e veiculadas pela mídia. Isto nos faz acreditar que o caminho escolhido para as práticas didáticas tem sido visto como atrativo e de sucesso.

Também é possível afirmar, com base em nossas experiências de ensino em instituições de ensino superior, tanto no Brasil, como na América do Sul, e em contatos realizados com professores, nas conferências de cuja organização vimos participando, que a aplicação de princípios de sustentabilidade no setor da construção no país tem ficado muito aquém do que seria esperado. Isto é, do que seria esperado em função de tais conhecimentos virem sendo amplamente disseminados na literatura, já há décadas, e diante do exemplo dado por inúmeras universidades (em seus cursos de formação em arquitetura e engenharia), em diversos países. Também com base no que foi possível apurar nas mencionadas conferências, constata-se que a maioria dos departamentos com vinculação com o tema de tecnologia, que deveriam estar oferecendo a seus estudantes as ferramentas e os fundamentos de projetos sustentáveis, parecem não se dar conta de quão urgentemente mudanças se fazem necessárias para uma efetiva transformação de nossa civilização em uma civilização sustentável. Considerando a dimensão dos impactos ambientais causados pelo setor de construção – em cada uma das etapas de sua cadeia produtiva – seria extremamente importante fazer com que arquitetos e engenheiros, os principais atores neste cenário global, assim como todos aqueles diretamente envolvidos em atividades direcionadas à conformação do ambiente construído, fossem conscientizados sobre a necessidade de sua participação e sobre a sua responsabilidade.

Como fazer isto? Como melhor educar? Não temos uma resposta clara. Como talvez aconteça na maioria dos lugares, nossos professores usualmente não são treinados para tal e ele podem apenas ter a esperança de estar agindo da maneira correta, sem estar contribuindo para uma “falência educacional”, tal qual referido por Orr (2002), citado na Introdução, enquanto continuamos a tentar melhor educar...

5 AGRADECIMENTOS

O autor expressa os seus agradecimentos, principalmente, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio, na forma de Bolsa de Produtividade em Pesquisa, que permitiu o desenvolvimento deste trabalho, assim como pelas bolsas concedidas pelo CNPq e CAPES a vários de seus orientandos, que resultaram em um conjunto de estudos de qualidade singular sobre o tema de sustentabilidade. Também agradecemos aos diversos órgãos, demandantes de diversos dos trabalhos aqui referidos, pela generosidade de sua contribuição, em diversos momentos da realização desses estudos, sem a qual estes trabalhos não teriam sido possíveis.

REFERÊNCIAS

Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M., Jacobson, M., Fiksdahl-King, I. e Angel, S. 1977. *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. Oxford University Press. 1171 p.

Casañas, V., Flores, P.; Gonzáles, M. ; Sattler, M. A. e Bonin, L.C. 2009. Evaluación de Desempeño de Accesibilidad Arquitectónica y Urbana. Estudio de Caso en Palacio Municipal. In: *Anais do X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído*, Natal, RN.

Coelho de Souza, C.H ; Scussel, M. C. B. ; Sattler, M. A. 2009. Metodologia de Avaliação da Sustentabilidade Ambiental de Pequenos Municípios: o Caso da Cidade de Feliz, RS. In: *Anais do V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, Recife, PE.

Curwell, S.; March, C. and Venables, R. 1990. *Buildings and Health*. RIBA Publications, London, 522 p.

Day, C. 2002. *Spirit and Place*. Oxford: Architectural Press. 253 p.

Du Plessis, C. 2002. *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries – A discussion document*. CIB & UNEP-IETC, CSIR, 82 p.

Lyle, J.T. 1994. *Regenerative Design for Sustainable Development*. John Wiley & Sons. New York. pp. 14 – 28.

- McDonough, W.; Braungart, M. 2002. *Cradle to Cradle – Remaking the Way we Make Things*. New York, North Point Press. 196 p.
- McLennan J. F. 2000. Living Buildings. In: *Sustainable Architecture White Papers*. New York, pp. 26-27.
- Mollison, B. e Slay, R.M. 1998. *Introduction to Permaculture*. Tagari, 216 p.
- NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação). 2014. Disponível em: <http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/norie/sobre-o-norie>. Acesso em: 11 Set 2014.
- Orr, D. 2002. *The Nature of Design – Ecology, Culture and Human Intention*. New York: Oxford, pp. 1-2.
- Ribeiro Filho, J.N. ; Barreto, N.G. ; Fontaneli, R.; Lamb, G.S. ; Sattler, M. A. 2011. Proposta de condomínio residencial mais sustentável para a cidade de Feliz-RS. In: *Anais do VI Encontro Nacional e IV Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, 2011, Vitória, ES. Universidade Federal do Espírito Santo.
- Sattler, M.A. 1996. Sustainable Housing for the Brazilian Poor. In: *Proceedings of PLEA 96 – Building and Urban Renewal*. Louvain-la-Neuve, Belgium. pp. 313-318.
- Sattler, M.A. 1998. A Center for Sustainable Housing Technologies in Brazil. In: *Proceedings of CIB 1998 – Construction and the Environment*, Gävle, Sweden, em CD.
- Sattler, M.A. 2000. A Low Cost Sustainable House. In: *Proceedings of PLEA 2000 – Architecture City Environment*, Cambridge, UK, pp. 187-191.
- Sattler, M. A. 2002. Experimental Centre for Sustainable Housing Technologies. In: *Proceedings of Sustainable Building 2002*. Oslo, Norway: The Norwegian EcoBuild Program, em CD.
- Sattler, M. A. 2002. A Low Cost Sustainable House. Sustainable Building 2002, 2002, Oslo, Norway. In: *Proceedings of Sustainable Building 2002*. Oslo, Norway: The Norwegian EcoBuild Program, em CD.
- Sattler, M.A. 2003. Land use and sustainable buildings: design and construction in southern Brazil. *UNEP DTIE Industry and Environment*. Vol. 26, No. 2-3, pp. 42-45.
- Sattler, M.A. 2005. Recent Teaching and Design Activities at NORIE, on More Sustainable Buildings and Communities. In: *Proceedings of the 22nd Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Beirut, Lebanon, 13-16 November. pp. 831-836.
- Sattler, M.A. 2005. Refúgio Biológico Bela Vista: A Case Study on Sustainable Design. In: *Proceedings of SB05 Tokyo: Action for Sustainability*. Tokyo, Japan. Em CD.
- Sattler, M.A. 2007. Education for a more sustainable architecture. In: *Proceedings of the 24th Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Singapore, 22-24 November, em CD.
- Sattler, M.A. 2011. The Teaching of Sustainable Buildings and Communities in South of Brazil. In: *Proceedings of Sustainable Building 2011*. Helsinki, Finland, em CD.
- Vale, B. e Vale, R. 1991. *Green Architecture: Design for an energy-conscious future*. London: Thames & Hudson Ltd.
- Wilson, A.; Uncapher, J.L.; McManigal, L.; Lovins, L.H.; Cureton, M. e Browning, W. 1998. *Green Development – Integrating Ecology and Real State*. Rocky Mountain Institute. New York. Wiley, 1998. p. 62.
- Zanin, N. Z., Illanes, C. R., Sattler M. A., Ecker V. e Azevedo, R. 2006. Frei Pacífico Primary School Sustainable Project. In: *“Proceedings of the 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture”*, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006, em CD.

Os Escritórios Modelo e a Arquitetura Sustentável no Brasil: o caso da Fau/UnB

Camila Maia Dias Silva

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Distrito Federal, Brasil
camilamaiadias@gmail.com

Dra Liza Maria Souza de Andrade

Universidade, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Distrito Federal, Brasil
lizamsa@gmail.com

Helena Muniz Bokos

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Distrito Federal, Brasil
helenambokos@gmail.com

Taís Alves Oliveira

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Distrito Federal, Brasil
93.tais@gmail.com

Luiz Felipe Machado Silva

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Distrito Federal, Brasil
luizfeliipe.machado@gmail.com

Débora Quinderé Chaves Lopes

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Distrito Federal, Brasil
deboraquindere@gmail.com

ABSTRACT: The advertised article aims to evaluate the experience of CASAS - Centre for Social Action on Sustainable Architecture, the University of Brasília's Emau active since 2002 and recognized as extension project since 2009. Currently CASAS develops projects through a discipline within the curriculum of the college, named PEMAU (Model Office of Architecture and Urbanism). It is analyzed in this article, more broadly, some of the projects developed in the last five years of operation of CASAS: rural housing project in the settlement of *Itaúnas*, Headquarters of the Association of seamstresses and artisans – *Mãos que Criam, Espaço Enegresendo-CEDEP* awareness of black culture, a space for learning of children and youth of the *Coletivo da cidade*, headquarters and production of recycled brooms in *ASCOBEL*. These are arranged in a matrix of assessment that proposes the analysis of the effectiveness of participatory design processes and implementation of sustainable architecture's principles.

RESUMO: O artigo anunciado tem por objetivo avaliar a experiência do CASAS – Centro de Ação Social em Arquitetura e Urbanismo Sustentável, o EMAU da Universidade de Brasília que atua desde 2002, sendo reconhecido como projeto extensionista desde 2009. Atualmente, o CASAS elabora projetos através de uma disciplina dentro da grade curricular da faculdade, nomeada PEMAU (Prática em Escritório Modelo De Arquitetura e Urbanismo). Analisa-se neste artigo, de forma mais abrangente, alguns dos projetos desenvolvidos nos últimos 5 anos de atuação do CASAS: projeto de habitação rural no Assentamento de Itaúnas, Sede da Associação de costureiras e artesãs – Mãos Que Criam, Espaço Enegresendo-CEDEP de conscientização da cultura negra, Espaço de aprendizagem para crianças e jovens do Coletivo da Cidade e sede da ASCOBEL produtora de vassouras recicladas. Esses, são organizados em uma matriz de avaliação que propõe a análise da efetividade dos processos participativos de projeto e da aplicação de princípios da arquitetura sustentável.

1 APRESENTAÇÃO: OS EMAU'S E O ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO NO BRASIL

O ensino de Arquitetura e Urbanismo no Brasil procura abranger as mais diversas áreas do conhecimento em que o trabalho do arquiteto consegue atuar para atender expectativas sociais e ambientais. No entanto, a necessidade de atender a diversidade de temas imposta pelo mercado econômico tem contribuído para uma deficiência no ensino da atividade projetual dos estudantes, deixando de lado temas essenciais e urgentes como a demanda de social de comunidades marginalizadas e o contexto da crise ambiental planetária.

Os Escritórios Modelo de Arquitetura e Urbanismo – EMAU's, constituem uma atividade extensionista que visa desenvolver processos projetuais em arquitetura que preencham essa lacuna da formação universitária, juntamente com o apoio da Federação Nacional dos Estudantes de Arquitetura e Urbanismo, a FeNEA.

O CASAS, Centro de Ação Social em Arquitetura Sustentável é o Escritório Modelo da FAU/UnB e surgiu em 2001, tendo como intuito aplicar metodologias de processo participativo na elaboração de projetos de arquitetura. Para que a atuação do CASAS dentro da faculdade permitisse um maior contato dos alunos de graduação com demandas reais de projetos com cunho social e baseado em princípios da sustentabilidade, o CASAS aderiu à disciplina PEMAU – Práticas em Escritório Modelo de Arquitetura e Urbanismo, criada pela faculdade em 1971.

O PEMAU corresponde a uma disciplina optativa dentro do currículo e é coordenada pelo CASAS. As comunidades atendidas são eleitas através de deliberação da coordenação do escritório ou através de um edital que pontuam as comunidades de acordo com sua capacidade de autogestão, sua conexão com a cidade, o contexto em que está inserida e a capacidade do próprio escritório em atender a demanda solicitada. A disciplina é ministrada por professores da própria faculdade e conta com a monitoria de estudantes membros da coordenação do CASAS.

A metodologia de trabalho aplicada permite aos alunos desenvolverem suas capacidades enquanto arquitetos conscientes do contexto social corrente, concretizando assim os objetivos do Projeto de Extensão enquanto um dos três pilares (Ensino, Pesquisa e Extensão) da Universidade Pública. O foco da disciplina está direcionado para a aplicação do processo participativo e da sustentabilidade, porém nem sempre é possível trabalhar as duas vertentes, que depende da formação do orientador da disciplina, do envolvimento da comunidade e disponibilidade dos estudantes. Assim, pretende-se responder a duas questões neste artigo postas a seguir:

- a) Há princípios capazes de avaliar o grau de sustentabilidade e participação em um projeto de arquitetura?
- b) O CASAS desenvolve projetos com grau satisfatório de sustentabilidade e participação?

Os resultados obtidos identificam as limitações da metodologia adotada e definem anseios e diretrizes futuras para encaminhar os projetos do CASAS para o aperfeiçoamento na aplicação dos princípios de participação e sustentabilidade em seus projetos.

Este artigo tem como objetivo avaliar, de forma mais abrangente, os projetos desenvolvidos pelo CASAS/EMAU a partir da conceituação e caracterização dos critérios de Participação e Sustentabilidade para o processo projetual e produtos desenvolvidos nos últimos cinco anos. Como se trata de projetos desenvolvidos por um EMAU, onde passam vários estudantes a cada ano, torna-se difícil fazer uma avaliação detalhada dos resultados. A intenção, neste artigo, é chamar a atenção das escolas de arquitetura no Brasil para a necessidade da aplicação de princípios de Sustentabilidade e Participação nas disciplinas de projeto.

2 METODOLOGIA

Primeiramente este estudo efetua, por meio de levantamento bibliográfico, princípios e critérios capazes de avaliar e nortear projetos de arquitetura mais sustentáveis, incluindo os princípios permaculturais, e de processos participativos comunitários, nos quais os projetos analisados fazem parte de uma seleção de projetos produzidos pelo CASAS/EMAU nos últimos cinco anos de sua atuação. Dentro da avaliação dos projetos, estes são pontuados de 0 a 5 segundo seu desempenho em cada critério e listados em ordem crescente de pontuação.

A falta de dados a respeito dos processos de projeto, a falta de metodologia definida e a ocorrência de processos interrompidos, fez com que diversos projetos não entrassem no estudo em questão. Contudo, vale a pena ressaltar que esses processos forneceram grande conhecimento empírico aos participantes do CASAS/EMAU na medida em que aplicaram, ainda que intuitivamente, muitos dos princípios de sustentabilidade e participação aqui mencionados.

A metodologia adotada para avaliar a sustentabilidade é utilizada de forma mais abrangente, não se baseia em critérios de avaliação já consagrados como os de certificação de edifícios verdes como SBTOOL, BREEAM ou LEED, ou até mesmo o AQUA, utilizado no Brasil, os quais não possibilitariam ter uma noção ampliada do resultado. O que está sendo analisado é o processo de projeto, a participação da comunidade e a aplicação ou não dos princípios (conceito) de sustentabilidade. Para isso, optou-se por considerar apenas princípios de sustentabilidade aplicados ao ambiente construído e princípios da permacultura.

2.1 Princípios para análise dos projetos segundo o grau de participação

No âmbito da arquitetura, observa-se que a aplicação da metodologia participativa traz o desenvolvimento positivo de diversos aspectos, como: precisão em mapeamento de atividades; precisão em definição de áreas e leiaute; inovação estética, através do hibridismo entre conhecimento acadêmico e popular; ampliação da variedade de técnicas e métodos construtivos, na busca de atender às situações com alto grau de restrição; adequação da arquitetura em seu contexto político e social; minimização de custos e atrasos; aumento da qualidade de decisões; mais facilidade de implementação; antecipação de conflitos que a comunidade venha a enfrentar (DAVIS *et al*, 2013).

Além desses fatores técnicos, Sanoff (2010) defende que a participação melhora o comportamento dos cidadãos gerando julgamentos com mais informação e reflexão, melhor senso de eficácia política e aumento na frequência de ações políticas. Isso ocorre porque a participação produz uma voz diferente daquela obtida através do voto e da consulta popular. A participação procura uma voz capaz de reconhecer o interesse de outros grupos, apreciar a necessidade de compartilhamento e trocas de pontos de vista e gerar um senso comum de pertencimento.

Davis *et al*. (2013) coloca a importância de se conhecer a comunidade para promover eventos com o envolvimento efetivo da comunidade. A partir deste conhecimento, Davis *et al*. (2013) enumeram os seguintes princípios para esse planejamento: (a) inclusão - aceder ao maior *spectrum* possível de atores; (b) respeito - reconhecer que a comunidade possui o maior e melhor conhecimento sobre ela mesma; (c) relevância - tratar de pontos que a comunidade julgue serem os mais importantes; (d) clareza de propósitos e competências - colocar de maneira clara os objetivos e qual a função de cada ator para alcançá-los; (e) conhecimento - fornecimento de informação de fácil compreensão aos participantes para adquirir retorno de qualidade; (f) relações - estreitar laços entre atores, incluindo indivíduos e organizações; (g) confiança - promover comunicação que desenvolva confiança entre os atores; (h) envolvimento sustentável - estabelecimento de relações entre os atores antes de se iniciar o planejamento e manutenção dessas relações durante todo o processo; e (i) resultados - planejar pequenas realizações durante o processo para que a comunidade tenha evidências de que o projeto é

viável.

Segundo Sanoff (2010), outros fatores de grande importância são o grau de envolvimento da comunidade, os meios de tomada de decisão no processo e o capital social oferecido pela comunidade. O capital social trata-se resumidamente das relações desenvolvidas no contexto da própria comunidade: organizações comunitárias, ajuda mútua, capacidade de cooperação, voluntariado, lideranças comunitárias e afetivas, relações de apego e significado do local (KRETMANN and MCKNIGHT, 1993 in SANOFF, 2010).

O capital social também pode se apresentar como uma consequência do processo, assim é possível desenvolver trabalhos participativos de êxito mesmo em comunidades com baixo capital social. O importante é que ao fim do processo o Capital social seja maior que em seu início. O envolvimento das pessoas no processo de tomada de decisão guarda a chave do empoderamento e libertação conquistados pela comunidade através da participação. Quando a comunidade é capaz de ver no projeto o que foi decidido e problematizado por ela durante o processo é quando ela se sente responsável e empoderada pela participação. O profissional deve ajudar a comunidade a tomar decisões a respeito de sua realidade através de um processo facilmente assimilado (Sanoff, 2010).

O DED/NAU(2013) enumera 13 métodos e 57 técnicas de participação comunitária responsáveis pela dinâmica do processo participativo. As técnicas divididas em seis grupos são: técnicas de tomada de consciência, técnicas indiretas, técnicas de interação de grupo, técnicas abertas, técnicas de exploração de idéias e técnicas de base tecnológica. A importância da eleição adequada das técnicas está relacionada com os objetivos que se deseja alcançar, com o contexto e com a capacidade de envolvimento da comunidade. As técnicas que exigem alto grau de envolvimento apenas devem ser aplicadas em comunidades que possam oferecer esse retorno, da mesma forma que, em casos de urgência, o processo deve utilizar uma técnica capaz de gerar resultado em pouco tempo.

Durante o desenvolvimento dos critérios de análise suprimiu-se o que viria a ser o sexto critério, escolha de técnicas de participação. Considerou-se que esse critério estaria diluído nos demais, compreendendo-se que a técnica participativa eleita se faz adequada quando é capaz de promover o conhecimento da comunidade em que se atua, estimular o envolvimento da mesma, integrar os atores fortalecendo o capital social, incitar a tomada de decisão direta e "debaixo pra cima" estando conectada com os objetivos planejados para o processo de projeto.

Tabela 1. Critérios para análise do processo de projeto em arquitetura, segundo o grau de participação, baseados em Sanoff(2010), Davis et al (2013) e DED/NAU(2013).

Critérios para análise do processo de projeto segundo o grau de participação	
1. Conhecer a comunidade	Identificar, pontos chave como: o contexto social, econômico, geográfico da comunidade; atores sociais (<i>stakeholders</i>); lideranças afetivas e formais; anseios; tendências culturais, conflitos e relações de apego relativas ao espaço.
2. Planejamento	Planejar método e estratégia para atuação da equipe com a comunidade, momentos de envolvimento da comunidade e mobilização de recursos; contemplar prazos, custos, objetivos, prioridades, diagnóstico, análise de resultados e de processos.
3. Envolvimento	Potencializar o envolvimento através de atividades e aplicação de técnicas que transmitam o sentimento de abertura e flexibilidade; promoção da informação para a participação; utilização de linguagem para comunicação adequada.
4. Capital social	Respeitar organização endógena e existente da comunidade, buscando seu fortalecimento. Orientar a organização e planejamento da comunidade a curto e médio prazos (projeto e construção) e a longo prazo (gestão comunitária do espaço), visando o crescimento do capital social.
5. Tomada de decisão	Utilizar instrumentos de tomada de decisão que promovam a deliberação, a resolução de conflitos, a transparência e a autonomia, visando a concretização da decisão comunitária e não uma interpretação da mesma. (consenso, votação, construção de cenários, entre outros)

2.2 Princípios para análise dos projetos segundo o grau de sustentabilidade

Para a avaliação dos projetos selecionados, segundo o grau de sustentabilidade, foram levantados princípios de sustentabilidade aplicados ao ambiente construído (ecotécnicas) baseados em Sattler (2007) e princípios da permacultura de Mollison (1998). Tendo em vista que a eleição da técnica construtiva pelo arquiteto reverbera em reações diversas da sociedade, do mercado e do meio ambiente, os critérios de análise buscam evocar a responsabilidade social e ambiental dessas decisões. Neste caso, não seria possível avaliar os projetos segundo os critérios de certificação ambiental devido ao detalhamento necessário exigido. Portanto, a intenção desta avaliação é apenas ter uma noção se os princípios de sustentabilidade foram aplicados, situação ainda distante das disciplinas de projeto das escolas de arquitetura das universidades do Brasil.

Sattler (2007) considera que alguns conceitos de sustentabilidade dizem respeito “à forma de o homem construir ou modificar o seu *habitat*, quando busca minimizar a adição de impactos àqueles já ocorrentes. O conceito de resiliência enfatiza a capacidade de um sistema se adaptar as mudanças, seja de repende ou de forma gradual, no ambiente biogeofísico, em contextos e processos sociais, e recursos e controles econômicos.

Atitudes como: usar com parcimônia e de modo racional todas as formas de água; usar, preferencialmente, recursos energéticos renováveis, buscando minimizá-los e usá-los racionalmente; reduzir o uso de materiais de construção (reduzindo, inclusive, a escala das edificações construídas); entre os materiais disponíveis, selecionar aqueles menos impactantes, tanto ao homem como ao ambiente; e, quando construir, buscar maximizar a durabilidade da edificação, assim como, nas novas construções, fazer uso de materiais já usados anteriormente e minimizar perdas (SATTLER, p. 22).

Tabela 2. Itens para análise de projetos de arquitetura segundo o grau de sustentabilidade, baseados em Sattler(2007) e Mollison (1998)

Critérios para análise dos projetos segundo o grau de sustentabilidade	
1. Recursos construtivos	Escolha de materiais locais, não tóxicos, de baixo impacto ambiental e culturalmente aceitos; mão-de-obra local; incentivo à economia local e arranjos produtivos com agentes locais; estratégias de projeto que buscam prolongar a vida útil da edificação.
2. Ambiência	Aberturas capazes de gerar conforto em ventilação e iluminação naturais; paisagismo do entorno que promova sombreamento e auxilie na criação de microclima agradável; respeito às características arquitetônicas locais; dar prioridade à estética local, culturalmente assimilada e atemporal.
3. Energia	Racionalização energética; fontes diversificadas e renováveis de energia; biodigestores.
4. Água	Racionalização; captação e reutilização da água da chuva; bacias de retenção para irrigação de jardins; reutilização da água vinda de outros usos.
5. Resíduos	Reciclagem; compostagem; biodigestores; banheiro à seco; reutilização; tratamento local de águas cinzas e marrons através de bacias de evapotranspiração.
6. Alimentos	Produção local, paisagismo produtivo, diversidade de cultivos, canais de infiltração, agroflorestas, cultivo orgânico.
7. Integração ao local	Adaptação à topografia, adaptação ao clima local, zoneamento de atividades de acordo com sua frequência, inserção no contexto urbano.
8. Integração social e educativa	Áreas para ócio, recreação, lazer e integração social; prioridade para pedestres; espaços para promoção de atividades diversificadas; adequar edifício à seu contexto social; o processo construtivo e a edificação trazem mais conhecimento para a comunidade local.
9. Resiliência	Espaços que permitam a mudança de usos, arquitetura que permita ampliações e reformas com menor impacto ambiental e/ou estruturas que estejam preparadas para mudanças climáticas e ambientais.

Outro ponto relevante em seus princípios norteadores é a adequação da edificação ao lugar, a necessidade de uma arquitetura em harmonia com a natureza. Estes princípios devem, pois, se

sobrepôr à preocupação estética, gerando, pela ética e ótica da sustentabilidade, a estética da sustentabilidade, em que se preconiza a arquitetura como a expressão de todas as artes. Os princípios desenvolvidos por Sattler (2007) e as ecotécnicas foram aplicados no CETHS – Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis.

Mollison (1998) desenvolve o sistema da permacultura, baseado na policultura e no design através da multidisciplinaridade que integra arquitetura e biologia. Para esse autor, o bom design é aquele que integra todos os elementos disponíveis no local criando conexões e relações de interdependência entre eles. Mollison (1998) pontua três princípios da permacultura: a) Elementos com auxílio mútuo: Cada elemento do terreno deve ser posicionado em relação a outro de modo que se auxiliem mutuamente; b) Funções essenciais com suporte de outros elementos: Toda função essencial (como abastecimento de água e energia) é apoiada por dois ou mais elementos (na falta do aquecimento solar de água, a serpentina do fogão à lenha ou um sistema de energia elétrica garantem o abastecimento); c) Elemento que executa várias funções: cada elemento executa várias funções (assim, uma cerca de vegetais comestíveis pode servir como alimento, quebra-vento, hábitat para pequenos animais, elemento para dar mais privacidade à casa etc.);

3 RESULTADO: AVALIAÇÃO DOS PROJETOS DO CASAS SEGUNDO OS CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE E PARTICIPAÇÃO

Na avaliação, cada projeto foi pontuado de 0 a 5 de acordo com seu desempenho em cada critério dentro do campo da sustentabilidade ou da participação. A pontuação final que revela o desempenho dos projetos nesses dois campos é obtida através de média aritmética simples. Cada critério é pontuado de acordo com a seguinte avaliação: (1) insatisfatório; (2) pouco satisfatório; (3) satisfatório; (4) bom; (5) ótimo. Para a avaliação em participação foram elencados 5 critérios e para avaliação da sustentabilidade, baseada nos princípios de sustentabilidade para o ambiente construído e na permacultura, foram selecionados 9 critérios, ilustrados na tabela abaixo.



Figura 1. Espaço Enegresendo – CEDEP (Paranoá, DF)

O CEDEP - Centro de Cultura e Desenvolvimento do Paranoá, é uma Organização não Governamental que luta contra as desigualdades sociais e a favor dos direitos humanos. O Espaço EnegreSendo busca atender uma nova demanda do CEDEP, sendo direcionado para a vivência de afrodescendentes e africanidades, que visa promover a formação dos professores das escolas públicas da região e suas proximidades a fim de resgatar o significado da cultura negra na vida da população.

PARTICIPAÇÃO (4,2pts): 1. Conhecer a comunidade (4pts): associação atuante nas cidades Paranoá e Itapoã; elaboração de atividades com crianças, jovens e adultos; possui reconhecimento na cidade. 2. Planejamento (4pts): duração de três semestres, sendo o último uma prorrogação; mudanças na organização da comunidade atrasaram o projeto. 3. Envolvimento (4pts): reuniões com frequência captaram envolvimento da comissão de projeto da comunidade e visitas à eventos da comunidade promoveram sentimento de abertura e parceria estimulando o envolvimento. 4. Capital social (4pts): A organização da entidade é composta por pessoas da própria comunidade e apresenta grande abertura ao processo; experiências em projetos e parcerias com ministérios e fundações 5. Tomada de decisão (5pts):

tomada de decisão direta à partir da seleção de técnicas capazes de captar os padrões de desenho de projeto almejados pela comunidade; utilização de maquete interativa fazendo com comunidade possa auxiliar na definição da forma da arquitetura; padrões de Alexander et al. (1977). SUSTENTABILIDADE (4,6pts): 1. Recursos construtivos (5pts): Estrutura demadeira, painéis de taipa de mão, tintas naturais e cobertura de telhas cerâmicas. 2. Ambiência (5pts): Aberturas nas fachadas leste e oeste permitem ventilação na seca; espelho d'água à leste para umidificar o ar; aberturas móveis; pé-direito alto; sobreamento através de pergolado externo. Plástica inspirada na cultura africana; aberturas generosas para entrada de luz natural. 3. Energia (3pts): Não há produção de energia; aberturas diminuem consumo 4. Água (4pts): Cisternas para filtração e armazenagem de água pluvial. 5. Resíduos (5pts): Composteira e reciclagem. 6. Alimentos (5pts): Horta e espiral de ervas. 7. Integração ao local (5pts): Espaço entre edificação pré-existente; abertura de praça para a rua tornando espaço mais convidativo. 8. Integração social e educativa (5pts): Planta-baixa circular propicia a reunião e interação; espaços de encontro e descanso nos jardins e pergolado. 9. Resiliência (5pts): Divisórias móveis possibilitam rearranjar o espaço interno; sistema construtivo não permite ampliação do espaço.



Figura 2. Espaço Mãos Que Criam (Vila Estrutural, DF)

A Associação Mãos Que Criam é voltada para o trabalho e formação de mulheres costureiras e artesãs, sendo responsável por oferecer formação a cerca de 500 mulheres por ano. O projeto elaborado trata da construção da sede do grupo, que deve abarcar não somente o espaço para a produção de artesanatos e roupas, como também atividades que a associação gostaria de promover em cooperação com a comunidade local, agregando espaço como biblioteca, espaço para eventos e sala para aulas de informática.

PARTICIPAÇÃO (3,8pts): 1. Conhecer a comunidade (4pts): asseio de abrir o edifícios à comunidade; maridos desempregados das artesãs podem ser mão de obra para a construção do edifício. 2. Planejamento (3pts): houve mudança de método e grande atraso do projeto. 3. Envolvimento (4pts): entrevistas e observação gerou pouco envolvimento; técnicas de formação de repertório visual, maquetes interativas, problematização e apresentações formais de propostas aumentaram o envolvimento. 4. Capital social (4pts): associação com mais de dez anos de atuação; organização interna bem definida; conhecida pela comunidade da cidade; autofinanciamento da venda de seus produtos; assessoria externa e apoio da Petrobrás; 5. Tomada de decisão (4pts): inicialmente a nível consultivo, posteriormente adota-se o consenso. SUSTENTABILIDADE (4,1pts): 1. Recursos construtivos (4pts): alvenaria estrutural em tijolos ecológicos (BTC); lajes em concreto moldados *in loco* à partir da colocação de cascajes (pequena abóbodas de canhão em fibrocimento); permite autoconstrução e fabricação local; mão de obra local necessita de capacitação. 2. Ambiência (5 pts): aberturas direcionadas à leste e oeste aproveitam a iluminação natural; sombreamento de árvores e brises em bambu à oeste; forma da edificação cria pequenos patios que buscam potencializar a ventilação; telhado visitável e jardim oeste proporcionam vista. 3. Energia (4pts): aberturas visam diminuir a dependência da energia elétrica; não contempla produção de energia. 4. Água (4pts): captação e utilização da água da chuva através de reservatórios que se encontram no subsolo. 5. Resíduos (3pts): Composteira. 6. Alimentos (4pts): paisagismo produtivo com fruitferas e ervas medicinais; horta no telhado visitável. 7. Integração ao local (5pts): Topografia plana facilita a implantação;

valorização da vista oeste; pavimentos permeáveis nos passeios externos; entrada ampla para o público em eventos. 8. Integração social e educativa (4pts): convívio e integração nos pátios; mobiliário estimula trabalho em grupos e círculos. 9. Resiliência (4pts): possibilidade de alteração de uso dos ateliês de artesanato e da sala multiuso; não permite ampliação.



Figura 3. Espaço Coletivo Da Cidade (Vila Estrutural, DF)

O Coletivo da Cidade atua com o atendimento de crianças e adolescentes no contra turno escolar oferecendo alternativas artísticas e educativas como meio de transformação social, sendo um importante espaço de convivência e fortalecimento comunitário. O Coletivo da Cidade atende 200 crianças e adolescentes de 10 a 14 anos com atividades de informática, inglês, francês, espanhol, rádio, violão, artes, leitura crítica, literatura, xadrez, jogos pedagógicos, artesanato, desenho, break e apoio pedagógico. O CASAS foi responsável pelo projeto de reforma da nova sede e anexo da instituição.

PARTICIPAÇÃO (3,6pts): 1. Conhecer a comunidade (4pts): alternativa para crianças em contraturno escolar da cidade; atores de coordenação da associação são externos à comunidade; dois espaços de atuação, um que promove visibilidade no centro da cidade, outro mais afastado que está mais próximo da comunidade. 2. Planejamento (5pts): duração de dois semestres não excedendo o tempo planejado; 3. Envolvimento (3pts): grau de envolvimento menor que o esperado devido à indisponibilidade dos atores em participar dos processos. 4. Capital social (3pts): alto grau de organização da entidade mas que apresentou pouca coesão e adesão da comunidade local (crianças e adultos atendidos pelo coletivo); possuem financiamento do governo do DF e promovem autofinanciamento através de eventos. 5. Tomada de decisão (3pts): aplicação de técnicas consultivas e de entrevista com a organização da entidades e seus atendidos; oficinas com as crianças para captação de seus anseios.

SUSTENTABILIDADE (3,2pts): 1. Recursos construtivos (3pts): sistema tradicional em alvenaria cerâmica e pilares de concreto, material muito dominado pela mão de obra local. 2. Ambiência (4pts): integração entre exterior e interior através de varanda, amenização da temperatura interna da edificação. 3. Energia (4pts): avarandado e aberturas para maior aproveitamento de luz solar, não há produção de energia. 4. Água (0pts): não há captação de água, reuso ou reciclagem. 5. Resíduos (3pts): composteira. 6. Alimentos (3pts): jardim de ervas cultivado pelas crianças. 7. Integração ao local (4pts): grande parte da área já construída dificultando implantação de anexo, boa solução. 8. Integração social e educativa (4pts): varanda conectada à parquinho configurando grande área de convivência. 9. Resiliência (4pts): após a construção do anexo haverá poucas possibilidades de expansão ou readequação devido à ocupação pré-existente que já ocupa grande área.

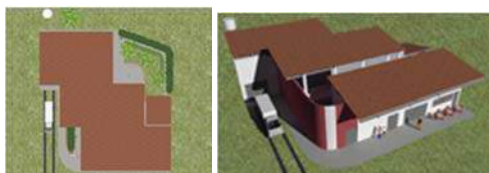


Figura 4. Espaço Ascobel (Águas Lindas, GO)

A atividade principal da ASCOBEL é a fabricação de vassouras de garrafa PET, que é desenvolvida por mulheres da comunidade. A Associação participa de Fóruns de Economia Solidária e realiza feiras de troca e bazares. Possuem parceria com outra instituição para trabalhar com pessoas

comprometidas com a Lei, com o sentido de reinserção social na sociedade. O CASAS elaborou o projeto da sede da associação.

PARTICIPAÇÃO (3,5pts): 1. Conhecer a comunidade (3pts): trabalho com ex-presidiários; inserção em cidade de alto índice de pobreza. 2. Planejamento (5pts): duração de um semestre; contratempo no planejamento devido à troca de terreno pela comunidade. 3. Envolvimento (3,5pts): grau médio de envolvimento; dificuldade de acesso à comunidade devido à distância; poucos atores ativos no processo de participação; falta de aplicação de técnicas que ultrapassem o nível de consulta. 4. Capital social (3pts): organização da entidade detida em poucos atores; proximidade da líder com parcerias da Universidade; grande incerteza sobre atuações futuras; associação auto-financiada pela produção de vassouras. 5. Tomada de decisão (3pts): consulta à comunidade através da apresepbação propostas. **SUSTENTABILIDADE (3,5pts):** 1. Recursos construtivos (3pts): estrutura em concreto armado e vedação em alvenaria de blocos cerâmicos, técnica de domínio local. 2. Ambiência (5pts): Abertura zenitais para iluminação natural; parede de cobogós à leste para ventilação. 3. Energia (4pts): Não há produção de energia, redução de gasto com iluminação zenital. 4. Água (0pts): não há captação ou reuso de água. 5. Resíduos (3pts): reciclagem. 6. Alimentos (5pts): Horta, pomar e ervas. 7. Integração ao local (4pts): lojas e atendimento ao público na fachada frontal gera integração com a cidade. 8. Integração social e educativa (5pts): Pátio interno central promove integração. 9. Resiliência (3pts): Não prevê expansão, mas possibilita alternativas de usos para ambientes.



Figura 5. Habitações Para Assentamento Rural - PHISAR (Planaltina, GO)

O PHISAR - Projeto de Habitação de Interesse Social em Assentamentos Rurais promoveu o projeto participativo das habitações do Assentamento Itaúnas em Planaltina de Goiás. As habitações foram financiadas pelo INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, que após a regularização do assentamento disponibilizou o importe de 15 mil reais em material de construção para cada família assentada. O projeto possuía o desafio de projetar 100 casas para as famílias do assentamento, buscando atender ao máximo as especificidades de cada família captadas através do processo participativo. Durante o processo diversas famílias iniciaram a construção de suas casas antes da finalização dos projetos de arquitetura, o que exigiu que a equipe trocasse de método. Atualmente todas as famílias já fizeram uso de seu benefício e possuem suas casas construídas.

PARTICIPAÇÃO (4pts): 1. Conhecer a comunidade (4pts): pequenas famílias que plantam para subsistência e venda; distante cerca 40 minutos da cidade mais próxima; cada família possui características específicas. 2. Planejamento (3pts): houve troca de metodologia devido ao primeiro planejamento não se adequar ao tempo das famílias; segundo planejamento obteve eficiência. 3. Envolvimento (4pts): envolvimento se dava por parte de cada família; uso de maquetes permitia ultrapassar a barreira da linguagem; dificuldade de visitas devido à distância do assentamento. 4. Capital social (4pts): assentados muito dispersos pelo território rural; presença forte de liderança que capta parcerias externas, relação de financiamento e e regularização fundiária com o INCRA; 5. Tomada de decisão (5pts): inicialmente, quando o projeto era elaborado para 100 famílias, haviam 10 projetos padrões e 30 projetos personalizados, onde a tomada de decisão era mais direta porém mais demorada pelo grande número de famílias. Posteriormente o a decisão era feita através de novos padrões de residência e feitas pequenas modificações pelo campesino nas visitas.

SUSTENTABILIDADE (3,3pts): 1. Recursos construtivos (3pts): alvenaria estrutural em blocos cerâmicos; elaboração de manual de construção. 2. Ambiência (4pts): casas avarandadas para permitir sombreamento da fachada frontal. 3. Energia (3pts): não há produção de energia, aberturas auxiliam na redução do consumo. 4. Água (2pts): famílias captam de água de poços artesianos; não há reutilização da água. 5. Resíduos (3pts): composteira e PAIS já existente. 6. Alimentos (3pts): produção local de alimentos já promovida pelas famílias. 7. Integração ao local (5pts): manual de construção prevê cuidados com implantação. 8. Integração social e educativa (3pts): respeito da relação de integração entre cozinha e sala; varandas como local de integração. 9. Flexibilidade ao contexto (4pts): previsão de expansão; técnica construtiva dominada pela população facilita reformas e ampliação.

De acordo com a avaliação, observa-se que os projetos com maior grau de participação também possuem melhor desempenho quanto à sua sustentabilidade. Em primeiro lugar se destaca o projeto do Espaço Enegresendo, aquele que mais aplicou os critérios de participação e sustentabilidade com médias 4,2 e 4,6 respectivamente. O projeto se diferencia dos demais pela aplicação dos padrões de Alexander et al. (1977) no processo participativo e as ecotécnicas. O projeto do Espaço Mãos que Criam obteve a pontuação de 3,8 e 4,1, seguido do PHISAR 4 e 3,3, e por fim, o Espaço Coletivo da Cidade 3,6 e 3,2, o Espaço ASCOBEL 3,5 e 3,5. Portanto, conclui-se que, de uma maneira geral, o desempenho foi satisfatório.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procurou-se, com esta pesquisa, avaliar os projetos desenvolvidos no EMAU/CASAS com a intenção de chamar a atenção para esse trabalho extensionista como vetor de inclusão de processos participativos e aplicação dos princípios de sustentabilidade nas universidades. Devido à grande variedade de situações em que se insere cada projeto, do rural ao urbano, do familiar ao institucional e, também, devido à rotatividade de estudantes envolvidos nos projetos, optou-se por desenvolver um método de avaliação da sustentabilidade com pontuação simplificada e de forma mais abrangente.

Os critérios de avaliação utilizados representam os pontos mínimos de preocupação para os projetos participativos e sustentáveis, funcionando também como princípios que conectam os projetos dispostos e norteiam o trabalho do escritório. Acredita-se que a introdução dos preceitos de sustentabilidade nos projetos elaborados para comunidades em risco social devem buscar um atalho através da contribuição na situação social dessas pessoas. A atuação do CASAS, assim como a de vários EMAU's no Brasil, enfrenta dificuldades por falta de espaço nas faculdades para debater a arquitetura participativa e sustentável. Atualmente a impermanência dos estudantes nos EMAU's, a indisponibilidade de professores para orientar os trabalhos e a falta de recursos para manutenção do escritório são os principais desafios.

REFERÊNCIAS

- Alexander, C. et al. 1977. *A Pattern Language: towns, buildings, construction*. New York: Oxford University Press.
- Davis, D. et al. 2013. *Participation tools for better community planning*. California: The California Endowment.
- Ded/NAU. 2013. *Participação da comunidade em processos de desenho urbano e de urbanismo: levantamento e descrição de métodos e técnicas*. Lisboa: Relatório 41/2013, I&D Edifícios
- Mollison, B. 1998. *Introdução à permacultura*. Brasília: Fundação Daniel Efraim Dazcal.
- Sanoff, H. 1999. *Community Participation Methods in Design and Planning*. Ebook. Nova York: John Wiley & Sons, Inc.
- Sanoff, H. 2006. *Multiple Views of Participatory Design*. METU JFA.
- Sattler, M. 2007. *Habitacões de Baixo Custo Mais Sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis*. Porto Alegre: Antac. (Coleção Habitare, 8).

A Importância de um Planeamento na Desconstrução de Edifícios

Andreia Martins

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, São Carlos, São Paulo, Brazil
andreiamartins@usp.br

Daniel Reis

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, São Carlos, São Paulo, Brazil
danielreis@usp.br

Márcio Fabrício

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, São Carlos, São Paulo, Brazil
marcio@sc.usp.br

José Sousa

Polytechnic of Porto, Institute of Engineering, Department of Civil Engineering, Porto, Portugal
jso@isep.ipp.pt

ABSTRACT: The demolition process has been experienced several changes, which primarily focus on how the building will be demolished. More recently, with the growing environmental importance concerns lead today talking about "deconstruction", in reference due the loss of the demolitions. The building demolition is currently responsible for producing a significant portion of all wastes generated by construction activities and in this context that deconstruction emerges as an environmentally viable alternative for this industry. This paper discusses the consequences of traditional demolition, as well as the features and benefits that deconstruction can bring in terms of sustainability. Is to assist the buildings deconstruction processes through guidelines that comprise planning, comprising several steps before it is dismantling. The guidelines presented in this article were developed through a literature search on the topic, which aim to aid in the proper management of demolition waste stream.

Keywords: Deconstruction, Demolition, Demolition Waste Management.

RESUMO: O processo de demolição tem experimentado várias mudanças que incidem principalmente na forma como o edifício vai ser demolido. Mais recentemente, com a progressiva importância das preocupações ambientais levam hoje a falar de "desconstrução", em função do prejuízo das demolições. A demolição de edifícios é atualmente responsável pela produção de uma parcela significativa de todos os resíduos originados pela construção civil e é nesse contexto que a desconstrução surge como uma alternativa ambientalmente viável para esta indústria. Este trabalho aborda as consequências da demolição tradicional, como também as características e vantagens que a desconstrução pode trazer em função da sustentabilidade. Consiste em auxiliar os processos da desconstrução de edifícios através de diretrizes, que compõem um planeamento, compreendendo as várias etapas antes do seu desmantelamento. As diretrizes apresentadas neste artigo foram desenvolvidas através de uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, que visam o auxílio na correta gestão do fluxo de resíduos de demolição.

Palavras-chave: Desconstrução, Demolição, Gestão de resíduos de demolição.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção constitui um dos maiores e mais ativos setores em todo planeta. No entanto tem vindo a sofrer, um pouco por todo o mundo, uma grande evolução, e com isso, uma

crescente extração de recursos naturais. Para reduzir o impacto ambiental gerado pela contínua recolha de nova matéria-prima são criados procedimentos para a gestão de resíduos (Torgal & Jalali, 2010). A nível mundial, os edifícios construídos armazenam 40% dos materiais e 55% das madeiras extraídas. As quantidades de resíduos são elevadas e estima-se que o edificado e atividades afins origine cerca de 40% do total de resíduos produzidos (Pinheiro, 2006).

A demolição não contém barreiras, o que produz uma enorme quantidade de detritos que na maioria dos casos, são apenas adicionados aos resíduos nos aterros sanitários. Devido às preocupações da comunidade sobre os potenciais impactos e sobre o meio ambiente em áreas desenvolvidas, está a tornar-se cada vez mais difícil a disponibilização de locais para aterros. Por outro lado, o facto dos aterros tenderem a situar-se em zonas mais afastadas das áreas desenvolvidas, aumenta os custos de transporte. Uma alternativa ao envio desses materiais para aterros sanitários, é escolher a desconstrução sobre o hábito mais comum que é a demolição (Couto & Couto, 2010). A desconstrução é um processo construtivo de desmontagem, que tem como objetivo principal, recuperar o máximo dos materiais de construção de forma a ser possível serem reutilizáveis ou, até mesmo recicláveis e aplicados em novas construções. Pretende-se que os resíduos originados possam ser rentáveis, ecológicos e com maior ciclo de vida. A desconstrução cria a possibilidade de reutilizar os materiais, mantendo a energia interna (energia incorporada) e impedindo a transformação de matérias-primas, ou ainda o aumento da produção de material de construção (Saghati & Teshnizi, 2011).

O conceito desconstrução surgiu devido ao rápido aumento de demolições e crescentes preocupações ambientais manifestadas por toda a sociedade. Apesar de o processo da desconstrução ser entendido como uma forma interessante de reduzir a produção de detritos, ainda não consegue reunir um elevado conhecimento técnico sobre o tema e aceitação por parte dos vários intervenientes. Para inverter esta situação, as normas e os regulamentos ambientais devem ser promovidos, no sentido de aumentar a conscientização sobre a importância da desconstrução com as partes envolvidas na indústria da construção, especialmente os proprietários, projetistas e empreiteiros (Couto & Couto, 2010). Em antagonismo, este processo construtivo entende-se como uma atividade demorada, com grande incorporação de mão-de-obra, que só será rentável se houver mercado para os produtos de demolição e o custo de material indiscriminado levado a vazadouro for suficientemente elevado, para ser eliminado (Silveira).

A gestão dos resíduos de construção e demolição também se tornou mais complexa devido às crescentes exigências técnicas e legais, que têm estimulado o aparecimento de empresas especializadas na prestação de serviços relacionados com recolha, transporte, reciclagem e tratamento destes resíduos (Silva, 2004). Do ponto de vista económico os inertes reciclados só são competitivos onde exista falta de matéria-prima ou falta de vazadouros autorizados, a reciclagem trará nestas condições, redução de custos no transporte e entrega de resíduos (Silveira).

Reutilizar os materiais em novas construções resulta numa menor energia que seria necessária para a produção de novos materiais, menor poluição e obtenção de um maior ciclo de vida útil do material. Os materiais seguem uma hierarquia de opções possíveis, tais como a reutilização, a reciclagem, o uso de combustível, a eliminação de materiais não perigosos, e eliminação de materiais perigosos. Uma abordagem hierárquica de gestão dos materiais a partir da desconstrução de um edifício é inerente ao processo de separação local (Guy & Gibeau, 2003).



Figura 1 – Hierarquia da gestão de resíduos de demolição e construção (Produzido pelo Autor).

Para além que este processo construtivo tem o potencial de criar novas capacidades profissionais e oportunidades de emprego, promove também a criação e expansão de pequenas empresas, para lidar com o material recuperado de projetos de desconstrução, e beneficiar o meio ambiente, desviando valiosos recursos de aterros em usos lucrativos. Por outro lado permite à desconstrução pagar a si própria, através da geração de receitas e redução de custos e eliminação de aterros sanitários (HUD & NAHB, 2001).

O ambiente incorporado do futuro está a ser construído, no início de uma nova época ecológica em que os governos estão a enquadrar os mercados com a regulamentação e legislação que responde aos desafios da sustentabilidade ambiental, e onde a indústria tem de responder aos desafios das economias de baixo carbono e o esgotamento dos recursos (Department of Sustainability, 2011).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A desconstrução como alternativa à demolição

A demolição é a resposta ao fim de vida dos edifícios, quando estes se encontram em estado degradado ou em risco de instabilidade, em que o custo de manutenção ou reabilitação seja demasiado elevado face à demolição total, ou que coloque em causa a segurança da população e das construções vizinhas. Os seus métodos podem variar, dependendo do local onde será realizado, o tempo disponível, os materiais de construção, o objetivo da demolição e a forma de detritos que vão ser acumulados. Os métodos em que o ruído, a poeira e a vibração são limitados, podem aumentar os custos da demolição.

Já a desconstrução pode ser definida como a desmontagem sistémica de uma edificação com o objetivo de maximizar a recuperação de materiais e componentes para reutilização e reciclagem e é realizada através de métodos pré-planeados e controlados. Enquanto que o processo de demolição geralmente conduz a uma mistura de diversos materiais e inevitavelmente à sua contaminação, que originalmente não representavam riscos à saúde humana e ao meio-ambiente. Nesta metodologia, os trabalhos realizam-se de maneira inversa à seguida no processo de construção, ou seja, antes da desmontagem da alvenaria e da estrutura, deve-se evitar a presença de todos os outros materiais, em especial o fibrocimento, gesso, madeiras, polímeros, entre outros. Só depois é que se procede ao desmonte das paredes de alvenaria, e por fim à própria estrutura, em que o ultimo material a ser removido é o primeiro que foi colocado e o primeiro a ser removido é o ultimo que foi colocado (Silveira).

Os materiais removidos são recuperados para reutilização ou reciclagem; no caso de materiais contaminados, o objetivo não é reintegrar os materiais de construção, é exclusivamente isolá-

los dos outros materiais, com a função de os submeter a um tratamento especial ou transportá-los para um aterro específico (Generalitat de Catalunya, 1995). A desconstrução oferece potenciais benefícios económicos e ambientais em comparação com a prática convencional de demolição total do edifício, tais como venda e aproveitamento de materiais reutilizados, permite também evitar as taxas de descarte. O principal benefício ambiental é mesmo a redução da produção de resíduos. Por outro lado, a desconstrução é um processo que tende a ser mais demorado que a demolição tradicional devido à sua natureza de trabalho intensivo e pormenorizado (Dantata, Touran & Wang, 2005).

As vantagens da desconstrução são significativas, oferecendo benefícios sociais, económicos, ambientais e históricos. Os edifícios mais antigos, muitas vezes contêm artesanato de valor histórico relevante. A desconstrução pode cuidadosamente conservar essas características arquitectónicas históricas importantes, na medida em que os materiais são preservados durante a remoção. Requer mão-de-obra melhor qualificada do que simplesmente demolir a estrutura, embora possam ser criados postos de trabalho adicionais para beneficiar a comunidade (Couto & Couto, 2010).

2.2 Desafios a superar

O governo é provavelmente, uma das partes mais importantes para estabelecer um mercado de materiais de construção secundários mais eficaz. Deve manifestamente apoiar esta meta, promovendo o uso destes materiais e desencorajar o uso desnecessário de matérias-primas novas, representando um papel efetivo na promoção da desconstrução, através de apoios financeiros e através do cumprimento rigoroso das legislações. Deste modo, o principal desafio consiste em aumentar a consciência pública sobre a necessidade e os benefícios da desconstrução e influenciar o público a participar e investir neste tipo de mercado (Saghati & Teshnizi, 2011).

As políticas e legislações devem motivar as seguintes tendências por meio de estratégias como o financiamento, a redução de impostos e a concessão de licença de construção mais rápida, de modo a (Couto & Couto, 2010):

- Promover o projeto para a desconstrução e a recuperação de materiais, através da aplicação de métodos simples, que aumentam possibilidade e qualidade de desmonte do edifício;
- Promover a utilização de material reciclado;
- Promover a separação de resíduos, que são enviados para aterros sanitários;
- Promover os setores privados e as universidades para investigar métodos inovadores para a construção de tecnologias e estudar especialmente as conexões entre diferentes componente do edifício;
- Promover os empreiteiros, de modo a incorporarem a sua estratégia de gestão de resíduos no caderno de encargos.

Atualmente, o processo da desconstrução é severamente limitado por vários fatores, desde logo aqueles relacionados com o custo e o tempo encontram-se como sendo os principais, encontrando-se estes ligados. Relacionando os custos com os benefícios económicos de materiais recuperados, como também a qualidade destes, a sua reutilização, os materiais economicamente recicláveis, os materiais perigosos e os sistemas que se tornam obsoletos ou são difíceis de separar. A viabilidade económica da desconstrução é portanto, dependente de uma maior e melhor reutilização ou do valor dos materiais recuperados na reciclagem de todo o processo da desconstrução (Guy & Shell, 2002).

Os desafios enfrentados pela desconstrução são significativos, mas facilmente superados se ocorrerem mudanças no projeto e na política de construção. Esses desafios incluem (Abdol & Stuart, 2003):

- Edifícios existentes que não foram projetados para a sua desmontagem;
- Componentes de construção que não foram concebidos para a desmontagem;

- Inexistência de ferramentas para desconstruir edifícios;
- Custos de eliminação de resíduos de demolição são frequentemente baixos;
- O dismantelamento de estruturas requer tempo adicional, em relação à demolição tradicional;
- Os códigos de construção e as normas dos materiais, muitas vezes não abordam a sua reutilização;
- Fatores de custo desconhecidos no processo de desconstrução;
- A falta de uma ampla identidade industrial com práticas padronizadas proporcionais;
- Edifícios antigos construídos, com a utilização de tintas à base de chumbo e materiais que contenham amianto;
- Os benefícios económicos e ambientais que não estão bem estabelecidos;
- A recertificação de componentes ou materiais usados não é frequente.

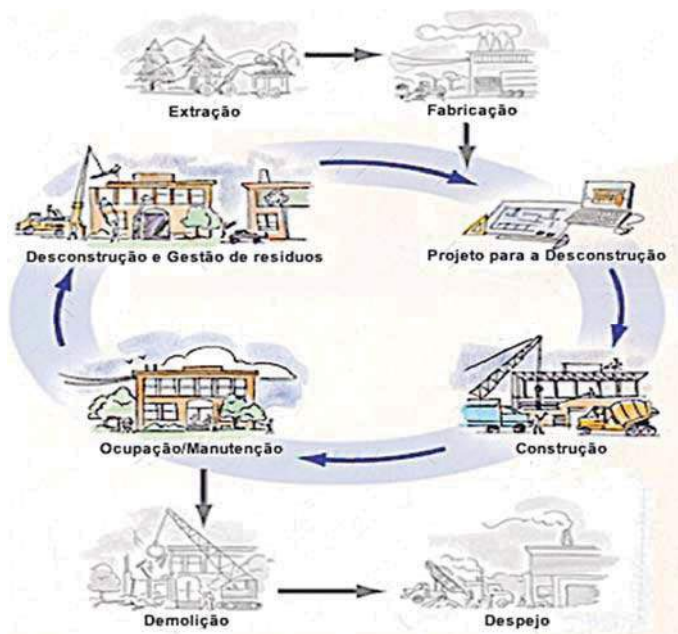


Figura 2 – Ciclo de vida de uma construção (Adaptado de EPA, 2008).

Por conseguinte, o processo de desconstrução apresenta várias vantagens em relação à demolição convencional, contudo também se defronta com vários desafios. Considerando o potencial de todos os componentes de construção e reciclagem em fase de projeto, é necessário investigar métodos de desmonte para projetar para a desconstrução, sendo esta a solução mais eficiente para promover a desconstrução, aumentando assim a qualidade e quantidade de reciclagem. As soluções a longo prazo precisam ser incorporadas na construção de hoje. É neste sentido que o projeto para a desconstrução e as soluções inovadoras tornam-se as chaves vitais para a sua implementação (Saghati & Teshnizi, 2011). As diretrizes para a desconstrução, apresentadas no capítulo seguinte devem ser implementadas antes do início do processo da desconstrução e encontram-se distribuídas cronologicamente, com o objetivo de auxiliar no planeamento e na execução do cronograma de trabalhos sobre o tema em estudo.

3 DIRETRIZES PARA O PLANEAMENTO DA DESCONSTRUÇÃO

A metodologia apresentada neste trabalho tem como objetivo desenvolver e definir um conjunto de diretrizes, para as empresas que realizam os trabalhos de desconstrução, com a finalidade de orientar e criar um plano de atividades. Por meio desta metodologia pretende-se intervir nas fases imediatamente anteriores ao processo de desconstrução recorrendo a um conjunto de diretrizes que irão permitir, aos agentes responsáveis pelo processo, um conjunto de infor-

mações técnicas, tais como: as vistorias a serem efetuadas ao edifício, estado em que se encontra, respetivos materiais de construção que o constitui e os que contêm riscos especiais. Também a segurança coletiva, individual e até do próprio edifício e os equipamentos que devem ser utilizados neste tipo de trabalhos. Pretende-se igualmente aumentar o potencial de valorização dos resíduos obtidos durante o processo de desconstrução, através da sua reutilização em novas construções ou até encaminhados para reciclagem ou aterro.

3.1 A escolha do empreiteiro

O primeiro passo a ser dado é a escolha do empreiteiro responsável pela elaboração do projeto e execução dos trabalhos de desconstrução. Para tal é feito um concurso público ou privado e a empresa será adjudicada de acordo com as propostas efetuadas. É fundamental em fase pré-contratual informar os subempreiteiros sobre as obrigações que têm de assumir relativamente às condições de segurança a vigorar no estaleiro, incluindo toda a documentação que será disponibilizada sobre o edifício e o local, antes da assinatura dos contratos e posteriormente incluída num dossier específico no estaleiro (Delgado & Amaral, 2012).

Todos os empreiteiros devem garantir a formação e instrução dos seus trabalhadores, é relevante para todos os tipos de tarefas e deveres. Todos os empregadores devem realizar uma análise das necessidades de formação com base nos carecimentos da organização (atuais e futuros), experiência corrente dos trabalhadores, formação e as suas tarefas e deveres. A formação pode ser fornecida pelo empregador, desde que este seja competente, ou por empresas com formação especializada (como primeiros socorros no local de trabalho, sistemas anti-queda e treinamento em espaços confinados) (Work Safe, 2013).

3.2 Verificações antes da desconstrução

Dentro das medidas preparatórias, para a elaboração e desenvolvimento de um plano de desconstrução é necessário efetuar uma visita ao local para verificação do estado do edifício. O edifício deve ser analisado e observado por técnicos competentes, como também as condições em que se encontram os edifícios vizinhos, deve ainda ser elaborado uma lista dos materiais que contêm riscos especiais e só após essa análise e que é realizado uma avaliação à estrutura.

É importante solicitar as peças escritas e desenhadas, quando existirem, para avaliarem as suas características em termos de arquitetura, estrutura e restantes especialidades. Também é útil observar as condições básicas, tais como danos causados por incêndios, inundações, estado de degradação e possíveis perigos biológicos, tais como restos de animais (Guy & Gibeau, 2003). Em suma, o objetivo da visita ao local é obter o real conhecimento do estado atual do edifício, especialmente os elementos que garantem a sua resistência e estabilidade e assim, determinar quais os métodos e técnica de desmontagem mais adequados (Generalitat de Catalunya, 1995).

Para a caracterização do edifício em estudo é necessário ter como base um conjunto de informações, tais como, a idade da construção, as suas características, o seu estado de conservação, os condicionalismos locais (acessos, infraestruturas, linhas de água, vias, escolas, hospitais, etc.) e a existência de edifícios confinantes, com o levantamento das suas características e o estado de conservação (Delgado & Amaral, 2012).

Durante o processo de desconstrução, o estado de tensão que se encontra sobre os elementos de construção do edifício passa por mudanças significativas mais rápidas do que na construção. Essas mudanças têm origem na acumulação de sobrecargas em determinadas partes da cobertura, elementos que não constam no projeto do edifício, que foram colocados durante a sua utilização, e que provocam aumento de sobrecargas, como também, em desmontagens de elementos, que aparentemente, não pertencem à parte estrutural do edifício, mas na realidade transmitem cargas. Estas situações e anomalias estruturais que em conjunto se manifestam nas

edificações a serem desconstruídas, é recomendado desmontar os elementos que possam causar a queda descontrolada do edifício, antes de iniciar o processo (Generalitat de Catalunya, 1995).

No caso da desconstrução ocorrer numa zona urbana, é necessário considerar os condicionalismos em termos de espaço e de acessos. Há a necessidade de proteger os edifícios confinantes e as zonas públicas, de poeiras e de eventuais projeções de materiais, com recurso a jatos de água e a proteção da estrutura com redes, lonas ou outros elementos rígidos, em função das características da desconstrução e dos edifícios ou elementos. Os condicionalismos locais são em geral uma constante, sobretudo em zonas de malha urbana densa, o edifício a desconstruir está geralmente limitado por diversos edifícios confinantes e pela via pública (Delgado e Amaral, 2012).

A desconexão de todos os serviços públicos deve ocorrer antes de qualquer trabalho começar. Isso inclui a eletricidade, gás natural, água, esgoto, telefone e cabo. É necessário o auxílio dos serviços públicos locais, para a identificação e desativação das ligações destes serviços, e concluir antes do processo da desconstrução iniciar. Muitas vezes, a conclusão da desconexão dos serviços públicos está incluída no processo de aprovação da autorização da desconstrução.

É importante coordenar com o empreiteiro as atividades que concerne à remoção do material contaminado, evitando assim a contaminação dos materiais recuperáveis. É fundamental planejar essas atividades, e notificar o dono de obra em caso de atrasos ou imprevistos, de acordo com a gestão de tempo do cronograma geral do projeto. Algumas das substâncias perigosas mais relevantes que podem ser encontradas são o chumbo e o amianto. Todos os materiais perigosos identificados, em especial os contêm amianto devem ser removidos antes do início dos trabalhos de desconstrução. É necessário obter informação e formação de todas as normas de segurança para o manuseamento, transporte e eliminação destes materiais.

Antes de se iniciar os trabalhos de desconstrução, é necessário realizar uma inspeção estrutural. Este procedimento deverá ser realizado por uma pessoa experiente nesta área, a inspeção tem como finalidade determinar a idade do edifício, tipo de materiais existentes, técnicas de construção que foram usadas, características de construção da estrutura original, eventuais modificações que foram realizadas na estrutura, estado atual de elementos estruturais do edifício que podem influenciar na estabilidade e resiliência do edifício, estado atual das instalações (elétricas, mecânicas, hidráulicas, etc.) e dos edifícios contíguos (Generalitat de Catalunya, 1995).

3.3 Documentação do projeto

A finalidade da desconstrução não é apenas a demolição do edifício nem termina quando este é derrubado. O projeto de desconstrução deve conter uma parte que não aparece nos novos projetos de construção, mas que define o trabalho a ser realizado no local para facilitar o processo de reciclagem e reutilização (Generalitat de Catalunya, 1995). É no projeto de desconstrução que são definidas as características do edifício a desconstruir, tais como, espaços confinantes, trabalhadores, ferramentas a utilizar, metodologias, faseamentos de intervenção, sistemas de comunicação, sinalização, monitorização de informação e formação (Delgado & Amaral, 2012). Este projeto deve conter um plano de desconstrução, que é constituído por o projeto de execução técnico, o plano de segurança e saúde, o plano de prevenção e gestão de resíduos e o plano de organização do local/ocupação da via pública, quando necessário.

O projeto de execução técnico tem a função de definir o estado atual do edifício, este deve conter a memória descritiva, os termos de responsabilidade, as peças desenhadas, o caderno de encargos, o relatório de estabilidade da estrutura, onde deve constar os cálculos de estabilidade e o dimensionamento de suportes temporários, o mapa de quantidades e a estimativa orçamental, sobre os passos necessários para identificar as características construtivas principais, especialmente as da estrutura.

De acordo com o Decreto-Lei nº273/2003, 29 de Outubro, existe apenas um plano de segurança e saúde em cada obra, que é da responsabilidade do dono de obra, e deve ser elaborado em fase de projeto e incluir todas as atualizações e alterações que são realizadas ao longo da execução da desconstrução. Este será implementado e especificado pela entidade executante na fase da obra, sendo desenvolvido pelo coordenador de segurança. De acordo com o Decreto-Lei nº46/2008, 12 de Março, nas empreitadas e concessões de obras públicas, o projeto de execução é acompanhado de um plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição, que assegura o cumprimento dos princípios gerais de gestão de RCD. Sendo este um documento que estabelece desde o início ao fim da obra, a estratégia para otimizar a reciclagem no local.

A localização do edifício a desconstruir pode ter muita importância em projetos nos centros de cidade, que têm normalmente elevada densidade habitacional, é provável que haja limitações acrescidas na utilização do espaço, podendo ser necessário tomar medidas especiais de segurança. Neste sentido, as infraestruturas existentes na periferia da obra, como por exemplo a largura das estradas circundantes, devem também ser estudadas para que se possa determinar se os veículos de recolha e transporte de resíduos e materiais, assim como o equipamento de desconstrução de maior porte, tenha acesso à obra.

3.4 Segurança na desconstrução

A segurança começa com o planeamento no sentido de tomar todas as medidas para evitar acidentes de trabalho até mesmo os casos mais leves. É razoável esperar pequenas lesões, mas não é expectável ocorrer lesões de grande impacto. Um aspeto da desconstrução que a diferencia de demolição mais tradicional e mecanizada é o uso de mão-de-obra de forma mais predominantemente.

Antes de analisar o projeto de execução técnico, o empreiteiro deve desenvolver um plano de segurança em função do tipo de trabalhos, que é criado para lidar com quaisquer requisitos adicionais, para manter a segurança no local onde vai decorrer a obra de desconstrução. Os elementos do plano de segurança e saúde irão incluir a orientação do trabalhador, identificação de perigos e formação, as normas e diretivas para o uso de ferramentas, proteção respiratória, proteções contra quedas, entre outras. Deve também conter os procedimentos para lidar com situações de emergência, no local de trabalho, utilização de equipamentos de proteção individual e coletiva (Guy & Gibeau, 2003).

Quando pelo menos um dos edifícios confinantes é constituído por estruturas antigas de alvenaria resistente, é importante proceder ao escoramento entre empenas, de forma a evitar danos ou colapsos nos edifícios adjacentes, na fase de licenciamento e na fase de construção dos novos edifícios. (Delgado & Amaral, 2012) O planeamento depara-se com os primeiros riscos associados à desconstrução, que são identificados "*in situ*", os perigos que o edifício pode propor, dificuldades do trabalho em função dos diferentes climas, manuseamento das ferramentas, supervisão e formações obrigatórias para este tipo de trabalhos para por fim proceder-se à limpeza do local.

3.5 Otimização da reciclagem de resíduos

É importante planear o sistema de remoção e separação dos resíduos, devido aos grandes condicionalismos que estes apresentam, em termos da ocupação de espaço no interior dos edifícios para o exterior. O seu transporte para vazadouro autorizado, deve ser efetuado em condições de segurança e em cumprimento da legislação e diretrizes aplicáveis em termos ambientais (utilização de guias, contrato com vazadouro licenciado, etc.). O sistema a utilizar no que se refere à remoção de resíduos, deve ser organizado, em função da primeira premissa, sendo esta a remoção dos resíduos da frente de trabalho para os pisos térreos, com meios adequados e como segunda premissa, a remoção para vazadouro licenciado. Os resíduos e os materiais resultantes

devem ser selecionados e separados, de forma a potenciar a sua reutilização e/ou reciclagem e em simultâneo diminuir o seu volume, a enviar para vazadouros de recepção generalizada.

Deve-se proceder à remoção e evacuação de resíduos em obra, com sistemas que não criem situações de risco, através de aberturas em pavimentos, de condutas ou de contentores, colocados estrategicamente nas zonas de desconstrução ou em estruturas de apoio, desde que existam condições de resistência e estejam garantidas as condições de estabilidade, nas zonas de atuação e no edifício em geral. Os resíduos devem ser transportados em recipientes ou contentores adequados e no caso, em que são transportados em camiões de caixa aberta, devem ser cobertos com redes ou lonas, para evitar a libertação de poeiras durante o trajeto, desde a obra até aos vazadouros autorizados (Delgado & Amaral, 2012).

Na prática uma boa gestão “*in situ*”, não só impede a mistura da porção inerte com a porção não-inerte, como também facilita e permite a sua classificação e separação no local. Os métodos de desconstrução devem ser adotados, envolvendo a desmontagem e remoção de resíduos da mesma categoria, um de cada vez. O objetivos das diretrizes apresentadas é facilitar a reciclagem de resíduos e/ou a reutilização destes, minimizando assim a carga sobre aterros sanitários e as áreas de abastecimento público (Work Safe, 2013).

4 CONCLUSÕES

A desconstrução representa uma opção eficaz para reduzir geração de resíduos em relação à demolição. Durante a fase de pesquisa para a realização deste artigo, concluiu-se que os principais desafios na área de projetos de desconstrução, estão relacionados com a reutilização e reciclagem de resíduos, e as barreiras impostas pelos mercados dos materiais, como também o reconhecimento em toda a indústria e a necessidade de formação/informação, no sentido de criar especificações em projeto para ajudar os gestores e engenheiros responsáveis, a compreenderem as especificações de novos materiais, tais como os agregados reciclados, e materiais reutilizados e incentivar a incorporá-los em projetos. A taxa de recuperação de material útil é prejudicada por contaminação cruzada com outros materiais, a contaminação por amianto é um problema significativo em resíduos provenientes da demolição e obras de renovação, é um exemplo que se reflete na falta de planeamento deste processo. As barreiras tecnológicas, devido à incapacidade para identificar mercados para o material como é apresentado, ou devido à falta de tecnologia e/ou equipamentos com capacidade para limpar ou separar materiais, é também um dos principais problemas da desconstrução. O projeto para a desconstrução, é uma prática que tem ganho destaque, oferece uma oportunidade para maior recuperação de recursos no final da vida útil de um edifício.

Respetivamente às perspetivas futuras exige a realização de mais estudos e mais formação sobre este assunto, tanto relativamente à desconstrução como também à gestão de resíduos. Promover a contínua procura de novas soluções para incentivar a desconstrução de edifícios e a criação de novos mercados para os materiais originados.

REFERENCIAS

Couto, J., Couto, A. 2010. *Analysis of Barriers and the Potential for Exploration of Deconstruction Techniques in Portuguese Construction Sites. Sustainability 2* : 428-442.

Couto, A. B., Couto, J. P. Teixeira, J. M. 2006. Desconstrução – Uma ferramenta para a sustentabilidade da construção. NUTAU 2006 – Inovações tecnológicas e Sustentabilidade. São Paulo.

Dantata, N., Touran, A., Wang, J. 2005. An analysis of cost and duration for deconstruction and demolition of residential buildings in Massachusetts. *Resources Conservation & Recycling 44*: 1-15.

Decreto-Lei n° 273/2003 de 29 de Outubro. Diário da República – I Série - A .

Decreto-Lei n°46/2008 de 12 de Março. Diário da República – I Série.

Delgado J. M. M., Amaral J. G., 2012. *Manual das Boas Práticas na Construção – Segurança e Saúde no Trabalho*. Amadora: Edições Gustave Eiffel.

Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities. 2011. *Construction and demolition waste guide-recycling and re-use across the supply chain*. Australia: Edge Environment.

EPA – Environmental Protection Agency. 2008 *Lifecycle Construction Resource Guide*. United States of America, Atlanta.

Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient Junta de Residus. 1995. *Manual de desconstrucció*. Catalunya: Raimon Flos.

Guy, B., Gibeau, E. M. 2003. *A guide to Deconstruction*. Florida: University of Florida.

Guy, B., Shell, S. 2002. *Design for Deconstruction and Materials Reuse*. Florida.

HUD – Housing and Urban Development, NAHB Research Center. 2001. *A report of the feasibility of deconstruction: an investigation of deconstruction activity in four cities*. Washington D.C.

Pinheiro, M. D. 2006. *Ambiente e Construção Sustentável*. Amadora: Instituto do Ambiente.

Saghati, M. D., Teshnizi, Z. A. H. 2011. Building deconstruction and material recovery in Iran: An analysis of major determinants. *Procedia Engineering* 21: 853-863.

Silva, C. R. 2004. *A Problemática dos Resíduos de Construção e Demolição: Custos e Benefícios da Triagem*. Lisboa: Caderno Ceifa.

Silveira, P. A. M. Data desconhecida. *Utilidades e valorização de inertes reciclados provenientes de resíduos da construção*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

Torgal, F. P., Jalali, S. 2010. *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção*. Portugal: Tecminho.

Work safe. 2013. Demolition – Best practice guidelines for demolition in New Zealand. <http://www.business.govt.nz/worksafe/information-guidance/all-guidance-items/best-practice-guidelines-for-demolition-in-new-zealand>. New Zealand.

Green Schools – conceito e integração de novas tecnologias sustentáveis em projetos de edifícios escolares

Fernanda Araújo Azevedo

Doutoranda em Arquitetura, ULisboa, Faculdade de Arquitetura, Lisboa, Portugal
fearaze@gmail.com

Jorge Tavares Ribeiro

ULisboa, Faculdade de Arquitetura, CERENA, Lisboa, Portugal
jribeiro@fa.ulisboa.pt

ABSTRACT: This article aims the discussion and promotion about the Green Schools concept, in order to encourage the construction of more effective and environmentally sustainable school buildings, through the use of new buildings technologies in the reduction of environmental impacts since planning at their occupation. Simultaneously, it is intended to propagate the environmental awareness process in society, from the moment that seeks to demonstrate the need for integration of environmental sustainability factors in building, aggregate to the educational institutions responsibility on the environment preservation. The research attests to the existence of a pedagogical current betting in the formative role of the school as a generator of an environmentally conscious society; already in the perspective of sustainable architecture, it is oriented to the production of buildings with high environmental performance from the use of new building technologies and methods of environmental control and evaluation of these projects.

Keywords: Green Schools; Sustainable Architecture; Environmental Sustainability; Education Institutions; Constructive Technologies.

RESUMO: Este artigo visa a promoção e a discussão sobre o conceito de *Green Schools*, com a finalidade de incentivar a construção de edificações escolares mais eficientes e ambientalmente sustentáveis, através da utilização de novas tecnologias construtivas que reduzam os impactos ambientais desde o planejamento até à sua ocupação. Simultaneamente pretende-se difundir o processo de consciencialização ambiental na sociedade, a partir do momento que procura demonstrar a necessidade de integração de fatores de sustentabilidade ambiental no edificado, agregados à responsabilidade que as instituições de ensino possuem diante da preservação do meio ambiente. A investigação efetuada atesta a existência de uma corrente pedagógica que aposta no papel formativo da escola como geradora de uma sociedade ambientalmente consciente; já na perspectiva da arquitetura sustentável, orienta-se para a produção de edifícios com alta performance ambiental a partir da utilização de novas tecnologias construtivas e para os métodos de controlo e avaliação ambiental destes projetos.

Palavras-chave: *Green Schools*; Arquitetura Sustentável; Sustentabilidade Ambiental; Instituições de Ensino; Tecnologias Construtivas.

1 INTRODUÇÃO

À medida que se tem dado uma maior importância para a realização de projetos que priorizem uma arquitetura de cunho ambiental e apesar de haver um estudo abrangente e já consolidado sobre o tema, muitos rótulos como construção verde, vernácula, bioclimática ou solar passiva também acabam por ser usados para classificar uma construção como sustentável.

Desse modo, inúmeras denominações e classificações foram sendo estudadas e consequentemente questionadas, tendo em vista o vasto debate acerca das novas

interpretações sobre o conceito de construção sustentável. Entretanto, chega a ser consensual entre diversos autores (Kibbert 1994, Pinheiro 2006, Guedes *et al.* 2009, Niroumand *et al.* 2013) que a efetividade de uma construção está na sua performance diante de todo contexto no qual se encontra e isto envolve a consideração de inúmeros aspetos.

O comportamento da construção sustentável evoluiu ao longo do tempo, refletindo diretamente os contextos em que está inserida: ambiental, cultural, tecnológico e histórico. A arquitetura sustentável é uma categoria de arquitetura baseada nos requisitos e materiais construtivos locais, e assim, reflete também as tradições locais (Niroumand *et al.* 2013).

Complementar a isto, a arquitetura sustentável visa a produção de edifícios adaptados aos contextos sócio-econômico, cultural e ambiental, tendo em vista as consequências para as gerações futuras (Guedes *et al.* 2009). Deve ainda ser tomada em linha de conta, a importância de uma abordagem holística, integrada e prática numa perspectiva interdisciplinar, como forma efetiva de concretizar esses princípios (Pinheiro 2006).

Com o progresso, a construção tornou-se uma atividade mais complexa e desafiadora. Para se tornar viável, qualquer construção deve levar em consideração estas múltiplas questões, seja as relacionadas às limitações técnicas, ou de recursos como energia e água, ou que esteja ligada aos contextos ambientais, sociais, culturais, bem como às questões econômicas. Todos esses desafios frequentemente se tornam mais complicados quando os projetos são maiores, mais complexos e são desenvolvidos em locais remotos (Pietrosemoli & Monroy 2013).

Se por um lado isto levou a uma melhor compreensão sobre a importância da construção sustentável, por outro lado classificar ou estabelecer a sustentabilidade ambiental de uma construção continua sendo uma tarefa cada vez mais difícil.

Em Berardi (2013) demonstra-se a complexidade de se estabelecer uma definição para que uma construção seja considerada sustentável, à medida que isto muitas vezes é associado ao fato do edifício ser eficiente em termos energéticos. Desta forma, construções sustentáveis passam a ser confundidas frequentemente com construções que possuem eficiência energética.

Consequentemente, os métodos de avaliação de desempenho da sustentabilidade ambiental em edifícios tornam-se muitas vezes parâmetros a ser utilizados no reconhecimento de uma construção sustentável e acabam por ser também uma maneira de delimitar estratégias e diretrizes que contribuem para o cumprimento deste reconhecimento.

Estes métodos permitem não só medir impactos ambientais diretos, mas também informar sobre os contributos que determinadas opções de desenho e de construção têm para a redução do consumo de energia e para outras melhorias ambientais nos edifícios (Mourão & Pedro 2012).

De acordo com uma análise (Pinheiro 2006) sobre a importância da avaliação de desempenho ambiental, esta é tida como um dos pontos centrais da dimensão ambiental do projeto dos edifícios e do debate sobre o seu desempenho e isto representa um salto qualitativo a partir do momento que cria mecanismos eficientes de demonstração e melhoria contínua, quando associada a sistemas de certificação.

Por outro lado, os sistemas de avaliação de sustentabilidade são muitas vezes insuficientes para reconhecer a sustentabilidade das edificações, dada a forte abordagem ambiental e tecnológica destes sistemas (Berardi 2013).

Os sistemas de avaliação servem para verificar se uma edificação foi construída de um modo orientado ecologicamente, com a finalidade de reduzir os seus impactos sobre o meio ambiente. Porém, muitos limites têm sido apresentados recentemente nestes sistemas, o que tem condicionado a sua evolução (Berardi 2013).

Deste modo, a redução do consumo energético e das emissões de gases com efeito de estufa têm sido considerados, frequentemente, os parâmetros para avaliar uma construção sustentável e os sistemas de avaliação têm contribuído, nos últimos anos para o aumento da consciencialização sobre os critérios e objetivos de sustentabilidade dos edifícios (Berardi 2013).

Neste sentido, os sistemas integrados de apoio e avaliação à construção sustentável revelam-se elementos-chave para a concepção e a certificação ou o reconhecimento de empreendimentos sustentáveis (Pinheiro 2006), devendo ser por isso, seguidamente abordados.

Uma das formas de garantir bons resultados nestas avaliações e de assegurar o desenvolvimento sustentável levando em consideração as dimensões económica, social e ambiental, é apostando na integração de novas tecnologias construtivas como estratégias de melhoria do desempenho ambiental das edificações e da sua interação com o meio externo.

O presente artigo tem como objetivo geral promover o conceito de *Green Schools*, onde se propõe a ideia de escolas sustentáveis no sentido de integrar o edifício com a proposta de ensino ofertada, através do uso de tecnologias e estratégias construtivas de sustentabilidade ambiental aliado à valorização da educação ambiental.

2 METODOLOGIA

Para atingir estes objetivos, recorre-se a uma metodologia clássica de análise por meio de técnicas que passam pelo levantamento de dados bibliográficos, revisão literária crítica e pela exemplificação por meio de alguns casos bibliográficos de projetos correlacionados.

2.1 *Green schools* – conceito

As instituições de ensino passaram a seguir os padrões de classificação para serem rotuladas como sustentáveis ou não. Tais padrões de classificação utilizam os vários métodos de avaliação de desempenho ambiental da edificação considerando os seus aspetos construtivos e funcionais.

O *US Green Building Council* – USGBC foi ainda mais além e passou a classificar com forte apelo publicitário as edificações como “*Greens*” utilizando o método de avaliação e certificação LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*. Desse modo as instituições de ensino que estivessem enquadradas nos parâmetros aferidos pelo USGBC seriam classificadas como *Green Schools*.

Assim, as *Green Schools* seriam instituições de ensino projetadas em ambientes saudáveis propícios para a aprendizagem, que poupam energia, recursos e dinheiro. São energeticamente eficientes, ajudam a reduzir os custos dos serviços públicos e os desperdícios, conservando recursos e preservando os habitats circundantes (USGBC 2010).

O conceito é desenvolvido quando se define que as *Green Schools* seriam instituições de ensino planejadas para garantir um desempenho satisfatório durante todo seu ciclo de vida, de cinco a seis décadas, devendo ser construídas de forma que garantam ar fresco e limpo, conforto acústico e térmico, luz natural abundante, maximização de recursos e minimização da poluição (Gordon 2005).

Tais instituições seriam dotadas de algumas características, conforme apresentado na Tabela 1.

Além destas caracterizações, alguns estudos (Kats 2005) revelam que as *Green Schools* agregam vários benefícios e mostram que as mais-valias financeiras das instituições classificadas são cerca de 20 vezes maiores do que nas escolas convencionais. Os respetivos relatórios demonstram que os benefícios vão desde a redução dos custos energéticos (menos 33% em média), passando pela redução no uso da água (menos 32%), até a redução das emissões de gases que intensificam o efeito de estufa.

Tabela 1. Características *Green Schools*. Fonte: USGBC (2010).

Economia de recursos e dinheiro
Menor participação de recursos estatais, diminuindo a participação dos contribuintes
Ar interior da edificação com qualidade controlada
Ausência de material tóxico nos lugares onde as crianças aprendem e usufruem o lazer
Uso de estratégias de iluminação natural e melhoria acústica das salas
Gestão de compra de recursos e limpeza sustentáveis
Uso de material didático com maior conteúdo de literatura ambiental
Incentivo dos esforços de gestão de resíduos em benefício da comunidade local e região
Gestão responsável de resíduos líquidos, com captação de águas pluviais, tratamento, diminuição do uso e escoamento
Incentivo à reciclagem
Proteção do habitat onde está inserida
Redução da demanda do uso de aterros

Apesar dos relatórios do autor supramencionado indicarem que o processo de construção de instituições de ensino que visem a classificação como *Green Schools* custarem aproximadamente mais 2% do que as escolas convencionais, as análises demonstram que a redução dos custos operacionais e o aumento da qualidade e competitividade da instituição no mercado de ensino fazem com que surja uma melhor relação custo/benefício com superávit financeiro ao longo da vida útil da edificação (Kats 2005), cujo saldo positivo pode ser reinvestido na comunidade escolar, nomeadamente na contratação de professores, aquisição de equipamentos e qualificação de atividades (Ramli *et al.* 2012).

Complementar a esta premissa que se obtém pela inclusão de fatores de sustentabilidade ambiental pensados no âmbito do planeamento arquitetónico de instituições de ensino, é possível considerar que para se conseguir projetos que se enquadrem nestas características, se torna necessária a integração de novas tecnologias construtivas, mais sustentáveis, promovendo a redução de impactos sobre o meio ambiente.

Entretanto, para além dos custos ecológicos da construção, considerados desde o processo construtivo até ao uso e ocupação, o conceito deve mudar o paradigma, integrando o edificado com as apostas formativas e pedagógicas, incorporando a educação ambiental no ensino da edificação classificada como *Green School*.

Deste modo, uma escola não deveria abraçar apenas o conceito de sustentabilidade em si mesmo, mas tornar-se uma ferramenta de ensino para a sustentabilidade, isso porque, o estudante passa mais tempo no ambiente escolar do que no ambiente doméstico, sendo o seu comportamento afetado mais pelo primeiro ambiente (Ramli *et al.* 2012).

Isto pode ser comprovado a partir de um estudo comparativo (Navarrete 2011) de diferentes instituições de ensino. Neste é referido que uma instituição de ensino quando é concebida objetivando respeitar os aspetos de preservação ambiental de toda área adjacente, também proporciona aos usuários uma educação ambiental ligada à Natureza e, por seu intermédio, promove a integração da comunidade.

Assim, a reforma da educação que promova uma reforma da vida, uma educação integradora das questões ambientais que inclua a importância da consciencialização ecológica na formação de cada cidadão é fundamental para uma reforma ética e moral que incremente o sentimento de solidariedade com o planeta Terra (Morin 2013).

Deste modo, em face da crise ambiental que a humanidade atravessa, através da cooperação consciente e pela educação ambiental, deve-se procurar uma mudança emancipatória na direção de um projeto de vida que garanta o futuro para a humanidade e a preservação do ambiente.

Logo, uma instituição de ensino que no seu processo construtivo já considerou inúmeros aspetos ambientais para atingir uma dada classificação, deve assim, priorizar no seu processo pedagógico a Educação Ambiental, pois esta teria funções essenciais no processo de conhecimento, de modificações dos valores e das condutas para uma via pró-ambientalista dos seus usuários, sendo esse um conceito integrado de *Green Schools*.

2.2 Novas tecnologias de construção sustentável para edifícios escolares

O objetivo na definição do conceito de *Green Schools*, bem como a discussão de pontos de vista, remetem para a existência do equilíbrio que deve haver entre o edifício, visualizado no que concerne à sua eficiência ambiental na perspetiva construtiva, e o papel educativo das instituições de ensino, visualizado diante da perspetiva pedagógica, demonstrando que é possível concretizar a fusão de funções.

Tendo em vista a promoção deste conceito, reuniram-se alguns exemplos de projetos de instituições de ensino existentes em distintas localidades, que recorreram a novas tecnologias construtivas de sustentabilidade ambiental, tanto na sua concepção, quanto no seu funcionamento, ou que também tenham aliado a isso a atuação do papel formativo da instituição.

É importante destacar a relação e importância da realização de avaliações de desempenho ambiental, conforme já abordado em 1. Introdução, na classificação da sustentabilidade de uma construção, onde muitas vezes o surgimento de estratégias a partir de novas tecnologias construtivas de sustentabilidade ambiental é resultante das necessidades obtidas após as avaliações.

Desse modo, sublinha-se que a utilização das novas tecnologias de construção sustentável, ou seja, sistemas inovadores que contribuem para a preservação dos recursos naturais e conseqüentemente para a redução dos impactos ambientais da construção, estão cada vez mais presentes em projetos de todas as tipologias, destacando-se neste artigo os projetos de duas instituições de ensino encontrados na revisão bibliográfica.

No primeiro exemplo trata-se da *Green School* localizada em Badung, Bali, na Indonésia, do ateliê de Arquitetura e Design PT Bambu para o cliente Yayasan Kul Kul. Foi finalizado em 2007 e teve como responsáveis John e Cynthia Hardy (AKDN 2010).

A escola situa-se numa localidade de natureza exuberante e portanto a paisagem desempenha um papel importante neste projeto, onde o conceito arquitetônico considerou a fluidez e a interatividade com o entorno natural adjacente e a diversidade cultural da Ilha (Fig. 1). Foi planejada de modo a respeitar a arquitetura vernacular tradicional da região ao fazer uso do bambu como alternativa de material local, natural, renovável e abundante (Fig. 2).



Figura 1. Vista da principal fachada do edifício central (AKDN 2010).

As adversidades do clima tropical, com duas estações no ano distintas, seca e húmida (monções), são contornados por meio de estratégias bioclimáticas do desenho, onde grandes formas do telhado, com generosas saliências, fornecem proteção adicional durante a estação chuvosa. Enquanto no período de sol excessivo, uma massa térmica vegetal sobre o telhado protege os estudantes do ganho térmico direto (Fig. 3), desempenhando também uma função de absorção sonora, aumentando o conforto acústico (Shim 2010).



Figura 2. Estrutura de bambu no teto do edifício central (AKDN 2010).



Figura 3. Vista interior da sala de aula (AKDN 2010).

O desempenho térmico dos edifícios também é garantido pelo perímetro de paredes abertas e a existência de clarabóias centrais, que além de permitir a ventilação cruzada passiva e a circulação natural do ar para arrefecimento do edifício, concorrem para a entrada de luz natural e difusa para o interior, tornando a iluminação eficiente para as necessidades de ensino e eliminando a necessidade de iluminação artificial durante o dia (Shim 2010). Todo o campus é abastecido por energia de fontes renováveis como painéis solares. O aquecimento da água é obtido por dispositivos alimentados pela serragem de bambu e casca de arroz (AKDN 2010). Além disso a encosta íngreme resultante da própria morfologia do terreno, drena a água das chuvas para o Rio Ayung, cujo fluxo de água é movimentado por canais de bambu, criando um vórtice que pode ser explorado para criar energia hidroelétrica.

Aliado a isso, a escola apresenta uma proposta pedagógica que enfatiza a educação verde e a Ecologia. Trabalha práticas de agricultura sustentável, irrigação tradicional, análise da pegada de carbono, estudos da água, agricultura biológica e jardinagem. A agricultura biológica conecta os alunos diretamente com a terra, constituindo a base de uma componente de aprendizagem experiencial do currículo escolar (Shim 2010).

O resultado é uma comunidade verde holística, com um forte mandato educacional que visa inspirar os alunos a serem mais curiosos, mais empenhados e mais apaixonados pelo ambiente e pelo planeta (Shim 2010).

O outro exemplo remete ao Liceu Francês *Charles de Gaulle* em Mezzah, Damasco, na Síria, que foi desenvolvido pelos *Ateliers Lion Associés* e *Dagher Hanna e Partners* de Paris, França e encomendado pelo Ministério Francês dos Negócios Estrangeiros, sendo finalizado em 2008.

Por estar localizado em um clima árido e quente, este projeto teve como principal motivação e ponto de partida justamente as condições climáticas prevaletentes. Desse modo, o principal objetivo do projeto era criar um precedente: um projeto com pleno respeito pelo meio ambiente, que aspira à sustentabilidade. Por conseguinte, a intenção foi eliminar o ar condicionado e utilizar apenas ventilação, refrigeração e luz naturais, e assim economizar também em custos de funcionamento (Samhuri 2013).

Assim, os arquitetos optaram por ventilação natural através de elementos do desenho estrutural, como a presença de chaminés solares (Fig. 4) nas salas de aula, que ao mesmo tempo também possibilitam a entrada da iluminação natural e, através dos painéis solares que absorvem luz solar, a convertem em energia elétrica (AKDN 2013). A exclusão do ar condicionado seria enfrentada como uma surpresa num país do Médio Oriente (Samhuri 2013), mas os arquitetos do projeto viram isso como uma questão de responsabilidade com o meio ambiente. No entanto, em vez de tecnologia sofisticada, optaram por fazer uso extensivo de uma ventilação ativa permanente. Foram incluídas também no projeto, esquadrias com dimensões e posicionamentos calculados para proporcionar o máximo de luz natural e ao mesmo tempo atuar como parte do sistema de ventilação (Samhuri 2013).

Como forma do esquema integrativo que prioriza o regime bioclimático ligado ao conceito e estratégia principal, as salas de aula são dispostas em fileiras por ambos os lados (Fig. 5), num padrão de alternância de edifícios e jardins. Nestes pequenos jardins (Fig. 6), a intenção foi criar um microclima de alimentação de ar frio através de um sistema de ventilação de tubos de PVC, feitos para circular por meio da corrente ascendente criada pelas chaminés solares. As paredes que encerram estes jardins são blocos duplos com propriedades térmicas: betão sólido no interior e blocos de betão do lado de fora, todos separados por uma caixa-de-ar.



Figura 4. Chaminé solar (AKDN 2013).



Figura 5. Vista geral dos blocos de sala de aula (AKDN 2013).



Figura 6. Bloco de salas de aula com pequeno jardim (AKDN 2013).

A partir de uma análise (Samhuri 2013), pode-se dizer que a aglomeração, a articulação de fachadas, elementos decorativos e uso de motivos tradicionais são todos subordinados ao conceito bioclimático principal.

Quanto à dimensão paisagística do projeto, é ressaltado (Samhuri 2013) que os arquitetos se propuseram a criar uma espécie de escola jardim. Procuraram transformar um local árido no distrito de Mezzah num jardim exuberante, na esperança de que o projeto teria um efeito significativo sobre a vida local na área.

Como a água é escassa em Damasco, para fornecer a rega automática, foi construída uma lagoa na zona de cotas mais baixas do terreno, para drenar a água da chuva a partir da própria morfologia e das coberturas dos edifícios.

Os materiais foram selecionados de modo a incentivar a economia e o uso de matéria-prima local de baixo custo que são familiares aos construtores e às suas técnicas locais. O mais notável está nas telhas de basalto utilizadas nos corredores ao ar livre (Fig. 7), enquanto as salas de aula e o restante das instalações são pavimentados com placas de cimento comuns. Para as paredes foi escolhida cal e pedras locais nas fachadas e muros ao redor da entrada principal (Samhuri 2013).



Figura 7. Um dos pátios de ligação entre blocos (AKDN 2013).

Os exemplos descritos enquadram-se claramente nas características da Tabela 1 (USGBC 2010), atestando assim os benefícios e eficácia de uma *Green School*, em que um ambiente saudável e convidativo contribui significativamente com o aprendizado e o desempenho do estudante.

Ao fazer assim uma relação com estas características, é possível destacar a presença de estratégias de melhoria da qualidade do ar interior, possibilitando melhorias na saúde dos alunos, professores e funcionários. Economias de custos são geradas a partir de muitas fontes, incluindo sistemas de eficiência energética, estratégias de iluminação natural, de aproveitamento das águas pluviais e sistemas inovadores de irrigação, o próprio paisagismo

pode minimizar o uso da água e diminuir os custos de manutenção ao fazer uso de plantas nativas.

As *Green Schools* que foram apresentadas também se lançam como uma ferramenta de ensino, a partir do momento em que passam a fornecer uma oportunidade clara de conectar os alunos com as aulas de forma interativa, ao demonstrar a interligação do ambiente construído com os sistemas naturais, proporcionando aos alunos a oportunidade do aprendizado prático.

3 CONCLUSÕES

O estudo desenvolvido possibilitou abordar de forma genérica os diferentes aspetos da construção sustentável de edifícios e, em particular discutir e aprofundar o conceito de *Green Schools* numa perspetiva de integração do projeto arquitetónico, da construção e do ensino ministrado nesses edifícios escolares. Embora o conceito de *Green Schools* não esteja fechado e careça ainda de mais contributos e de *inputs* multidisciplinares, salienta-se o carácter inovador e abrangente do conceito. Os exemplos apresentados contribuíram inequivocamente para demonstrar as potencialidades das *Green Schools* e da sua concretização efetiva em locais com características climáticas adversas, respeitando as comunidades locais, o meio ambiente e os constrangimentos económicos.

REFERÊNCIAS

AKDN – Aga Khan Development Network. *Aga Khan Award for Architecture*. Disponível em: <http://www.akdn.org/> Acessado em janeiro de 2015.

Berardi, U. 2013. Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. *Sustainable Cities and Society* 8: 72-78.

Gordon, D.E. 2005. *Green Schools as High Performance Learning Facilities*. Washington, D.C.: National Clearinghouse for Educational Facilities. Disponível em <http://www.ncef.org/pubs/greenschools.pdf>. Acessado em janeiro de 2015.

Guedes, M.C. *et al.* 2009. Sustainable architecture and urban design in Portugal: An overview. *Renewable Energy* 34: 1999-2006.

Kats, G. 2006. *Greening America's Schools: Costs and Benefits*. U.S.A.: A Capital E Report. Disponível em: <http://www.usgbc.org>. Acessado em janeiro de 2015.

Kats, G. *et al.* 2005. *National Review of Green Schools: Costs, Benefits, and Implications for Massachusetts*. U.S.A.: A Capital E Report: A Report for the Massachusetts Technology Collaborative. Disponível em: <http://www.usgbc.org>. Acessado em janeiro de 2015.

Kibbert, C. 1994. Establishing principles and model for sustainable construction. *Proceedings of the First International Conference of CIB TG 16*. Tampa, EUA.

Morin, E. 2013. *A Via para o futuro da humanidade*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Mourão, J. & Pedro, J.B. 2012. *Princípios de Edificação Sustentável*. Lisboa: LNEC.

Navarrete, S.M. 2011. *Avaliação de Objetivos de Sustentabilidade: Estudo de caso de duas instituições de ensino*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, dissertação de Mestrado.

Niroumand, H. *et al.* 2013. *Assessing of Critical Parameters on Earth Architecture and Earth Buildings as a Vernacular and Sustainable Architecture in Various Countries*. Malaysia: 2nd Cyprus International Conference on Educational Research.

Pietrosemoli, L. & Monroy, C.R. 2013. The impact of sustainable construction and knowledge management on sustainability goals. A review of the Venezuelan renewable energy sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 27: 683-691.

Pinheiro, M.D. 2006. *Ambiente e Construção Sustentável*. Amadora: Instituto do Ambiente.

Ramli, N.H. *et al.* 2012. A comparative study of Green School Guidelines. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 50: 462-471. Malasya.

Samhour, W. 2013. *Lycée François Charles de Gaulle – Damascos, Syria*. Disponível em: <http://archnet.org/> Acessado em janeiro de 2015.

Shim, B. 2010. *Green School – Bali, Indonésia*. Disponível em: <http://archnet.org/> Acessado em janeiro de 2015.

USGBC – U.S. Green Building Council. 2010. *Greening Our Schools: A State Legislator’s Guide to Best Policy Practices*. Disponível em: http://www.centerforgreenschools.org/docs/GreeningOurSchools_PRINT.pdf. Acessado em janeiro de 2015.

The importance of the category of consciousness and education for sustainability in methodologies for eco-efficiency in school buildings

Tatiana Santos Saraiva

University of Minho, International Doctoral Programme in Sustainable Built Environment, School of Engineering, Guimarães, Portugal

saraivaus@yahoo.com

Manuela de Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

malmeida@civil.uminho.pt

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: This document reports the importance of the category of consciousness and education for sustainability in the school environment. Education in school has a potential to make the benefits of the building construction visible for society and media, showing to the students, parents and communities how sustainability in built environment could improve the people life in economic, social and environment aspects. Thus, this paper addresses the main events related to sustainability, such as the Stockholm Conference, the Brundtland report, United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) and Agenda 21, until reaching the necessity of the elaboration of Methodologies for environmental assessment of building, and later, the development of the specific methodologies according to the buildings. It is also described some examples of sustainability in schools in Germany, Finland and Italy and what kind of sustainable systems those countries are currently using.

Keywords: SBTool, school buildings, sustainability assessment methodologies, sustainable consciousness, sustainable education.

1 INTRODUCTION

The last 12,000 years on the planet are related to the progress of human society. The man gradually abandoned the nomadic lifestyle, and began to organize in small civilizations, developing the cities. At the end of the 18th century until early 19th century, with the industrial revolution, the demographic population increased, so the concern about the inappropriate use of natural resources grew (Andrade, 2009).

The discussions on environmental issues began with the founding of the Club of Rome in 1968. After four years, a small group of professionals in the field of construction associated with scientists, made clear the intentions with the publication of the report "The limits to growth" (UNEP, 2000).

In 1983 was created the World Commission of Environment (WCE). This Commission developed and published the report known as the "Brundtland report" in 1987 (UNEP, 2000). This report consists of a guiding of principles for future strategies of human development and economic growth where it was first defined the concept of sustainable development, being the most famous of the still existing definitions: "Meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (Brundtland 1987).

In 1992, in Rio de Janeiro (Brazil) a conference entitled "United Nations Conference on

Environment and Development (UNCED)" became a symbol of the responsibility of all countries of the world towards sustainability, calling urgent attention to the conservation of several forms of life on Earth and promoting actions to improve quality through cooperation of all countries involved in order to create a global environmental development policy (Von Weizsäcker, 1992).

This Conference was followed by the document named ' Agenda 21 ', in 1997, which is a guide for the creation of national development strategies and policies. It represents the United Nations plan of action for the sustainable development in the 21st century. (Pinto, 1999). In the same year, the United Nations Convention on Climate Change (UNFCCC2), elaborated the Kyoto Protocol with the intention of contributing to the reduction of the greenhouse effect (Hildemberg, 2010).

The environmental impact caused by construction has increased these past few decades. The construction industry is one of the main polluter activities, producing around 40% of world's total emission of Green House Gases (GHG) and 180 million tons of waste per year (OECD, 2003). It is also responsible for the use of 25-40% of the energy consumption and 50% of the raw materials extracted from earth in the members of OCDE countries (Organization for Economic Co-operation and Development) (Gervásio, 2010).

In response to these problems, a few initiatives led to the first methodologies for the assessment of sustainability for constructions that started to emerge. Over the years, several methodologies for environmental assessment of building were created, like SBTool, LEED, BREEM, CASBEE, HQE, NABERS, among others.

Once the rating system has profound impact on the results of the evaluation, the attention has been given to the evaluation studies and the strategies used to allocate the credits and the questions evaluated. These methodologies are adapted according to the region and the country concerned (Lee, 2013).

Over time, these methodologies have become more specific, trying to be adapted to the several types of constructions and functions. Nowadays there are specific methodologies for hospitals, service buildings, urban areas, schools, among others.

The development of a methodology for school buildings is necessary because the environments of schools are very particular. In addition, sustainability in a school building improves the performance, safety and health of teachers, students and staff. Increased attention to the construction, design, and operational practices of schools contribute to national sustainability goals for the environment (Healthy Schools, 2013).

Other benefits acquired with sustainable renovations for school buildings are: increase the life cycle of the building, energy and water efficiency, reduced the operating and maintenance costs, the pollution and landfill waste and also improved the health of students and staff, the indoor air quality and reduced absenteeism. (Ohio Energy Project 2000).

The category of consciousness and education for sustainability has a great importance within a methodology for assessing sustainability in a school building. The sustainable buildings principles and practices should be introduced to all students in every discipline at school ever since they will be our society's ability to adapt to the impacts of climate change and also will determine the future of Green Building (Advancing Education for Sustainability, 2010).

LEED and BREEAM had already created specific systems for schools, BREEAM Schools and LEED for schools. One of the benefices of the methodology BREEAM Schools is about the consciousness and education for sustainability, providing a learning resource through the demonstration of higher environmental standards to pupils, staff and the broader community (BREEAM Schools, 2004). The LEED for schools doesn't have any category similar to this.

2 EXAMPLES OF SUSTAINABILITY IN SCHOOLS IN EUROPE

The application of the sustainability system brings the building several benefits, such as increased performance and building quality, greater transparency in the planning phase and in the construction of the building, security sustainable planning, and reduces the risk of accidents. It is a powerful marketing tool, facilitating and increasing the amount of rent and the sale of the property. Other advantages of using this system in a building would be the reduction of life cycle costs, decrease in energy and water consume, user satisfaction (environmental comfort and quality of life) and improved public image (DGNB, 2011).

2.1 Sustainability in schools in Germany

Sustainable development is handled by the European Union (EU) as a long-term task, where its 28 members are encouraged to support and implement the requirements of environmental action plans. Since 1971, Germany has an Advisory Council on the Environment (SRU). In April 2001, it was created the Council for Sustainable Development (RNE), where 15 people from public life, appointed for three years by the Federal Government, addressed interconnected sustainability issues of, such as the politics, economy and society sustainable development (Spindler, 2012).

In April 2002, the RNE prepared a national sustainability strategy related to the actions of government and society, through the creation of ten rules that seek a balance between ecological, economic and social development, with the participation of all stakeholders in sustainable development. Other aspects also taken into consideration are: sustainable production, use of renewable natural resources in the context of their regular, avoiding hazards and risks to human health and the environmental system, the structural change of consumption reduction expenditure of energy and public resources and social cooperation (Spindler, 2012).

Systems of sustainability certification in buildings are becoming very important internationally and also in Germany. Several evaluation systems with different approaches have been used by the international market. Germany uses some sustainability certification systems such as BREEAM, LEED and DGNB (Himmler & Schwede, 2012).

The conference in Rio de Janeiro in 1992 has been the main impetus for the reorientation of environmental education or education for sustainable development (GNI) in Germany. GNI has overall approach to sustainability, through a combination of economic, environmental and social aspects. German Environmental Association has created a manual with the aim to provide practical ideas and teaching methods used in secondary school every day and also for informal environmental education initiatives aimed to children and teenagers (Klima 2005).

This manual is a contribution from the Saarland for Sustainable Development (2005-2014). The study has the following issues: energy, electrical power control, climate, energy savings, heat, temperature, energy savings plan, alternative energy in the city, solar energy, wind energy, air, climate and education facility for sustainable development (Klima, 2005).

This manual is not designed to be used as a "recipe ", it does not provide individual models or spreadsheets, but suggestions and examples that should be executed according to specific situations. When the teachers are responsible for the implementation of this plan, they become more creative in preparing activities and games that will be applied to students with the goal of making them more informed and conscious about sustainability issues (Klima, 2005).

According to this manual, the central points of learning for sustainability are individual differences to see the world, because the diversity and relativity of modes and settings are basic requirements for the success of sustainable action. It must find different and interesting ways to demonstrate the sustainability issue to students since the beginning, trying to engage them, leading the subject to student's reality (Klima, 2005).

2.2 Sustainability in schools in Finland

The use of sustainability assessment methodologies have been used to assist in the environmental performance of buildings and building stocks. Currently, some countries have used several methodologies that are designed to meet specific needs. In Finland, there are specific tools used for this purpose (iisbe.org/annex31, 2004).

The Commission on Sustainable Development in Finland in 2013 decided to develop a new strategy for sustainable development of social commitment for Finland, which should be made until 2050. This commitment is to increase the effectiveness of the sustainable development policy and productivity, and also comply objectives required by the sustainable development Conference (Rio + 20), the UN, the U.S. and to participate in the sustainable development of European cooperation networks (Ympäristöministeriö Suomi, 2014).

The Commission on Sustainable Development was created with the accompaniment of several experts, whose task is to prepare, challenge and evaluate the work of this Commission, and commitment to social progress through sustainable strategies of national politics and social practices enterprises, communities and organizations may also have a social commitment aimed at the goals of sustainable development.

All kindergartens, schools and educational institutions in Finland were invited to make their own report to the sustainable development policy commitment in January of 2014. Some organizations agreed to support these educational institutions through information that will guide and simplify this process. The goal is that 15 % of these schools receive a certificate of sustainable development activities.

The Sustainable Development Program provides a model of how these educational institutions shall prioritize the goals of sustainable development, the environment for learning, teaching and everyday life, as well as the responsibilities, timelines, resources and monitoring. A review of the activities and the program will be updated annually.

These models already exist to facilitate early planning of schools, seeking these certificates of sustainable development. The certificates can be applied in primary schools, secondary schools and vocational schools. These models should be used for one year and then must be reviewed and adapted to a new stage. The topics chosen should include energy conservation, sustainable consumption, waste prevention, environment, local culture and multiculturalism.

These models priorities are:

- Lectures and practical issues, such as reducing the environmental impact and sustainable development;
- Participation of children and young people in planning and implementing the project;
- Development and continuous adaptation of the chosen model to the new needs.

The differences between the models can be related to the level of demand, assessment and support given by them, and the evaluation criteria include design, types of implementation, monitoring and education project given by teachers, assessment and development. Some examples of these systems are: Keke System, International System Green Flag and Eco School

Keke System provides a model of self-evaluation according to the school; the International System Green Flag, whose school activities program is reviewed by an external audit twice a year through a report and may receive or not a certification; and Eco School, where those involved have the opportunity to interact with other parts of the world in schools. These evaluation systems sustainabilities have four main phases:

Self-Assessment – The school select five sustainable criteria for pre- evaluating. The teachers and students have separated system and subject to an assessment in accordance with topics of interest such as languages, arts and skills.

External Audit - An external audit shall be ordered after the school self-evaluation process. The auditor may be called to support the development of the school, as well as certification goals. Before performing the audit of the institution, the self-evaluation report should be checked. The auditor should investigate the school facilities and interviewing faculty, staff and student representatives of the school, making a summary report, which will be held by discussing feedback with representatives of the institution.

The purpose of the discussion is to provide feedback on the strengths of the evaluation criteria chosen by the schools in order to improve the goals achieved. The corrective action by the auditor has a diagnosed within 3 months to be rectified so that it can be provided a certificate.

Update annual self-assessment - The certificate requires the maintenance of the annual self-assessment of the educational institution.

Renewal of certification - If the school makes the annual self-assessments in accordance with the rules, facilitates the auditor renew the certificate.

Some subjects used in these models of sustainability of school systems are: energy efficiency, water, waste prevention and recycling economy, sustainable consumption, durable choices, and food provided by local markets, cultural heritage and multiculturalism, safety and recovery of the local community in all respects.

The Keke System is a tool that should be adapted and implemented according to the needs of the school in which it is applied. The school may proceed to implement the system at their own pace, seeking pathways to economic, social and cultural sustainability. Its purpose is to support the sustainable development program for school construction and operation of the development of annual goals chosen for the certificate (Ympäristöministeriö Suomi, 2014).

2.3 Sustainability in schools in Italy

Italy uses some sustainability assessment systems for schools, such as LEED per le Scuole, the Protocollo ITACA Nazionale 2011, EDIFICI SCOLASTICI (iiSBE Italy), and the BREEAM system is just starting to get organized.

In 2010, Italy GBC (Green Building Council Italy) prepared an Italian version, 2009 Italy LEED NC (New Construction and Restorations) adapted to the reality and standards of Italy. The LEED for school construction applies in new construction and restructuring of school buildings is focused on indoor environmental quality of local learning, considering aspects such as air quality, thermal and acoustic comfort, location, construction and implementation by students' sustainable practices. Some examples of sustainable practices are building green roofs, teaching about building sustainability, control of water and energy consumption (LEED per le Scuole).

Italy has adapted the methodology of the Green Building Challenge to the Italian context, creating its own system of sustainability: The Protocollo of ITACA was drafted by the Istituto per la Trasparenza degli Appalti y Compatibilità Ambientale, and consists of a national system of accreditation of environmental sustainability. The ITACA meets constructions of different sectors, with residential ITACA, ITACA office, to ITACA Mall and ITACA for industrial buildings for school buildings (Protocollo ITACA, 2012).

Besides the traditional assessment methodologies sustainability mentioned above, Italy also uses the Eco Schools, which is an international certification program for schools, aims to promote environmental education and sustainability through environmental management of the

school building, seeking Green Flag certification system. The Eco Schools combine theory and action in order to reduce the environmental impact and spread the practices of sustainability among students, their families and the entire community as well as being an international tool for good environmental practices (FEE Italia, 2014).

According to Santoli et al. (2014), public buildings should serve as an example of energy efficiency for the whole community, especially school buildings, since these are better to promote ecological responsibility for future generations through a new lifestyle. There is a necessity to find a balance between cost savings and comfort of users through an efficient control system of humidity, temperature, air speed and purification. Currently, the Italian schools have spent a lot in energy consumption and have proven ineffective in indoor air quality.

In order to reduce the emission of harmful gases to health at local and global level, there is a necessity to change the behavior related to energy consumption. The reduction of energy consumption in public schools and any public construction should be carried out in order to decrease the cost and environmental impact. The Government needs to start a process of regeneration of urban energy and should use the school building as a tool for this process (Santoli et al., 2014).

3 CONSCIOUSNESS AND EDUCATION FOR SUSTAINABILITY

This paper mentioned the certificate KEKE, used in Finland, and the international certificate Green Flags and its use in Germany and Finland. These certificates work to inform and evaluate the conscientization of students and school employees.

This new category is not intended to evaluate these issues as deeply as the certificates above mentioned, because this category is part of a certificate of sustainability that involves a lot of different aspects, thus it is impossible to be very deep in every subject, since a certificate is supposed to be more practical as it can be.

The main function of this category is to promote and assess the awareness related to sustainability in students, teachers and staff of a school. Even though there is a school built according to the standards of sustainability, if users of this construction do not understand how to use them properly sustainable way, is not achieved the expected results in terms of sustainability.

For buildings that are still being designed, it will need to produce a manual for users of the future building in order to indicate how to use the building prioritizing sustainability, like how to optimize water and energy consumption, recycle the trash, and others. As an example we can report the preference for the use of natural lighting and ventilation and the use of smart discharges whenever is possible.

The assistance of a manual of how to use a school in a sustainable manner is one of the solutions, but, to achieve a better result, it is necessary to understand why it is more sustainable, and how to solve the problems that can occur when unsustainable attitudes are taken.

In existing buildings, it could provide the specific materials needed for student and staff to learn about sustainability, and after the schools do the self-evaluation, the formal evaluators are called to assess the level of student and employee learning. A way of evaluation is the application of specific questionnaires for students, teachers and school staff, in order to determine the awareness of them about sustainability.

In case of application of the methodology in school buildings to be constructed and in existing buildings it will be required to use posters in schools to teach and encourage the implementation of sustainable practices. Few other materials can be used for the dissemination and awareness of sustainability, such as lectures, games, educational tours and material of literature on the subject, among others.

Themes will be provided related to sustainability, as how to optimize water and energy consumption, how to recycle the trash, among other indications. As an example, we can report the preference for the use of natural lighting and ventilation and the use of smart discharges whenever is possible.

After the school performs the self-evaluation, the formal evaluators will be called to assess the level of students' and employee's learning. The way of evaluating is the application of specific questionnaires for students, teachers and school's staff, in order to determine their awareness about sustainability.

4 CONCLUSION

It is undeniable the importance and necessity of implementing the awareness of the impact of sustainability in the society, and this category allows the utilization of the school as a vehicle to disseminate the importance that the experience of sustainability has in people's lives using students as tools, since they can spread this idea in their families and in the society in which they live, therefore turning it as a part of their daily life in a natural way.

The importance of consciousness and education for sustainability in schools is fundamental, not only for students of a particular school, but also for the whole society. Sustainable schools provide a comfortable and healthy environment, helping to learning as well as save energy, money and resources.

The students will be the developers of futures communities, healthy regenerative environment and new economic opportunities so, they will determine the future of green building and our society's ability to adapt to the impacts of climate change. As occupants of every type of building, their behavior will define the environmental, social, and economic impacts of a building.

REFERENCES

Advancing Education for Sustainability: *Teaching the Concepts of Sustainable Building to All Students* July 2010 [internet] Available at <http://www.campusgreenbuilder.org/>

Andrade, J.B. 2009. *Avaliação da sustentabilidade do edifício solar XXI utilizando a metodologia SBTool^{PT}*; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal

BREEAM Schools 2004 [internet] available at: <http://ecoconsulting.net/www/breemschools.pdf> [accessed 8 January 2014].

Brundtland, 1987. *Our common future*. Oxford: Oxford University press, 1987.

DGNB Certification System Barcelona. 2011 [internet] Available at: <http://www.eic.cat> [access 29 april 2014]

Fee Italia, 2014. Eco-schools. [internet] Available at: <http://www.eco-schools.it/> [access 7 march 2014]

Gervásio, H. 2010. Sustainable Design and Integral Life-Cycle Analysis of Bridges. Philosophiæ Doctor in Civil Engineering, Departamento de Engenharia Civil Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Healthy Schools, 2013: *Environmental Factors, Children's Health and Performance, and Sustainable Building Practices*. [internet] Available at http://epa.gov/ncer/rfa/2013/2013_star_healthy_schools.html [accessed 23 august 2014]

Hens I., Nath B. 2003. "the Johannesburg Conference." *Environment, development and sustainability*, 5(1-2), 7-39.

Hilgenberg, F.B. 2010. *Sistemas de certificação ambiental para edifícios. Estudo de caso: AQUA 2010*. Universidade Federal do Paraná, Brasil.

Himmler, R. & Schwede, D. 2012. LEED Certification in Germany, Austria and China – Experience from planning and construction practice. *Xia-international*. [internet] Available at: <http://www.xia-international-online.com/> [accessed 12 march 2014]

iisBE.org/annex 31, 2004. *IEA Annex 31. Energy-related environmental impact of buildings*. [internet] Available at: http://www.iisbe.org/annex31/pdf/m_directory_tools.pdf [accessed 23 may 2014]

Klima. 2005. *Vorsorge für unseren planeten*, Edition Spohns Haus, German. [internet] Available at: http://www.saarland.de/dokumente/res_umwelt/bne_klima.pdf [accessed 5 june 2014].

LEED per le Scuole. 2014. Italy. [internet] Available at: http://www.gbitalia.org/uploads/4562_quart_scuole_low.pdf [accessed 3 may 2014]

Lee, W.I. 2013. *A comprehensive review of metrics of building environmental overview of the sbtool assessment framework*.

Miana, A.C., 2010. *Adensamento e forma urbana: inserção de parâmetros ambientais no processo de projeto. Doutorado em arquitetura e urbanismo, tecnologia da arquitetura*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Ohio Energy Project. 2000. *Energy Smart Schools: Creating a Sustainable Learning Environment in Ohio, Ohio's Energy Smart Schools Program Booklet*.

Pinto T.P. 1999. *Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. São Paulo. 189p. These (PHD) – Escola politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Protocollo Itaca Nazionale Edifici Scolastici. 2011. Versione settembre 2012 [internet]. Available at: http://www.itaca.org/documenti/news/protocollo%20itaca%202011_s_250912.pdf [accessed 27 february 2014].

Santoli,,E, Fraticelli, F. Fornari, F. & Calice, C. 2014. *Energy performance assessment and a retrofit strategies in public school buildings in Rome. Energy and Buildings* 68) 196–202

Spindler, E.A. 2012. *Geschichte der nachhaltigkeit vom werden und wirken eines beliebten begriffes*. [internet] , German. Available at: <http://www.nachhaltigkeit.info/media/1326279587phpejpyvc.pdf> [accessed 10 may 2014].

UNEP – United nations Environment Program, 2000. *The Vienna convention for the protection of the ozone layer & the Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer*. Kenya: Unon. 54p [internet]. Available at: <<http://www.unep.org/ozone/pdf/montreal-protocol 2000.pdf> > [accessed 25 march 2014].

Ympäristöministeriö Suomi 2014. [internet] Denmark. Available at: <http://www.ym.fi> [accessed 17 march 2014]

Von Weizsäcker, E.U. 1992. *Erdpolitik. Ökologische realpolitik an der schwelle zum jahrhundert der umwelt*. Darmstadt: Darmstadt University Press.

nZEB Training Needs in the Southern EU Countries – SouthZEB project

Sandra Monteiro da Silva

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
sms@civil.uminho.pt

Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
malmeida@civil.uminho.pt

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

Miguel Carvalho

Instituto Superior Técnico, IST-ID, Technical University of Lisbon, Lisboa, Portugal
miguel.carvalho@mitportugal.org

ABSTRACT: The recast of the energy performance of buildings directive stipulates that by 2020 all new buildings should reach nearly zero energy levels (2019 for buildings owned or occupied by public authorities). Therefore technicians involved in the design, conception and approval of such buildings should be able to understand and apply nearly zero-energy buildings (nZEB) concepts both towards new buildings and the refurbishment of existing ones. However the number of architects and engineers that are able to deal with new technologies and standards might not be adequate to the increasing market demand. Additionally, at European Union (EU) level there are differences in commitment to the EU targets and the construction of nZEB. In this context, arose the SouthZEB project, that is an Intelligent Energy Europe (IEE) funded project, that aims to fill this gap and address the need to develop training schemes to professionals involved in nZEB building process, transferring successful practices and knowledge from front runners to target – Southern EU – countries that are less advanced in this area. This paper presents the project aims and overview.

Keywords: nZEB, energy efficiency, training, southern EU countries, building traditions

1 INTRODUCTION

1.1 nZEB Context

The reduction of energy use and carbon emissions are important goals for the European Union (EU) due to Europe's energy dependency, increase of energy costs and climate change mitigation. Being the building sector responsible for 40% of the energy consumption and 32% of the greenhouse gas emissions in Europe (Boermans et al., 2011), buildings are an important target for the reductions of energy use and greenhouse gas emissions.

The reduction of energy consumption and the use of energy from renewable sources in the buildings sector are important measures needed to reduce EU energy dependency and greenhouse gas emissions. The mitigation potential of emissions from buildings is important and as much as 80% of the operational costs of standard new buildings can be saved through integrated design principles, often at no or little extra cost over the lifetime of the measure.

Utilizing the full potential for energy savings within the European building sector can bring significant benefits: boost the ailing European economy and increase EU energy security.

Improving the buildings energy performance is therefore an important part of the EU 2020 and 2030 energy targets as well as of the roadmap for moving towards a competitive low carbon economy in 2050 (European Commission, 2010; European Commission, 2014a, b). The targets defined for 2020 are 20% reduction in energy consumption, 20% reduction in greenhouse gas emissions and 20% increase in renewable energy use (European Commission, 2010). The EU framework on climate and energy for 2030 is committed to reducing, until 2030, EU domestic greenhouse gas emissions by 40% when compared with the 1990 level and 25% reduction in energy consumption (European Commission, 2014a). This target will ensure that EU is on the cost-effective track towards meeting its objective of cutting emissions by at least 80% by 2050 (European Commission, 2014b). The Commission also proposes an objective of increasing the share of renewable energy to at least 27% of the EU's energy consumption by 2030 (European Commission, 2014a).

The EU legislative framework has been significantly strengthened by the recast of the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD-recast, 2010/31/EU) and by the Renewable Energy Directive (RED, 2009/28/EC) (European Parliament, 2010; European Parliament, 2009). Both Directives set conditions for moving towards nearly zero-energy buildings (nZEB) by 2020. All Member States must integrate these requirements into national legislation as well as to set appropriate market instruments and financial frameworks for widely implementing these ambitious targets.

Following the subsidiarity principle and also acknowledging the variety in building culture and climate throughout Europe, the EPBD-recast requires EU Member States to elaborate national definitions and to draw up national plans for nearly zero-energy buildings, reflecting specific national and regional conditions. Therefore, it is critical to have sustainable, robust and feasible country definitions and EU standards to support the successful implementation of the Directive, for realizing the savings potential and maximize the socio-economic benefits.

The EPBD-recast introduced the concept of nZEB implying, for new buildings, very high energy performances and low energy needs that must be suppressed by renewable energy sources harvested on-site, after the end of 2020 (2019 for buildings owned or occupied by public authorities) (European Parliament, 2010; Boermans et al., 2011). This means that in five years, all new buildings will have to demonstrate very high energy performance and their reduced or very low energy needs will be significantly covered by renewable energy sources.

The EPBD-recast also requires that buildings have to be cost-effective during their life cycle and establishes a methodology for cost optimal calculations. This methodology is intended to guide member states in the process of establishing minimum energy requirements for buildings and buildings components (Boermans et al., 2011; Ferreira et al., 2014a, b, c).

To achieve the settled targets it is also mandatory to improve the performance of the existing building stock, respecting its characteristics and of the surroundings, due to its large dimension and poor energy performance as well as due to the small rate of construction of new buildings all around Europe turning the action only on these new buildings would be insufficient. Renovation towards nZEB is now a goal of the European countries. The renovation of existing buildings is an opportunity to improve their energy performance that is frequently missed. This happens due to the higher initial costs but also due to the lack of know-how and awareness (from owners, tenants and other stakeholders) regarding the cost effectiveness of the energy renovation measures, especially if a life cycle cost approach is considered (Ferreira et al., 2014a, b, c).

The nZEB performance is achieved by: reducing the buildings' energy needs, through passive approaches (improving insulation levels, optimizing solar gains, using external shading systems and night cooling etc.); selecting efficient appliances and systems (lighting, heating, cooling, ventilation systems); and on-site production of renewable energy to reduce the remaining (very

low energy consumption of the building) non-renewable energy use. Solar thermal and photovoltaic systems and geothermal and biomass energy sources are the most common energy sources used in buildings.

To achieve nearly zero-energy levels, the use of energy efficient technologies and materials is necessary. These technologies and materials must respond to the exigencies of the nZEBs and satisfy the nZEB market demand. Thus the investments in new energy efficient technologies have to satisfy the additional demand created by new nZEBs (Ecofys, 2010). Apart from market barriers, there are also barriers regarding the know-how of professionals and the number of architects and engineers that are able to deal with new technologies and standards.

The design of an nZEB requires an integrated design approach to minimize the building's energy consumption while meeting all the occupants' needs (European Commission, 2011b, Brunsgaard et al., 2014). Thus architects, civil, mechanical and HVAC engineers, energy experts and installers should know the specificities related to the design of a nZEB (new technologies and standards) and work together in multidisciplinary teams from the beginning of the design phase, requiring know-how and skills (Löhnert et al., 2003; Brunsgaard et al. 2014). However, the integrated approach and the knowledge of the exigencies of designing a nZEB is not common for architects and engineers among most European countries, leading in many cases to inefficient solutions, non-optimized buildings and higher costs due to extra measures for integration of energy efficiency measures and renewable energy systems. Additionally, for an effective renovation of the building stock, a life cycle cost approach is needed where the cost optimal renovation solutions must be identified. Thus, it is essential that technicians, stakeholders and building owners are aware of the challenges associated to the renovation of buildings towards a nZEB target and are aware of the most adequate techniques and solutions.

In the next few years there will be about 2 million residential and non-residential buildings newly built per year in the EU (Euroconstruct, 2010). Depending on the size of the project, an expert can manage various projects per year. However, the gap between the number of existing and needed architects and engineers prepared to deal with the design of new or retrofitted nZEB is a considerable barrier to implement the nZEB requirements in the near future. Technically every architect/engineer should be able to build a nZEB; however in practice that requires keeping up with standards and requirements that have to be fulfilled to build at nZEB levels. In this context, there is a substantial need for professionals such as architects and engineers specifically trained and educated in nZEB design approach and able to work in integrated multidisciplinary teams, addressing the integration of sustainable energy in buildings and built environment, not only to design buildings meeting current EPBD requirements, but especially for buildings within the nearly zero-energy concept.

The training programs for architects, engineers, but also for regional decision makers, should take into consideration the local building culture and climate issues. Especially for the countries in the Southern Europe, where many villages or city areas have very strict architectural regulations, climate and cultural traditions should be taken into account.

Training programs are essential to overcome the abovementioned barriers. SouthZEB - nZEB training in the Southern EU countries: Maintaining building traditions – is an Intelligent Energy Europe (IEE/13/393) financed project that comes to fill-in the gap between the needed and existing number of nZEB experts and to address the need of developing training and assessment schemes for intermediate and senior professionals involved in the nZEB building process (engineers, architects, municipality employees and decision makers). This project is especially focused on the transfer of successful practices and knowledge from countries where nZEB practice is more advanced to the EU countries less developed in this area. Some countries have shown significant commitment to the EU targets and have focused on nZEB prior to the others (Austria, France, Germany, United Kingdom). In most of the countries in South Europe though,

there is still a lot to be done. In Greece, Cyprus, Spain, Portugal, for example, very few measures have been taken even towards the definition of low energy buildings and their specifics.

The training modules to be developed within SouthZEB will present the integrated approach that is needed in the design of nZEB and will be adapted to the participating countries' specific needs and regulations. A special emphasis will be given to the building traditions of these countries.

The consortium includes South EU countries that have not yet developed certification and training schemes for nZEB professionals notably Cyprus, Greece, Italy and Portugal, and also partners from the UK and Austria, two of the countries with the most advanced nZEB regulations that have already established governmental low energy building definitions. UK and Austria have also set-up training courses at NGO or private level.

The SouthZEB participants are: University of Patras (UPatras), Greece (Coordinator); Building Research Establishment Ltd (BRE), United Kingdom; University of Minho (UMinho), Portugal; Cyprus University of Technology (CUT), Cyprus; BEST Institut für berufsbezogene Weiterbildung und Personaltraining GmbH (BEST), Austria; Instituto Superior Técnico, Technical University of Lisbon (IST), Portugal; Vocational Education Training Center EUROtraining (KEK Eurotraining) (KEK), Greece.

1.2 SouthZEB Objectives

SouthZEB aims at supporting the building sector intermediate and senior professionals (engineers, architects, municipality employees and decision makers) in the Southern European countries (Cyprus, Greece, Italy - south and Portugal) to keep up to date with the market progression, notably supporting those professionals in their continuous development, particularly in designing and renovating nearly zero-energy buildings.

This will be achieved through the design and development of training and assessment programmes for the abovementioned professionals, focusing especially on the transfer of successful practices and knowledge from the front runners countries (United Kingdom, UK, Austria, AT and Italy (North), IT) and also from other countries advanced in the implementation of these concepts like Germany, DE, and France, FR) to the Southern EU countries.

SouthZEB will support a large scale roll-out of the developed programmes by training specialized trainers in their application for transferring knowledge to the stakeholders.

SouthZEB also intends to bring together engineers, architects, municipality employees and decision makers as well as their educators and certification authorities in the Southern EU countries, through a unique e-learning portal, available in five EU languages (English, German, Greek, Italian and Portuguese).

The project intends to increase the number of the building sector professionals able to design and build nZEB and monitoring the whole procedure at a technical and management level. SouthZEB will train at least 150 trainers and 1500 professionals, during the project. These, especially the trainers, will act as multipliers aiming at training and certifying at least 3000 professionals each year.

SouthZEB promotes the development of an ambitious and innovative energy efficiency policy for buildings in the target countries (CY, EL, IT, PT), which in most cases is still absent today. By developing training modules for decision makers in the preparation of appropriate funding schemes and other incentives for promoting nZEB, the SouthZEB initiative aims, in the long-term, the establishment of novel frameworks and schemes. More information is available at the SouthZEB project website: <http://www.southzeb.eu/>.

2 SOUTHZEB OVERVIEW

2.1 Work packages

The project will adopt an end-user-centred methodological approach. The design and development of the training modules, the portal and the workshops that have to be organized, will be cyclic, with several phases informed by practice to ensure that the end-user perspective is incorporated from the beginning.

The project has been structured into eight work packages, as shown in Figure 1 where it is demonstrated the progressive development of the project from developing an understanding of the situation on the implementation of the relevant directives, through development of the training courses and the dissemination and communication necessary to enable their effective delivery.

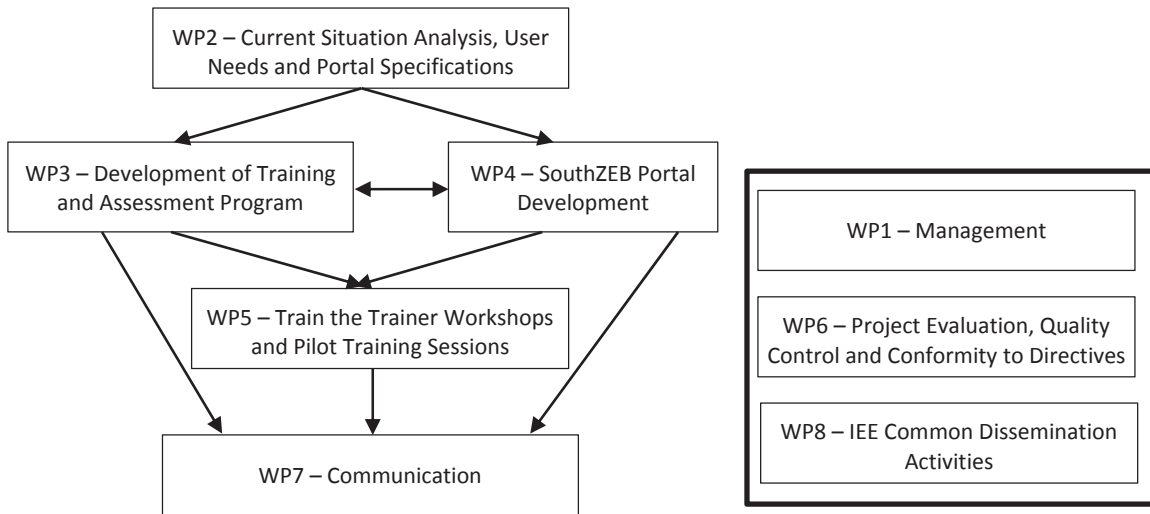


Figure 1 – SouthZEB Project: Work Programme

Initially, the current situation is to be analysed and data is to be collected regarding the building sector and specifically the progress versus the nZEB targets in the target countries (WP2). Current situation is also to be evaluated for the front runner countries for benchmarking purposes and for use in the training programmes design. Information is also to be collected regarding the progress in the implementation of the EPBD and also RED directives in all participating countries. The specific training and certification needs of the target groups (engineers, architects, municipality employees, decision makers) are to be investigated and categorized. Finally, the building traditions and architectural regulations in the target countries are to be studied and collected. These actions will also lead to the development of the SouthZEB portal specifications.

After studying the current situation and defining the needs for each target group and country, the SouthZEB assessment and training modules have to be developed (WP3). The courses are based on recognised continuous development courses for professionals in the front runner countries. National key stakeholders are to be involved in the development of the training modules. Ten training modules have to be developed: Basic module; Advanced module; Thermal bridging module; Thermal Comfort module; SouthZEB framework and local architectural regulations module; nZEB simulation and design software module; Low carbon technology and automation for nZEB module; Retrofitting towards nZEB module; module for construction management and field supervision of nZEB; module for decision makers - Preparation of funding schemes and other incentives for nZEB.

In WP4, the SouthZEB portal and its content is to be designed and developed. The most successful nZEB simulator tools must be gathered, evaluated and categorised, in order to be

presented in the portal. Towards the end of WP4, the end-users and other stakeholders have to evaluate the first operational version of the portal.

In the next project phase (WP5), train the trainer workshops have to be organised in all target countries, where the outputs of mainly WP3, but also WP4, are to be used. The trained trainers have also to demonstrate their newly acquired skills in training members of the target groups in pilot case study seminars. Members from all target groups are to be invited to participate in the training seminars, so that all modules will be used and afterwards evaluated.

Communication of results (WP7) is very important and is incorporated in the project methodology. Workshops, where the material and virtual environment are to be presented to sector stakeholders and trainers, are to be run in all participating countries. Results are also to be presented in international conferences and exhibitions.

Project management (WP1) and quality assurance (WP6), providing formative evaluation of the project's progress, act as umbrella Work Packages in order to ensure the smooth execution of tasks with high quality, within the time and resources constraints. The consortium is also going to be assisted by an Expert Advisory Board (EAB) and a Focus Group that should support the project by giving advice on the outcomes of WP2, WP3 and WP4.

Table 1 presents the overview of the deliverables of this project.

Table 1. Overview of deliverables.

WP	Del. N°	Deliverable name	Target group
WP1	D1.4	Final Report	-
	D1.5	Result-Oriented Report	-
	D1.6	Sustainability plan	-
WP2	D2.1	Report on the current situation regarding nZEB in the participating countries	-
	D2.2	Specification of the training and certification needs for the target groups in the target countries	Building professionals, Authorities & decision makers
	D2.3	Specification of requirements for the SouthZEB portal	-
WP3	D3.1	SouthZEB training and certification framework	Building professionals, Authorities & decision makers, Property owners
	D3.2	SouthZEB training modules	Building professionals, Authorities & decision makers
	D3.3	SouthZEB assessment exams	Building professionals, Authorities & decision makers
WP4	D4.1	SouthZEB portal	Building professionals, Authorities & decision makers, Property owners
WP5	D5.1	Train the trainer workshops report	Building professionals, Authorities & decision makers
	D5.2	Pilot training seminars report	Building professionals, Authorities & decision makers
WP6	D6.1	Assessment plan	Building professionals, Authorities & decision makers, Property owners
	D6.2	Project Evaluation Report	Building professionals, Authorities & decision makers, Property owners
WP7	D7.1	Project website	Building professionals, Authorities & decision makers, Property owners
	D7.2	Communication plan	Building professionals, Authorities & decision makers, Property owners
	D7.3	Collection of all project publications	Building professionals, Authorities & decision makers, Property owners

2.2 Major outputs and expected results

The major project outputs are the following:

1. ten training modules: Eight training modules for Architects, Engineers and Municipality Employees in the South EU countries. The modules are based on recognised and successful professional development courses. Special emphasis is paid to the building

traditions of the participating countries. Two special training modules are developed for construction management and field supervision of nZEB as well as for training the decision makers in the preparation of appropriate funding schemes and other incentives for promoting nZEB.

2. ten assessment exams, one for each of the above training modules. The exams lead to certificates, recognised by the local authorities.
3. a portal and e-learning platform that is used for the application of the aforementioned training programmes remotely. The portal is to be the one-stop point for most of the currently available nZEB design simulator tools, most of which have been prepared in the context of previously funded EU projects, but have never been assessed and organised into a unique structure.
4. forty “train the trainer” workshops on nZEB, during which the trainees familiarize with the aforementioned modules and portal. The workshops result in certification of the participants, through examination.
5. four large pilot training sessions (one in each target country), of more than 250 hours each, during which the trained trainers will act as multipliers and transmit their knowledge to target end-users. All ten training modules developed are to be offered.

The expected results can be summarised as follows:

- train at least 150 trainers, using the aforementioned modules and portal;
- train at least 1.500 professionals (engineers, architects, municipality employees and decision makers) on nZEB;
- register at least 3.000 users in the portal by the end of the project;
- gather at least 400 professionals following the training programmes remotely (e-learning), through the platform;
- prepare four new funding/promotion schemes for nZEB design, one in each of the South European participating countries (EL, CY, PT, IT).

3 CURRENT SITUATION IN THE TARGET COUNTRIES

The focus of the SouthZEB project is the South EU countries, specifically those that have not yet developed certification and training schemes for nZEB professionals such as Greece, Cyprus, Portugal and Italy. In Italy the situation is slightly more advanced than in the rest of the target countries, but only for the Northern part of the country.

3.1 Greece

According to the latest Energy Efficiency Watch country report (EEW, 2013a), both, the National Energy Efficiency Action Plans (NEEAP) and the expert survey indicate that Greece has neither an ambitious nor an innovative energy efficiency policy. Many aspects of the policy package can still be strengthened. According to the NEEAP, the interim saving target for 2010 (2.8% savings) has been clearly exceeded (savings of 5.1% to 10.9% were reached). However, the main reason for these energy savings is the economic recession which has hit Greece very hard during the reporting period. It is not possible to clearly separate the impact of the economic recession and the savings attributable to political measures in the second NEEAP. With regard to Energy Service Directive (ESD) target achievement, 45% of the surveyed experts state that the ESD target will not be reached.

Regarding the buildings energy performance and the stakeholders training, which are the key issues addressed by the SouthZEB project, Greece has set minimum energy performance standards for buildings. These are complemented by economic and financial support and energy performance certificates. Innovative systems in buildings are planned to be demonstrated on

the basis of voluntary agreements. The NEEAP does not mention audits or buildings specific advice. Furthermore, buildings specific information campaigns as well as education and training for professionals of the buildings sector are not mentioned. This is a major issue for this sector that this project will address. Additionally, the same report highlights the complete lack of energy advice and audits for the buildings sector.

3.2 Cyprus

Based on the official report produced by Energy Efficiency Watch for Cyprus (EEW, 2013b), the situation is slightly better than in Greece, but there is still significant room for improvement. Cyprus has the target to achieve 10% energy savings by 2016 compared to the ESD reference period. The intermediate target of 3.3% for 2010 has been exceeded (3.57%) and it is expected that also the target for 2016 will be reached on the basis of the measures implemented from 2004 to 2010. Additional measures that allow exceeding the target will be implemented according to the NEEAP. However, the policy ambition of Cypriot energy efficiency policy can only be assessed as low. None of the policy packages reaches more than a medium result. The policy packages for transport, industry and appliances display particularly high potential for improvement according to the NEEAP analysis.

Regarding the professionals training, the Chamber of professional engineers (a SouthZEB project Associated partner) and the Chamber of Industry and Trade organize training programs that, amongst others, also deal with buildings. Nevertheless, the nZEB concept has not been yet dealt with appropriately. In fact, there is no mention of policies and even the definition of nZEB has not been made officially.

3.3 Portugal

The biggest issue in Portugal is the lack of detailed and comprehensive information regarding the progress of energy savings, including the building sector addressed in this project. Based on the report produced by Energy Efficiency Watch for Portugal (EEW, 2013c), only aggregated results have been presented, which makes it difficult to soundly assess the NEEAP. On the contrary to the NEEAP assessment, however, interviewed national experts stated that Portugal is among the countries where energy efficiency (EE) policies have progressed rather well since the first NEEAP. They see a relatively high overall ambition of EE policies, as 62% consider it at least ambitious in some sectors. About one third of interviewed experts think that the target will certainly or probably be achieved and report the successful implementation of the EPBD and a new legislative framework for Energy Service Companies (ESCOs). What is of major concern is the fact that, according to the report, there exist no organised education and training schemes on energy efficiency in the Buildings sector. In Portugal there are more than 1600 Certified Experts in the implementation of the Portuguese thermal regulation, but there are not certified nZEB or passive house planners and there aren't any passive house certifiers. Thus there is a lack of expertise in implementing the nZEB requirements in the near future. It is essential to implement nZEB training, taking into account the challenges related to the Portuguese climate conditions, construction solutions and building traditions. Additionally, there is a complete lack of information tools, demonstration actions and financial/ economic incentives. The SouthZEB project addresses the training issues, focusing on the specific case of Portugal and will also develop a portal that aims (among other goals) in bringing together stakeholders in the targeted countries and facilitate information organisation and sharing.

3.4 Italy

At present, the adoption of the Energy Performance of Buildings Directive in Italy is in progress but not many regions have already adopted or are currently in the process of requiring the adoption of this directive. Moreover, an important item that needs to be underlined is the

“refurbishment market”: in Italy (data from Ministero del Tesoro) more than 4.5 million (42% of the total number of buildings in Italy) of residential buildings need refurbishment or maintenance work. Out of this amount of buildings, more than 50% of the buildings currently need strong emergency maintenance since they are in a dreadful state. Utilize innovative approaches and techniques for green design and construction, design according to bioclimatic basics, use natural, renewable, local and recycled materials, use of energy renewable systems, optimize energy performance, and many other strategies to be examined, could drive innovation into the building sector. In general, the situation in Italy is more advanced than the rest of the target countries (EEW, 2013d), especially in the sector of training and education. The main issues in Italy are: the south part of the country that is less advanced in the nZEB concept and training; and the overall ambition of the energy efficiency policies which are generally rather low. SouthZEB project addresses these needs and transfer the training programmes to the South, while offering also special courses for decision makers, in order to stimulate the development of ambitious and effective policies for the promotion of sustainable building in general and nZEB in particular.

4 CONCLUSION

The design of new or retrofit buildings to a nearly zero-energy level requires an integrated design approach to minimize the buildings’ energy consumption while meeting all the occupants' needs and a life cycle cost approach to identify the cost optimal renovation. Thus, building professionals (civil, mechanical and HVAC engineers, architects, installers, municipality employees, decision makers) must know the specificities related to the design of nZEB (new technologies and standards) and work together in multidisciplinary teams from the beginning of the design phase, requiring know-how and skills. The integrated approach needed and the knowledge of the exigencies of designing nZEB yet is not common for architects and engineers among most European countries, leading to inefficient solutions, non-optimized buildings and higher costs due to extra measures for integration of energy efficiency measures and renewable energy systems.

Training building sector intermediate and senior professionals (engineers, architects, municipality employees and decision makers) in the Southern European countries to keep up to date with the market progression, supporting the continuous development of those professionals, particularly in designing and renovating nearly zero-energy buildings is essential to EU meet the EPBD and EU roadmap for moving towards a competitive low carbon economy in 2050.

In this context, SouthZEB project aims at supporting the building sector professionals in their continuous development, particularly in designing and renovating nearly zero-energy buildings taking into consideration local building traditions. This is achieved through the design and development of training and assessment programmes for the abovementioned professionals, focusing on the transfer of successful practices and knowledge from the front runners countries to the Southern EU countries.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was developed within the scope of Intelligent Energy Europe funded project SouthZEB - nZEB training in the Southern EU countries: Maintaining building traditions (IEE/13/393).

DISCLOSURE

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the EASME nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

REFERENCES

Boermans, T.; Hermelink, A.; Schimschar, S.; Grözinger, J. & Offermann M., 2011. *Principles for Nearly Zero-Energy Buildings - Paving the way to effective implementation of policy requirements*, Buildings Performance Institute Europe.

Brunsgaard C., Dvořáková P., Wyckmans A., Stutterecker W., Laskari M., Almeida M. G., Kabele K., Magyar Z., Bartkiewicz P. & Op 't Veld P.. 2014. Integrated Energy Design - Education and Training in Cross-disciplinary Teams Implementing Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), *Building and Environment Journal*, February 2014, vol. 72, pp. 1-14.

Ecofys, 2010. *Ecofys Built Environment Analysis Model (BEAM²)*. Available from http://www.ecofys.nl/com/news/pressreleases2010/documents/2pager_Ecofys_BEAM2_ENG_10_2010.pdf

EEW, 2013a. Energy Efficiency in Europe - Assessment of Energy Efficiency Action Plans and Policies in EU Member States, Country report, Greece, Energy Efficiency Watch. Available from http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eew_documents/Documents/EEW2/Greece.pdf

EEW, 2013b. Energy Efficiency in Europe - Assessment of Energy Efficiency Action Plans and Policies in EU Member States, Country report, Cyprus, Energy Efficiency Watch. Available from http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eew_documents/Documents/EEW2/Cyprus.pdf

EEW, 2013c. Energy Efficiency in Europe - Assessment of Energy Efficiency Action Plans and Policies in EU Member States, Country report, Portugal, Energy Efficiency Watch. Available from http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eew_documents/Documents/EEW2/Portugal.pdf

EEW, 2013d. Energy Efficiency in Europe - Assessment of Energy Efficiency Action Plans and Policies in EU Member States, Country report, Italy, Energy Efficiency Watch. Available from http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eew_documents/Documents/EEW2/Italy.pdf

Euroconstruct, 2010. *70th Euroconstruct Country Book*.

European Parliament, 2009. *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*. Official Journal of the European Union.

European Parliament, 2010. *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)*. Official Journal of the European Union.

European Commission, 2011a. *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*.

European Commission, 2011b. *Energy Efficiency Plan 2011* – Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, 8 March 2011, Brussels.

European Commission, 2014a. *A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030* - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 22/1/2014. Available from http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/documentation_en.htm).

European Commission, 2014b. *IP/14/54 22/01/2014, 2030 Climate and Energy Goals for a Competitive, Secure and Low-carbon EU Economy*.

Ferreira, M., Almeida, M., Rodrigues, A. & Silva, S.M. 2014a. Comparing cost-optimal and net-zero energy targets in building retrofit, *Building Research & Information*, DOI: 10.1080/09613218.2014.975412.

Ferreira, M., Almeida, M. & Rodrigues, A. 2014b. Cost optimality and net-zero energy in the renovation of Portuguese residential building stock - Rainha Dona Leonor neighborhood case study, *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, DOI: 10.1080/2093761X.2014.979268.

Ferreira, M., Almeida, M., Rodrigues, A., Coelho, A., Cabral, I. & Machado, G. 2014c. Deep energy retrofit of vernacular housing, *REHVA Journal n.6 "Innovative HVAC system solutions in high performing buildings"*.

Löhnert, G., Dalkowski, A., Sutter, W. 2003. *Integrated Design Process – A Guideline for Sustainable and Solar-optimized Building Design*. Berlin/Zug, April 2003. IEA SHC Task 23 Optimization of Solar Energy Use in Large Buildings. Available from <http://www.iea-shc.org/task23/>

Uso de "Ecotécnicas" No Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano: Uma Abordagem Crítica

Ricardo Siloto da Silva

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil
rss@fuscar.br

Eduardo Araujo Silva

Universidade de São Paulo, São Carlos, Estado de São Paulo, Brasil
eduardo.ara@usp.br

ABSTRACT: Through a critical reading of the technoscientific literature on Natural Engineering and Bioengineering, the variables (8) constituting the Urban Eco-technology concept were identified. These were crossed referenced with 28 constructive techniques of stormwater management systems in order to assess their degree of qualitative aggregation to the concept. The data obtained were systematized and entered into a matrix, in order to summarize and illustrate the research results. It was concluded, in addition to the different degrees of service and other readings generated, that the association of linked Eco-technologies and society's cultural transformation can be the guiding parameters for new postures to overcome the current situation. The use of Eco-technologies is viewed as a viable course of action to be combined for solving urban environmental issues to promote a cultural transformation that can fully and naturally integrates people to the built environment.

Keywords: Urban drainage. Ecotechnique. Urban Engineering. Rainwater management. Environmental regeneration.

RESUMO: A partir da leitura crítica da literatura técnico-científica sobre Engenharia Natural e sobre Bioengenharia, identificou-se as variáveis (8) constituintes do conceito de Ecotécnica Urbana. Estas foram cotejadas com 28 técnicas construtivas de sistemas de manejo de águas pluviais, a fim de se avaliar o seu grau de agregação qualitativa ao conceito. Os dados obtidos foram sistematizados e inseridos em uma matriz, procurando-se sintetizar e ilustrar o resultado da pesquisa. Concluiu-se, para além dos diferentes graus de atendimento e outras leituras geradas, que a associação em cadeia de Ecotécnicas e a transformação cultural da sociedade podem ser parâmetros norteadores de novas posturas que visem à superação da atual situação. O emprego de Ecotécnicas mostra-se como um caminho viável para se aliar a resolução de questões ambientais urbanas à promoção de uma transformação cultural que integre, de forma mais plena e natural, as pessoas ao ambiente construído.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Ecotécnica. Engenharia Urbana. Manejo de águas pluviais. Regeneração ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da vida urbana requer a convergência entre a ocupação do território com as potencialidades e restrições colocadas por esse meio. Na busca por um ambiente urbano ambientalmente mais equilibrado, o elevado número de corpos hídricos urbanos impactados torna-se uma das principais questões a serem enfrentadas, no desafio de se reverter as relações até hoje estabelecidas entre a cidade e o ambiente natural.

Neste contexto, este trabalho se propôs a estudar o emprego de técnicas de impacto reduzido em meio urbano, visando configurar cenários de maior diálogo e respeito com as características e ciclos naturais e a criação de ambientes com maior qualidade para o convívio social. Pretendeu-

se alcançar uma base de dados de fácil consulta e assimilação, facilitando o encontro de informações convergentes e complementares para melhor se embasar novas intervenções em drenagem urbana, auxiliando nas estratégias projetuais com um maior esclarecimento sobre as vantagens envolvidas na adoção de técnicas de menor impacto.

Para tal, foram selecionadas técnicas de manejo de águas pluviais urbanas e confrontadas com as variáveis construídas a partir dos conceitos de Ecotécnica Urbana, de Engenharia Natural e de Bioengenharia. Por fim, foi realizada uma discussão dos resultados a partir do cruzamento das informações colhidas em uma matriz, onde 28 técnicas foram cotejadas com 8 variáveis, procurando-se sintetizar e melhor ilustrar o resultado da pesquisa e gerar uma base de dados de fácil consulta e assimilação.

2. MARCO CONCEITUAL

Dentre experiências que buscam uma nova urbanidade, considerando os impactos ambientais ao mesmo tempo em que proporcionam eficácia, conforto e fruição aos seus habitantes, observa-se uma grande variedade de concepções, principalmente no que se refere ao emprego de materiais, tecnologias e porte das intervenções. Constatado o impacto das atuais cadeias produtivas, as pesquisas sobre soluções técnicas limpas e eficientes do ponto de vista ambiental podem desempenhar um papel fundamental tanto na redução dos impactos gerados em novas ocupações como na transformação da malha urbana consolidada.

Alguns autores, como Silva e Magalhães (1993, p.34), caracterizam ecotécnica como uma maneira de se intervir no espaço de modo a lhe garantir características próximas às naturais:

“As ecotécnicas ou técnicas de reduzido impacto ambiental ocorrem na medida em que a dinâmica desta ação antrópica se aproxima da dinâmica existente no ambiente natural. Neste último, três aspectos podem ser destacados: o seu caráter disperso, a predominância de ocorrência de ciclos fechados e as limitações da renovação de seus recursos.”

Carvalho e Braga (2003, p.10) propõem que a renaturalização do ambiente urbano pode ser entendida como qualquer medida de reversão dos impactos da urbanização tradicional, como, por exemplo, aumentar a rugosidade e a permeabilidade das áreas urbanas anteriormente impermeabilizadas. Complementarmente, Binder (1998, p.27) acrescenta ainda que as práticas intervencionistas tradicionais devem ser abandonadas e dar lugar a uma nova postura:

“A renaturalização de águas correntes pelo processo do “desenvolvimento próprio” (“deixar” em vez de “fazer”) exige a compreensão da dinâmica ambiental da bacia e pessoal técnico experiente, que saiba observar, com paciência, o desenvolvimento do rio e tenha a capacidade de interferir quando necessário (“com mais engenhosidade e menos concreto”).”

Na Bioengenharia de Solos, além de materiais inertes, como pedras, metais e concreto, utilizam-se materiais vivos como fibras vegetais, sementes e fertilizantes. Gary Bentrup e J. Chris Hoag (1998, p.18) definem bioengenharia como:

“... can be defined as integrating living woody and herbaceous materials with organic and inorganic materials to increase the strength and structure of the soil.”

Semelhantemente, a Associação Portuguesa de Engenharia Natural (APENA, 2007) define a Engenharia Natural como o conjunto de técnicas e práticas que, no domínio da restauração ambiental, utilizam plantas vivas, preferencialmente autóctones, como elemento do processo construtivo, isoladas ou juntamente com outros materiais (pedra, madeira, metal etc).

O emprego de vegetação nas intervenções em encostas, margens, erosões, voçorocas etc, possibilita de certa forma a imitação do processo natural de estruturação dos solos através das

raízes e cobertura da superfície, aumentando a absorção das águas e impedindo o carreamento de sedimentos. Sob esta ótica, também podem ser consideradas ecotécnicas aquelas que, mesmo não se utilizando de materiais vivos, apresentam capacidade de mimese dos processos naturais, como nos casos de pavimentação permeável, dissipação de energia hidráulica de origem pluvial e/ou fluvial, dispositivos de infiltração etc. Ou ainda as que se utilizam de materiais residuais das atividades humanas, evitando a extração, o processamento e a produção de novos insumos, como ocorre nas contenções de encostas com pneus usados, uso gabiões e estruturas drenantes com resíduos da construção civil etc.

O aprofundamento de pesquisas nesta área pode devolver ao ambiente urbano qualidades intrínsecas do meio natural, associando o emprego de materiais renováveis e/ou reaproveitáveis a técnicas construtivas menos impactantes. Acselrad (2001, p.39) corrobora esta afirmação ao propor que, “para se reduzir o impacto entrópico das atividades urbanas, caberia a adoção de tecnologias poupadoras de espaço, matéria e energia e voltadas para a reciclagem de materiais”.

Contemplando-se as múltiplas abordagens sobre esses conceitos, este trabalho considerou Ecotécnica como aquela que apresenta uma ou mais de uma das características apresentadas a seguir, ainda que em diferentes níveis de desenvolvimento.

3. VARIÁVEIS CONSTITUINTES

As definições desenvolvidas neste tópico esclarecem algumas características dessas Ecotécnicas, destacando as potencialidades de sua aplicação, bem como os problemas provenientes da não utilização.

A Utilização de Recursos Locais, além de reduzir o impacto nas diferentes fontes – extração do produto propriamente dito e dos recursos necessários ao transporte – pode incrementar a sustentabilidade das atividades produtivas, tanto pela comercialização dos produtos de maior abundância, como empregando mão de obra das populações mais diretamente relacionada às intervenções em questão. Pode também contribuir para a manutenção das diferentes culturas e suas formas vernaculares de utilização dos materiais disponíveis, promovendo a diversidade de soluções, evitando a padronização global que sobrecarrega poucos pontos, concentradores de extração, de fornecimento de recursos, de energia ou de conhecimento.

Além da proveniência dos recursos necessários para se viabilizar a construção do espaço, outro fator de suma importância diz respeito à sua disponibilidade ao longo do tempo, como também da dependência de seu manejo produtivo e cíclico pelo homem. Assim, a Utilização de Recursos Renováveis se vale de insumos que, teoricamente, não possam ser totalmente consumidos em função da capacidade de se reproduzir ou se regenerar, podendo ser de fontes inesgotáveis (energia solar), provenientes de ciclos físicos (ciclo hidrológico) ou de sistemas biológicos (plantas e animais que se replicam).

Diferentemente do que ocorre nos ambientes naturais, onde a Ocorrência de Ciclos Fechados faz com que a geração de resíduos ou de desperdícios tenda a zero, a dinâmica das cidades se constitui a partir de grandes percursos energéticos que ocasionam perdas em diferentes momentos. Apesar da dificuldade, é possível se caminhar para a reversão dos impactos a partir de novas posturas e, principalmente em novas ocupações, se implementar processos construtivos que apresentem cadeias produtivas mais fechadas, geradoras de reduzidos impactos, resíduos e desperdícios, assim como reverter alguns dos processos já instalados por meio de medidas compensatórias.

Neste sentido, a tentativa de se alcançar uma Mimese de Processos Naturais, ou seja, uma capacidade de se reproduzir as formas de funcionamento da natureza e de suas características intrínsecas nas atuações promovidas pelo homem, também foi considerada. Como pode ser observado na natureza, os ciclos e os cursos de água, assim como o desenvolvimento vegetal e

o trajeto dos animais, tendem a percorrer os caminhos cujo emprego de energia é menor e mais constante ao longo do tempo. Além disso, há uma tendência das populações de se distribuírem em função dos recursos disponíveis, prevalecendo as características de dispersão sobre as de concentração, assim como autorregulação dos diferentes subsistemas. Dentre os exemplos aplicáveis ao conceito de Mimese dos Processos Naturais, pode-se citar a estruturação rasa e profunda do solo através de raízes, infiltração de águas pluviais, retardamento dos fluxos superficiais, regulação térmica através de cobertura vegetal, renaturalização de leitos de rios, contenção vegetal de encostas e outras medidas que devolvem ao ambiente características similares aos ciclos prévios à ocupação.

Para tanto, a Utilização de Materiais Vivos (fibras vegetais, sementes, plantas ou raízes) como materiais que desempenham uma função específica nos processos construtivos, principalmente como coberturas e contenções de encostas e de margens de rios, se mostra muito pertinente. Apesar do uso mais difundido relacionar-se com a estruturação dos solos através das raízes, essa técnica também permite maior absorção de águas, o que aumenta a permeabilidade da superfície no caso do uso como forração, além de incrementar o desempenho térmico quando utilizada em forma de teto verde. Também vale ressaltar que promove uma maior integração e simbiose com a fauna local, podendo ser pensada como um fator de incremento à vida animal e suas possíveis contribuições ao desempenho natural das intervenções.

Complementarmente, no processo de planejamento do espaço construído, a Utilização de Materiais Residuais pode complementar o fechamento de determinados ciclos, assim como diminuir a extração de recursos não renováveis - além de apresentar reduzido impacto decorrente do transporte ao ser utilizado próximo ao seu lugar de descarte. O emprego de resíduos também tem se apresentado como alternativa para a geração de trabalho e renda nas cooperativas de reciclagem. Alguns exemplos, no Brasil: utilização de aparas de lâminas (compostas de plástico e alumínio) da fabricação de tubos de pasta de dentes para confecção de painéis ou telhas; transformação de lascas de madeira na fabricação de placas aglomeradas e compensadas; aplicação de pneus na constituição de taludes ou seu uso como agregado em pavimentos asfálticos.

O conceito de sustentabilidade urbana também diz respeito às questões sociais tangentes à qualidade de vida dos habitantes, fazendo com que o Potencial Urbanístico das intervenções possa ser levado em consideração. Portanto, esta variável trata de balizar a potencialidade urbanística inerente a cada uma das Ecotécnicas analisadas, considerando as possíveis interações dos usuários com o espaço físico. Podem ser consideradas as funções secundárias dos espaços, como por exemplo, o uso de reservatórios de detenção de águas pluviais como praças e quadras esportivas, ou também pode-se destacar o potencial paisagístico de algumas aplicações, como as bacias de retenção, as valas de infiltração, os pavimentos permeáveis etc.

Por fim, a Redução ou Reversão de Impactos é uma variável que se refere ao emprego de todas as outras, de maneira isolada ou associando-as entre si, visando à mitigação dos impactos através da utilização de técnicas e materiais que estabeleçam uma relação equilibrada com as situações onde se inserem. Este item contempla também medidas que revertam e requalifiquem espaços já consolidados com intervenções altamente impactantes e que, por diversos motivos, não atendem a condições satisfatórias de funcionamento. A compreensão e aplicação deste conceito básico, que agrega os demais princípios aqui atribuídos às Ecotécnicas, podem apontar para transformações culturais significativas quanto à forma de se relacionar com o território como um todo.

4. ECOTÉCNICAS EM SISTEMAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

4.1. Técnicas locais de controle na fonte

A lógica natural do percurso realizado pela água precipitada, de montante para jusante, aponta

para qual postura deve ser tomada na concepção dos Sistemas de Manejo de Águas Pluviais Urbanas: procurar a melhor alternativa para seu amortecimento desde as cotas mais altas até as mais baixas, evitando sua concentração nos fundos de vale. Segundo Tucci (2005, p.84), as principais medidas de controle localizadas nos lotes, estacionamentos etc são denominadas, normalmente, de controle na fonte (*source control*). Por existir uma grande variedade de soluções a serem aplicadas nesta escala, as soluções pormenorizadas, somadas, podem representar ganhos significativos ao sistema global, reduzindo consideravelmente as concentrações à jusante. Neste sentido, foram elencadas as seguintes técnicas:

- Telhado Verde e Telhado Armazenador: têm em comum a característica de transformar as primeiras áreas de captação de águas pluviais – as coberturas – em elementos retardadores do pico de vazão, embora ambos apresentem características muito diferentes entre si;
- Microrreservatório, Poço de Infiltração e Plano de Infiltração: são dispositivos de pequeno porte, implementados para se alcançar o aproveitamento ou a infiltração da água de chuva dentro dos domínios de uma edificação, evitando desperdícios de água potável servida, como também atenuando o volume de escoamento para a drenagem urbana.

4.2. Técnicas lineares de controle na fonte

Segundo Baptista et. al. (2005, p.173), as técnicas compensatórias lineares são aquelas que apresentam uma dimensão longitudinal significativa em comparação com sua largura e profundidade. Exatamente em função destas características, são bastante utilizadas em associação com o sistema viário. Foram analisadas as seguintes técnicas:

- Trincheira de Infiltração, Vala de Infiltração e Canaleta Gramada: são estruturas lineares com função de abater descargas de pico através da desaceleração do escoamento superficial e do aumento do tempo de retenção e infiltração no solo, com a vantagem de produzirem um efeito paisagístico mais interessante;
- Pavimento Permeável e Pavimento Armazenador: contribuem para a redução do volume e da velocidade do escoamento das águas, pois se utilizam de suas áreas superficiais para direcionar o deflúvio para a camada inferior do pavimento, promovendo sua infiltração no solo ou o seu armazenamento subterrâneo;
- Sarjeta Permeável: é uma técnica de controle linear que pode ser aplicada junto a pavimentos permeáveis ou não, permitindo a redução da velocidade superficial e a constante infiltração das enxurradas ao passo em que escoam superficialmente o excedente.

4.3. Técnicas de controle centralizado

Diferentemente das técnicas de Controle na Fonte, as Técnicas de Controle Centralizado se referem às práticas posteriores, onde volumes de águas provenientes de diferentes fontes convergem a um ponto comum, para então serem armazenados e/ou infiltrados. Os exemplos mais comumente empregados são:

- Reservatório de Retenção: é uma estrutura de amortecimento criada para atenuar os efeitos de inundações e proteger as redes e regiões a jusante, ficando constantemente cheio de água, mas com capacidade para receber e armazenar temporariamente volumes de pico. Também permite, graças ao seu volume, o depósito dos sólidos em suspensão e a dissolução de poluentes por decomposição;
- Reservatório de Detenção: difere por ser mantido seco na maior parte do tempo através de extravasores, podendo ser usado para variadas atividades, com superfície impermeável, em forma de quadra esportiva e pátio de recreação, desde que sejam criadas medidas preventivas para que seus usuários não sejam surpreendidos pela invasão das águas.

4.4. Dispositivos de tratamento de efluentes pluviais

Além dos efeitos de depuração das águas pluviais já vistos nos sistemas anteriores, outros podem

contribuir para a atenuação da carga poluente que, difusa pela bacia, se concentra nas águas drenadas, causando fortes impactos e contaminação nas cotas mais baixas. Atuam também na redução da deposição de detritos sólidos nas redes e infraestruturas de drenagem, diminuindo a necessidade de manutenção dos sistemas. Foram analisados:

- Dispositivo de Gradeamento: é basicamente uma estrutura coletora de resíduos sólidos, em diversas escalas, necessário para se garantir a redução da carga poluente transferida para os corpos receptores;
- Sistema de Biorretenção: procura reproduzir o ecossistema natural, onde a atividade biológica atua promovendo remoção dos poluentes mediante adsorção, filtração e decomposição da matéria orgânica.

4.5. Contenção de taludes e encostas

A estabilização de taludes e encostas, muitas vezes degradados pela remoção da vegetação e consequente ação das águas, pode demandar grandes esforços e custos elevados, dependendo do estágio em que a degradação se encontra. Entretanto, é possível se implementar técnicas simples de estabilização que estruturam o solo e permitam a sua reconstituição vegetal. Foram analisadas as seguintes técnicas:

- Muro de Pneus (Solo-Pneu) e Muro de Gabião-Caixa: são técnicas aplicáveis em casos de rápida estabilização de encostas a baixo custo, formando prismas que se encaixam e trabalham por gravidade, utilizando-se pneus inservíveis em camadas preenchidas com terra, pedras ou entulho graúdo, ou com pedras acomodadas e contidas por telas metálicas solidarizadas;
- Biomanta Antierosiva e Biorretentor: consistem em dispositivos feitos de fibras vegetais que, além de estabilizar superficialmente o terreno instável, servem de suporte e nutriente para a vegetação que rapidamente nelas se instalam. Oferecem proteção imediata contra o efeito dos agentes erosivos, sendo que o biorretentor - cilindro de fibra vegetal -, além de atuar como barreira de sedimentos, absorve e retém a umidade, permitindo a passagem do excesso de água.

4.6. Estabilização de taludes fluviais

São muitos os corpos d'água, urbanos ou não, que sofrem as consequências dos processos de urbanização, através da crescente taxa de impermeabilização da bacia e de outras intervenções tecnicistas. Face ao exposto, foram analisadas as seguintes alternativas, que trazem consigo a intenção de devolver ao território características mais naturais:

- Escada Hidráulica de Gabião-Manta, Escada Hidráulica de Madeira e Pedras e Caixa de Dissipação de Madeira e Pedras: são técnicas bastante apropriadas para linhas de drenagem pluvial que se encontram em terrenos com declive, pois dissipam a energia das águas e permitem sua infiltração ao passo em que correm para as cotas mais baixas. Também contribuem para a estruturação do solo, pois permitem o desenvolvimento de vegetação, com raízes também estruturantes.
- Parede Vegetada de Madeira (Parede Krainer), Parede Krainer Dupla Vegetada com Feixes Vivos e Esteira Viva: são técnicas compostas por toras, varas, estacas e espécies vegetais de ocorrência local que, ao passar do tempo, se tornam cada vez mais estruturante do solo, ao passo em que as raízes crescem. São bastante apropriadas para situações de degradação de taludes íngremes, de difícil acesso e trabalho, pois apresentam facilidade de transporte de materiais e de execução.

4.7. Canalização de cursos d'água

Ainda no mesmo sentido que tratou o item anterior, foram analisadas as seguintes técnicas de canalização de cursos d'água:

- Solo Envelado: é uma técnica favorável à renaturalização de margens e taludes fluviais, dada a praticidade de transporte de seus insumos, simplicidade de execução e possibilidade de aproveitamento de materiais do próprio local. Trata-se do confinamento do solo em camadas protegidas por um geotêxtil de alta resistência, com aplicação de sementes de espécies vegetais e estacas vivas no paramento externo;
- Calha de Gabião-Caixa e/ou Manta: consiste basicamente na acomodação de pedras contidas por telas metálicas solidarizadas, formando prismas que se encaixam e trabalham por gravidade, contendo o solo e conformando muros, canais, barragens etc;
- Calha de Madeira e Pedras: consiste na construção de um canal com toras roliças, pedras, fibras vegetais e alguns materiais inertes como geotêxteis, telas metálicas, pregos e arames. Trata-se de uma técnica que estabelece um rico diálogo com o ambiente, com reduzido impacto mesmo considerando-se toda sua cadeia produtiva.

5. MÉTODO DE ANÁLISE

TÉCNICAS	VARIÁVEIS								
	Utilização de Recursos Locais	Utilização de Recursos Renováveis	Ocorrência de Ciclos Fechados	Mimese de Processos Naturais	Utilização de Materiais Vivos	Utilização de Materiais Residuais	Potencial Urbanístico	Redução / Reversão de Impactos	
TÉCNICAS LOCAIS DE CONTROLE NA FONTE	Telhado Verde	xxx	xx	x	xx	xx	x	xxx	xxx
	Telhado Armazenador	x	x		x	x		x	x
	Microrreservatório		x		x		x	x	xxx
	Poço de Infiltração	x		x	xx		x	x	xx
	Plano de Infiltração	x	x	x	xx	xx	x	xxx	xxx
TÉCNICAS LINEARES DE CONTROLE NA FONTE	Trincheira de Infiltração	x	x	x	xx	x	xx	x	xx
	Vala de Infiltração	x		x	xx	x	xx	x	xx
	Pavimento Permeável	x		x	xx	x	x	xx	xx
	Pavimento Reservatório			x	xx		x	x	xx
	Sarjeta Permeável	x			x		x	x	x
Canaleta Gramada	x		x	x	x	xx	xx	xx	
CONTROLE CENTRALIZ.	Reservatório de Retenção	x	x	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx
	Reservatório de Detenção	x		x	x	x	xx	xxx	xx
TRATAM. EFLUENTES	Gradeamento				xx		x		xxx
	Biorretenção	x	x	xx	xx	xxx	x	xx	xxx
CONTENÇÃO DE ENCOSTAS	Contenção com Pneus	x	x		xx	xx	xxx	xx	xxx
	Gabião Caixa	xx			xxx	x	xx	xxx	xxx
	Biomanta Antierosiva com Vegetação	x	xxx	xxx	xxx	xxx	x	xxx	xxx
	Biomanta Antierosiva com Biorretentor e Capim Vetiver	x	xxx	xxx	xxx	xxx	x	xxx	xxx
ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES FLUVIAIS	Escada Hidráulica de Gabião Manta	xx		x	xx	x	xx	xxx	xxx
	Escada Hidráulica de Madeira e Pedras	xxx	xx	x	xx	x	x	xxx	xxx
	Dissipador de Energia de Madeira e Pedras	xxx	xx	x	xx	x	x	xxx	xxx
	Parede Vegetada de Madeira (Parede Krainer)	xxx	xxx	xxx	xxx	xx		xxx	xxx
	Parede Dupla Vegetada com Feixes Vivos	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		xxx	xxx
Esteira Viva	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		xxx	xxx	
CANALIZAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA	Solo Envelado	xx	x	xx		x		xx	xxx
	Calha de Gabião Caixa e/ou Manta	xx		x	xx	x	xx	xxx	xxx
	Calha de Madeira e Pedras	xxx	xx	xxx	xxx	xx		xxx	xxx

Figura 1: Matriz Técnicas X Variáveis

Para análise das técnicas, as variáveis constituintes do conceito de Ecotécnica foram colocadas em uma tabela, a fim de se permitir uma leitura gráfica e comparativa entre, e as técnicas agrupadas pelo tipo de aplicação em infraestrutura urbana. Para tanto, foram estabelecidos quatro parâmetros com diferentes níveis de intensidade, que variaram de zero a três. Os critérios para definição desses parâmetros avaliam as técnicas desde sua implementação até o seu funcionamento, além da avaliação dos efeitos em cadeia, onde: zero corresponde ao não atendimento; um (X) corresponde a um atendimento parcial em uma das etapas, com efeitos ou na implementação ou no funcionamento; dois (XX) corresponde a um atendimento razoável, com efeitos na implementação e no funcionamento e três (XXX) corresponde a um atendimento cujos efeitos em cadeia extrapolam a implementação e o funcionamento. O resultado da interpolação dessas informações foi sintetizado na Figura 1 e sua leitura crítica permite diferentes interpretações, tanto partindo-se da ótica das variáveis quanto das técnicas (e seus agrupamentos). As 28 técnicas relacionadas a 7 tipologias de aplicação escolhidas para esta análise representam apenas uma parte de um amplo universo de crescentes possibilidades.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A leitura da tabela demonstra uma significativa diferença no grau de atendimento entre as variáveis. Um exemplo é o alto grau de atendimento conferido à "Redução/Reversão de Impactos", devido a ser intrínseco às mudanças de posturas que visam alcançar o equilíbrio ambiental dos sistemas de infraestrutura urbana. Esta variável foi atendida em todas as técnicas, embora tenha sido considerada moderada em técnicas pontuais, como nos Telhado Armazenador, Poço, Vala e Trincheira de Infiltração. Estes poderiam ter seus efeitos ampliados se a aplicação fosse massiva e se houvessem sistemas interligados de armazenamento dessas captações, evitando-se o aumento de volume escoado para os sistemas convencionais.

Outra variável em situação similar é a "Mimese de Processos Naturais", pois a forma mais eficiente de se reduzir ou reverter os impactos de um elemento de infraestrutura urbana pode ser a aproximação ou reprodução de um comportamento natural do território e seus eventos climáticos, prévio à sua ocupação. Percebe-se que o maior grau de atendimento se dá naquelas aplicações mais relacionadas aos taludes fluviais e cursos d'água, que são elementos da própria natureza. Em situações urbanas mais edificadas o grau de atendimento é menor embora ainda se encontre presente.

Analisando-se a "Utilização de Recursos Locais" percebe-se um amplo atendimento na maioria das Ecotécnicas, embora em pequeno grau. Isso se deve, em parte, à crescente especialização do setor construtivo, que realoca recursos regionalmente e reduz consideravelmente os saberes integrados dos trabalhadores locais. Também é possível verificar que as técnicas que utilizam tais recursos são mais aplicadas a elementos naturais, como encostas e taludes fluviais, do que a sistemas urbanos, como o calçamento e a drenagem pluvial.

Observa-se um atendimento moderado, tanto em grau como em amplitude, em "Utilização de Materiais Vivos" e "Utilização de Materiais Residuais". Apesar da disponibilidade de materiais vivos em todos os lugares, algumas técnicas são mais predispostas à sua utilização, e quase sempre se relacionam com a constituição de paisagens urbanas, como é o caso dos Telhados Verdes, do Reservatório de Retenção e das Contenções de Encostas e Taludes Fluviais. Seus efeitos são mais benéficos quanto maior for a utilização das espécies nativas, pois produzem um efeito em cadeia de manutenção da fauna e dispersão de sementes para áreas adjacentes. O uso de materiais residuais aparece majoritariamente quando há necessidade de se utilizar agregados de diferentes tamanhos, e a principal fonte são os resíduos da construção civil.

O grau de atendimento da variável "Ocorrência de Ciclos Fechados" merece especial leitura, já que se constitui como a de maior dificuldade, ou mesmo impossibilidade de ser alcançada. A capacidade ou não dos sistemas de infraestrutura urbana se aproximarem de ciclos fechados depende ainda do desenvolvimento de um sistema político-administrativo que abandone certas

práticas e cadeias produtivas, o que resulta num desafio mais complexo do que o colocado às questões meramente técnico-produtivas. Porém, com a finalidade de se entender a dinâmica dos recursos hídricos frente aos sistemas de manejo de águas pluviais urbanas, optou-se por considerar o ciclo da água como elemento coadjuvante no atendimento da variável em questão, apesar de sua difícil quantificação. Foi considerado um atendimento parcial quando o sistema de drenagem reintegra parte da água de forma similar à natural - infiltrando-se no solo ou evaporando-se. Por outro lado, as técnicas que se utilizam de biomantas e/ou toras de madeira foram consideradas com atendimento satisfatório desta variável, devido ao ciclo de decomposição dos materiais e transformação em substrato para outras espécies se desenvolverem no próprio local.

A leitura da tabela indica que a “Utilização de Recursos Renováveis” tem um grau de atendimento muito baixo, mostrando uma distância entre as pesquisas relacionadas e o interesse econômico das grandes áreas produtoras. Destacam-se as ecotécnicas de Contenção de Encostas e Taludes Fluviais, que são propícias à utilização de madeiras de reflorestamento, e as de reservação de água, que podem utilizar resinas impermeabilizantes de origem vegetal.

Por fim, a variável com maiores efeitos em cadeia e possibilidade de ampliação é o "Potencial Urbanístico". Seu grau de atendimento é elevado, já que o desenho especialmente voltado para o homem e a paisagem urbana pode se mostrar como aquilo que deve ser explorado de maneira a impulsionar uma mudança cultural frente aos diferentes elementos de infraestrutura urbana. Quase todas as técnicas selecionadas apresentam potenciais de propiciarem novas paisagens, lugares de contemplação ou até mesmo de equipamentos públicos, como passeios, áreas esportivas, estacionamentos etc. A única que não apresentou esta vocação foi a de Gradeamento, devido ao aspecto degradante que toma por concentrar o lixo disperso. Mesmo assim, apesar de inicialmente não apresentar potencial urbanístico, as áreas adjacentes poderiam ser trabalhadas como um espaço educativo, para visitas e vivências periódicas.

7. CONCLUSÃO

A leitura feita aponta algumas perspectivas e dificuldades inerentes às aplicações e usos das ecotécnicas. Uma perspectiva que perpassa quase todas as aplicações é a possibilidade de ampliação dos efeitos das ecotécnicas através da associação em cadeia, e que se mostra vinculada intrinsecamente à necessidade de transformação cultural. Quanto mais se implementarem telhados verdes, por exemplo, mais aprimoradas serão as técnicas e seus desempenhos, além da alteração da paisagem urbana gerada pela somatória de iniciativas que, além de contribuir para uma sensível alteração do microclima local, contribui para o ciclo da água numa escala maior que a de cada edificação. Há também a ideia de complementação, onde a aplicação de uma técnica diminui o impacto sobre outro subsistema. Isto ocorre naquelas que preveem absorção local da água, que evitam a sobrecarga nos sistemas de drenagem pluvial, ou ainda, quando a reservação de água de chuva reduz o consumo de água potável fornecida pelos sistemas de abastecimento e, conseqüentemente, os impactos gerados pela sua produção. Esse encadeamento também supõe modificações de cunho político-administrativas, pois a interconexão das infraestruturas urbanas se inicia nas intervenções pontuais, mas dependem da continuidade do percurso até o lançamento nos sistemas de controle centralizados, que são estruturas de maior abrangência, provavelmente ligadas aos setores públicos de gestão de águas.

O emprego de Ecotécnicas mostra-se como um caminho viável para se aliar a resolução de varias questões ambientais urbanas à promoção de uma transformação cultural que integre, de forma mais plena e natural, as pessoas ao ambiente construído.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. 2001. Sentidos da Sustentabilidade Urbana. In: ACSELRAD, H. (org.) *A Duração das cidades*:

sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. Rio de Janeiro: DP&A.

APENA - Associação Portuguesa de Engenharia Natural. 2007. O que é a Engenharia Natural. URL: <http://www.apena.pt/page.php?21>.

Baptista, Márcio; Nascimento, Nilo; BARRAUD, Sylvie. 2005. Técnicas Compensatórias em Drenagem urbana. Porto Alegre: ABRH.

Bentrup, G. & HOAG, J.C. 1998. The practical streambank bioengineering guide. Aberdeen, Idaho: USDA.

Binder, W. 1998. Rios e córregos: Preservar, conservar, renaturalizar. A recuperação de rios, possibilidades e limites da engenharia ambiental. Orientação técnica Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ. Rio de Janeiro: SEMADS.

Carvalho, P. F. & Braga, R. 2003. Da Negação à Reafirmação da Natureza na Cidade: o conceito de “renaturalização” como suporte à política urbana. Grupo de Pesquisa Análise e Planejamento Territorial – GPAPT. URL: <http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/gpapt>.

Silva, R. S. & Magalhães, H. 1993. Ecotécnicas Urbanas. *Ciência & Ambiente*. IV (7): 33-45.

Tucci, C. E. M. 2005. Saneamento para Todos – Gestão de águas pluviais urbanas. Ministério das Cidades, Brasília, DF. Disponível em:

<http://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/219/titulo/Gestao+de+aguas+pluviais+urbanas#!prettyPhoto>
. Acesso em: 03/08/2014.

Desenho urbano e capital social em assentamentos espontâneos

Caso de estudo, Bairro Moravia, Medellín , 2004-2014

Katila Vilar

Universidad Bio Bio, Doctoranda de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Concepción, Chile

katila.vilar@gmail.com

Ivan Cartes

Universidad Bio Bio, Prof. Dr. Arquitecto de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Concepción, Chile

icartes@ubiobio.cl

ABSTRACT: Taking as reference the historical context of the expansion phenomenon of Medellín and the anthropogenic processes based on Moravia's neighborhood, this paper aims to understand the Integral Improvement Plan (PPMIM) that has been developed between 2004-2011, that was based on sustainable concepts on the recognition and strengthening of the different actors' capacities for the construction of new associations based on mutual trust bonds. The requalification brought the physical, ecological, cultural and social rehabilitation of the human settlement allowing to recover the historical and cultural memory of the community and strengthening some aspects of the social capital, as the bridging and linking networks. Finally, The paper highlights and summarises positive and negative implications of slum upgrading programmes and some necessary recommendations for urban design and social capital can really be translated into real resources for the self sustainable development of low-income communities and their future generations.

Keywords: Slums, urban design, social capital, local and sustainable development

RESUMO: Tendo como referência o contexto histórico do fenómeno da expansão da cidade de Medellín e os processos antrópicos que se fixam no bairro Moravia, este artigo visa compreender o Plano de Melhoramento Integral (PPMIM) que se desenvolveu entre 2004-2011 que se apoia no conceito de sustentabilidade e no reconhecimento e fortalecimento das capacidades dos diferentes actores na construção de laços de associativismo e de confiança mútua. A requalificação veio trazer a recuperação física, ecológica, cultural e social do assentamento humano, permitindo recuperar a memória histórica e cultural da comunidade e fortalecer alguns aspectos do capital social, nomeadamente as redes *bridging* e *linking*. Por fim, pretende abordar uma discussão geral sobre quais são as implicações positivas e negativas dos programas de melhoramento integral de bairros (PMIB) têm e quais as recomendações necessárias para que o desenho urbano e o capital social se traduzam em recursos efectivos e nas próprias alavancas para o auto-desenvolvimento das comunidades de baixa renda e suas gerações futuras.

Palavras-chave: Assentamentos espontâneos, desenho urbano, capital social, desenvolvimento local e sustentável

1 INTRODUÇÃO

Num mundo globalizado, de economia neoliberal dominante e com metade da sua população a viver em cidade em transformação acelerada, multiplicam-se as fragilidades associadas com deficiências relativas à inclusão social e à coesão territorial que reduzem a prosperidade geral das cidades e a qualidade de vida dos seus habitantes. Actualmente, a população que vive em zonas com condições "precárias" representa 1/3 da população urbana mundial, número que

tende a duplicar até 2050, principalmente, nas áreas urbanas das regiões emergentes (UN-Habitat, 2003). O rápido crescimento urbano, a insegurança das políticas de habitação e de gestão urbana e outras instabilidades, como a limitação de recursos no planeta, as alterações climáticas ou as crises económicas, tornam urgente focar a atenção nas necessidades das populações localizadas nos centros urbanos destes países. Como refere Newirth, “estes lugares são as cidades de amanhã” (Newirth, 2005).

O desafio consiste em garantir que estas novas cidades em expansão continuem habitáveis, geríveis e mais sustentáveis. Uma maior taxa de urbanização implica uma maior “segurança urbana”, entendida como acesso equitativo a bens e serviços, desenvolvimento territorial ordenado, uso racional dos recursos naturais e, essencialmente, uma convivência pacífica e cívica dos seus habitantes, permitindo prevenir e mitigar os diferentes tipos de vulnerabilidades e ameaças.

Mediante este panorama e tendo como referência e caso de estudo, o contexto histórico do fenómeno da expansão da cidade de Medellín e os processos antrópicos que se fixaram no bairro Moravia, elabora-se uma avaliação do impacto que o Plano Parcial de Melhoramento Integral de Moravia (PPMIM), ocorrido entre 2004-2011, teve no território e, em especial, no capital social da comunidade, pois assenta num discurso de sustentabilidade e no fortalecimento das capacidades dos diferentes actores e da construção dos laços de associativismo e de confiança mútua.

A questão principal que se coloca é quais são as estratégias de desenho urbano toponímicas a ter em conta, de forma a que estes incidam e fortaleçam as várias dimensões do capital social das comunidades de baixa renda e permitindo, desta forma, responder aos critérios de um desenvolvimento local e sustentável?

2 METODOLOGIA

Para tal, elabora-se um estudo comparativo entre a condição inicial e a actual do território. Reunimos informação recolhida em documentos, dados quantitativos e qualitativos, que permitem fazer uma contextualização do território, assim como os documentos técnicos de suporte ao programa de requalificação urbanística.

Paralelamente à recolha de fontes documentais, desenvolveu-se uma série de inquéritos, tanto ao nível das instituições responsáveis pelo plano de requalificação, como ao nível da comunidade e das organizações sociais existentes. Os dados recolhidos tratam de compreender as estratégias de desenho urbano adoptadas e o impacto geral ao nível comportamental das pessoas e, em especial, ao nível do capital social e do funcionamento das organizações sociais, permitindo compreender a influência e a importância do desenho urbano na regeneração de comunidades de baixa renda.

3 ENQUADRAMENTO TEÓRICO E CONCEPTUAL

3.1 Tensões e oportunidades dos assentamentos espontâneos

Os assentamentos espontâneos surgem porque se procura resolver, por meio de mecanismos de autogestão e autoconstrução, o problema da acessibilidade à cidade e, em particular, do direito à habitação. Existem duas visões distintas sobre esta problemática: uma assente num discurso de segregação e estigmatização que provém da cidade consolidada e das classes sociais com mais recursos, e uma outra, que procura fazer o levantamento de defeitos e virtudes desses assentamentos humanos. Estudos recentes reconhecem que estas áreas fazem parte integrante do tecido urbano e que têm atributos que merecem ser valorizados (UN-Habitat, 2003; Roy, 2005; Newirth, 2005; Harvard Design Magazine, 2008; Hernandez et al., 2010; Varley, 2013). Nomeadamente:

- Aspectos físicos: morfologia labiríntica, escala pedestre, adaptação à topografia, processo construtivo incremental, reciclagem de materiais
- Aspectos sociais: população jovem, diversidade cultural, espírito empreendedor, criativo e resiliente, sentido de comunidade, solidariedade, entre-ajuda e espontaneidade.

O paradigma dos actuais programas de melhoramento integral de bairros (PMIB) defende que a solução passa pela requalificação gradual das zonas consideradas “precárias”, com o objectivo criar territórios híbridos, consolidados e com identidade (UN-Habitat, 2003; Andavarapu et al., 2013). Aposta-se numa abordagem integrada, apoiada em fortes programas de desenvolvimento e em estreita cooperação entre diferentes entidades.

Desde 2004, em Medellín, tem surgido uma nova forma de fazer cidade, através de um modelo de intervenção denominado “Urbanismo Social”, que abrange diversos temas como política, dimensão social, território e urbanismo. Expressa a necessidade de superar obstáculos como exclusão, desigualdade, violência, falta de crescimento económico sustentável e fraca governabilidade democrática, reconhecendo a necessidade de abordagens mais inclusivas. Para tal, é a partir da transformação física, da intervenção social, da gestão institucional, da participação comunitária e da educação e da cultura, que se procura promover um desenvolvimento urbano equitativo (Alcaldia de Medellín, 2004).

3.2 Conceito de capital social e sua relação com o ambiente urbano

No final dos anos 80, o capital social começou a ter grande destaque entre pesquisadores, ocupando desde então, um lugar importante nas ciências sociais. Sintetizando, como refere Lin: “não é o que você sabe, mas sim quem se conhece”. (Lin, 1999) Refere-se ao conjunto de recursos inerentes às relações de confiança e cooperação entre as pessoas. A amplitude desta definição permite-nos usar o termo como um novo substituto para “virtude cívica, coesão social, solidariedade social ou capacidade de acção colectiva ou qualquer outro atributo para uma comunidade éticamente valiosa” (Briggs, 1998).

Três grandes correntes usam o termo capital social: sociológica, antropológica e a integracionista. Para todas, o conceito relaciona-se com aspectos da estrutura social que possibilitam uma acção social:

- Vertente estrutural/sociológica: conjunto de recursos disponíveis, derivados da participação em redes sociais horizontais. Apesar de partir inicialmente de um atributo individual, o capital social é essencialmente um atributo colectivo, pressupondo a variável confiança, que facilita a relação entre as pessoas e o intercâmbio de acções. Sustenta-se numa rede estável de relações inter-pessoais (Bourdieu, 1986; Coleman, 1988).
- Vertente antropológica/cultural: de carácter mais subjectivo, entende que todos os seres humanos têm uma predisposição natural para se relacionarem, se associarem e cooperarem, partilhando valores e atitudes que condicionam as relações sociais (Fukuyama, 1999). Kliksberg sugere que o capital social e a cultura são agentes activos para o desenvolvimento económico e social, constituindo uma proposta viável que produz resultados efectivos (Kliksberg, 1999).
- Vertente integracionista: através de Putman, o capital social torna-se tópico central no debate nas ciências sociais e políticas que o vê como um atributo pessoal e cognitivo que se eleva, posteriormente, a um envolvimento participativo e cívico (Putman et al., 1993). O capital social é visto como um bem público que pode ser criado e fomentado a partir de actividades sociais e institucionais, infantizando o papel das instituições, das políticas e das normas sociais para moldar o comportamento humano (Arriagada et al., 2004, Arriagada, 2006, Kliksberg, 1999, Sen, 1998).

De acordo com Woolcock (2001), o conceito de capital social apresenta duas dimensões, cognitiva e estrutural e assenta em três níveis: individual (*bonding*), comunitário (*bridging*) e da sociedade (*linking*):

- *Bonding*: referente às relações mais próximas conectando grupos definidos por um elevado grau de homogeneidade, como família e relações de vizinhança, eficazes na manutenção da solidariedade e da integração social, no desenvolvimento de reciprocidade e confiança, na proximidade emocional, apoio social e ajuda. É o mais evidente em comunidades de baixa renda, pois estas ao não terem acesso a serviços e instituições oficiais para satisfazer as suas necessidades, dependem das suas relações pessoais para sobreviverem (Narayan et al., 2000; Carpenter, et al., 2004; Matous, 2010).
- *Bridging*: mais voltado para o exterior, refere-se às relações com amigos distantes, associados e colegas, criando pontes entre diferentes grupos, independente dos diversos atributos sociais. Esta abertura permite gerar identidades mais amplas e formas gerais de reciprocidade, assim como a um maior número de recursos, informações e oportunidades disponíveis nos diferentes grupos (Putman et alt, 1993).
- *Linking*: referente às relações entre grupos com diferentes estatutos sociais e onde se consegue aceder à hierarquia do poder, possibilitando o acesso a recursos-chave das instituições formais fora da comunidade, como apoio financeiro e técnico, capacitação e maior acesso aos processos de tomada de decisões formais. Enquanto que o *bonding* e o *bridging* se referem a relações de tipo horizontal, o *linking* remete para uma dimensão vertical (Woolcock, 2001).

O conceito actual de desenho urbano, entendido como a “construção de lugares para as pessoas”, indica que o espaço urbano não tem uma influência directa sobre a qualidade, conteúdo e intensidade de contactos sociais, porém, pode promover as possibilidades de encontro e convivência entre pessoas, funcionando como ponto de partida para múltiplas redes sociais se desenvolverem (Carmona, 2003, Gehl, 1961). Os conceitos-chave através do qual o desenho urbano pode facilitar e permitir que o capital social possa evoluir consistem em projectar de forma a reter as pessoas nos lugares por mais tempo a fim de meios de interacção repetida (Moobela et al., 2007).



Figura 1: Atributos físicos que contribuem para capital social, elaboração própria a partir de Moobela et al., 2007)

Ao nível do desenho urbano, podem ser identificados quatro grandes atributos que promovem capital social:

- Conectividade: estrutura movimento, uso misto, instalações locais.

- Segurança: a propriedade, a vigilância natural, acesso e trilhas.
- Identidade/carácter: contexto, o espaço público, personalização.
- Diversidade: necessidades ciclo de vida, usos mistos, diversidade sociocultural.

4 PLANO PARCIAL DE MELHORAMENTO INTEGRAL DE MORAVIA (PPMIM)

4.1 Enquadramento

O PPMIM é uma iniciativa do governo municipal, inserida na alínea 3 do Plano Estratégico de 2004-2007 e visa a requalificação do bairro de Moravia com 42, 7 hectares, conhecido por ter crescido em cima da antiga lixeira de Medellín. É composto por uma visão multidimensional, tendo como objectivo contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos assentamentos espontâneos, promover o desenvolvimento sustentável por meio da requalificação urbana e da recuperação das condições ambientais, socioculturais e económicas. Conta, entre outros, com o apoio técnico da Universidade Naciona da Colombia (CEHAP). Parte também do reconhecimento das capacidades dos diferentes actores e no fortalecimento e construção dos laços de associativismo e de confiança mútua que permitem afiançar capital social. Para tal, desenvolve-se através da participação e do envolvimento da comunidade local na tomada de decisões conjuntas a respeito dos diferentes temas que o abrangem (Alcaldia de Medellín, 2006).

Como um arquétipo de muitos assentamentos espontâneos do mundo, Moravia surge em meados dos anos 50, principalmente devido ao êxodo rural e aos problemas de violência que se foram acentuando no país. Embora localizado muito perto de infraestruturas de carácter metropolitano e regional, o território encontra-se desarticulado e desconectado da malha urbana da cidade devido à extrema densidade populacional (45mil habitantes, correspondendo a um índice de espaço público de 0,15m²/hab), à sua morfologia compacta e labiríntica, aos graves problemas ambientais e sociais e, por ser ocupado por habitação precária de carácter popular, ao redor do qual, se aglutinam várias formas de uso e apropriação espacial. À data da introdução do PPMIM, é notório a exaustão e deterioração do ambiente natural e social.

Apesar dos conflitos sociais que derivam da carência de espaço público verifica-se a existência de um legado histórico e social, onde são visíveis elementos de redes sociais *bonding* e inícios de redes *bridging* que surgiram de forma a ganhar voz pela luta ao direito à habitat. Reconhece-se a existência de elementos físicos e sociais que conferem uma imagem e uma significação simbólica para os seus moradores e, quando valorizados à escala da cidade.

4.2 Estratégias de desenho urbano e impacto geral

A maioria da intervenção física é implementada entre 2006-2011 e é constituída por estratégias toponímicas praticadas em intervenções de requalificação de assentamentos espontâneos, que consistem em:

- Rever o sistema de acessibilidades e mobilidade (interior/exterior do bairro), hierarquizando e organizando as vias, assim como promover a mobilidade reduzida, com passeios pedonais e ciclovia.
- Criar um limite urbano dinâmico com passeio pedonal e usos mistos de forma a ampliar a mobilidade social
- Criar um sistema de centralidades públicas com equipamentos sociais, praças e pracetas com diversas actividades educacionais e lúdicas e de entidades de paisagem que visam ampliar as zonas verdes,
- Rever o tema da habitação e da habitabilidade, requalificando e legalizando o edificado existente e realojando em habitação vertical as famílias localizadas em zonas de elevado risco ambiental ou em sectores onde é necessário libertar espaço urbano.
- Fortalecer as actividades produtivas e comerciais de forma a criar emprego e a dinamizar o bairro e a sua envolvente.



Figure 2: PPMIM executado, elaboração própria a partir de Alcaldia de Medellín, 2006

Pelos resultados de Moravia, comprova-se que o novo paradigma dos PMIBs abrange um misto de requalificação e de renovação urbana, criando uma hibridização das áreas de gênese auto-construída.

Em Moravia, pelos resultados dos inquéritos do Processo de Revisão e Ajuste, o impacto geral é muito positivo sendo que os projectos que tiveram mais impacto dizem respeito ao sistema de centralidades públicas pois, vieram aumentar o índice de espaço público para 0,47 m²/hab, e por estarem associados a um forte programa de desenvolvimento sociocultural. Os espaços públicos, ao permitir a existência de lugares de encontro para socialização e para desenvolvimento de actividades diversas, são agora um produto social, de convivência e partilha. Actuam também como um local adequado para a mobilização em pé de igualdade, o que leva, entre outros, a um discurso aberto e sem conflitos maiores e a uma maior coesão e inclusão social. Apesar de continuar a existir uma identidade muito marcada, própria de culturas de comunidades de baixa renda com uma forte domesticação do espaço público, os seus comportamentos sociais demonstram ser mais cívicos, e desta forma, o sistema de centralidades públicas funciona como o centro nevrálgico da comunidade, estimula o relacionamento social com os lugares colectivos que compartilham, reflectindo-se na forma como são usados, apreciados e mantidos.

Relativamente aos serviços sociais prestados pelos equipamentos, e em especial pelo Centro de Desenvolvimento e Cultural de Moravia (CDCM), sua diversidade de programação e utilização pública centrada na recuperação da memória histórica, na educação e na cultura cívica, comprova que operações de requalificação urbanística aliadas ao tema da educação e da cultura, fazem com que a transformação sociocultural ocorra de forma mais eficaz: as estatísticas demonstram que houve um considerável aumento do índice de desenvolvimento humano (IDH) desde 2004 a 2013 (Confenalco Antioquia, 2012). Conforme Kliksberg e Sen referem, é através do acesso a bens essenciais, educação e cultura que o desenvolvimento passa a ser um processo de expansão das liberdades reais que as pessoas desfrutam (Sen, 1998; 1999).

O PPMIM veio também restaurar a segurança urbana e o controle territorial por parte do Estado, onde é visível uma vida de bairro dia e noite. A diversidade de usos mistos em torno de corredores pedonais, ajudam a promover os encontros espontâneos e o dinamismo comercial, permitindo uma maior mobilidade e diversidade sociocultural, onde se misturam novos diálogos, conhecimentos e onde se desbloqueiam preconceitos e estigmas sociais em relação ao

próximo. O território requalificado veio fornecer uma gama de benefícios e oportunidades associados ao direito à cidade e, se aliado a estratégias proactivas de desenvolvimento local, poderão, inclusivamente, projectar no futuro, o bairro a nível internacional, como através da introdução de estratégias de negócio ligadas ao turismo local e sustentável, entre outros.

Porém, houve estratégias que não foram implementadas de acordo com os acordos pré-estabelecidos e, desta forma, ficaram aquém de obterem o impacto esperado: a estratégia de habitação e habitabilidade, o apoio psicossocial no processo de realojamento e o programa de desenvolvimento económico. Relativamente à estratégia de realojamento, importa mencionar que a grande percentagem da população a reassentar foi localizada fora da envolvente do bairro, no Macroprojecto habitacional *Ciudadela* Nuevo Occidente. Apesar da nova solução habitacional ser mais cómoda, estável e livre de contaminação ambiental, no geral, nos primeiros anos, não traz maior qualidade de vida às comunidades reassentadas. Por estarem longe de todas as facilidades de serviços que tinham no local de origem, faz não se integrarem ao novo lar, por motivos de tipologia arquitectónica, por falta de equipamentos e serviços, mas também por falta de condições económicas e das suas redes sociais. A apropriação ao novo habitat vai sendo feita de forma lenta e gradual. As famílias vão-se organizando lentamente, a fim de se reconhecerem e começarem a criar um novo tecido social e conformar novos imaginários a partir das novas edificações, criando um novo sentido e significado ao território. É compreensível que o desenho urbano neste tipo de territórios deva contemplar a estratégia do realojamento por edifícios em altura, portanto, é fundamental considerar as características psicossociais e económicas das famílias a transladar, a localização, a configuração da tipologia habitacional e o número de pisos. Porém, esta estratégia deverá incluir uma equipa também ela multidisciplinar, eficaz e integrada para acompanhar o processo de realojamento e de adaptação destas comunidades ao novo habitat. Importa ter em conta as demandas, aspirações, angústias, as necessidades dos habitantes a realojar e contar com a efectiva participação destas para realmente se construir cidade. São fundamentais o apoio da assistência social e a capacitação, antes, durante e após o realojamento e com base nas premissas iniciais, no que foi ou não executado, nos resultados obtidos e compreendendo ainda o que falta fazer, são necessários novas estratégias e acções para dar continuidade ao processo de desenvolvimento local da comunidade de Moravia (localizada na área de intervenção ou fora dela).

4.3 Impacto ao nível do capital social

Outra forma de avaliar o impacto que o PPMIM teve na transformação social da comunidade pode ser medido através do capital social. Foram efectuados inquéritos à comunidade de Moravia, para avaliar as dimensões estrutural e cognitiva deste recurso e dos diversos tipos de redes sociais horizontais e verticais, ou seja, sua participação cívica e política. Pela análise dos resultados obtidos, podemos concluir que o capital social existente em Moravia continua a ser marcado por alguma heterogeneidade. A grande maioria das variáveis tiveram um resultado muito positivo, como: convivência, segurança, solidariedade, cooperação, entreatajuda, organização social, sentimento de identidade e pertença, participação cívica e política, porém existem duas variáveis que ainda têm valores médio-baixos e que comprometem o capital social na sua generalidade: o nível de confiança e o índice de capacitação.

Relativamente à confiança, e comparativamente a antes do PPMIM, a grande maioria das pessoas é desconfiada em relação aos diversos tipos de grupos, mesmo daqueles que lhes são próximos. A desconfiança pode ser explicada pelo facto do plano de requalificação ter trazido uma maior abertura do território, novas dinâmicas territoriais e sociais, novos mercados imobiliários, ou seja maiores incertezas e enfraquecendo, desta forma, a confiança em relação ao próximo. O mesmo acontece em relação a pessoas de grupos ou instituições diferentes, como políticos, justiça e polícia. No geral, mesmo participando na vida pública, cívica e política através

de eventos e diversos tipos de actividades, como voluntariado, acção colectiva, participação cívica e política através dos pressupostos participativos, a comunidade de Moravia é relativamente céptica à honestidade, à transparência das intenções e capacidade de resposta do Estado. Tal pode ser justificado por dois factores: pela longa indiferença do Estado perante este território e pela história recente do processo participativo em que nem todos os acordos de bairro assinados terem sido cumpridos pela municipalidade.

O outro aspecto é o nível de capacitação que demonstra que, apesar dos esforços do CDCM, das escolas e das organizações sociais existentes, a percentagem em relação ao universo populacional do bairro que obteve formação é ainda muito reduzida. Existe uma falta de motivação, eventualmente devido às características psicossociais desta população, que deverá ser contrariada, através de estratégias de incentivação. As actividades nos espaços públicos, nas zonas verdes e nos equipamentos sociais permitirão gerar oportunidades para a construção de redes sociais de qualidade onde os actores participantes querem ser membros e trabalhar para um bem comum, e a seu devido tempo, estes terão a necessidade de ter algum conhecimento específico e recorrer à capacitação, para seu próprio *empowerment* e desenvolvimento individual.

Relativamente aos outros dois tipos de redes, *bridging* e *linking*, apesar de previamente, já existirem redes *bridging*, com a introdução do PPMIM, em oito anos, o número de associações sociais duplicou. Enquanto que as organizações pré-existentes surgiram de forma espontânea, muitas vezes sem condições para desenvolver acções de forma estruturada, as novas criadas foram, em muito, impulsionadas pelas instituições públicas e pelo PPMIM.

Relativamente aos atributos positivos, é de mencionar a vivência dos valores pessoais no seio dos grupos associativos, representados na boa convivência, no respeito e na disposição em superar qualquer tipo de adversidade, assim como, o compromisso dos participantes. As organizações sociais têm um bom conhecimento do território e um bom relacionamento com a comunidade, o que ajuda o espírito de solidariedade e de integração de todos no trabalho a desenvolver. É também importante mencionar o trabalho desenvolvido no fortalecimento dos géneros, nomeadamente o feminino, pois pela sua natureza, as mulheres tem capacidades mais gregárias. Ao nível das capacidades das organizações e da sua acção colectiva, apesar de certas debilidades, existe um capital humano que é valorizado pela liderança das organizações, e uma experiência no trabalho comunitário, que é reconhecido e respeitado tanto pela maioria da comunidade, como pelos actores institucionais e privados que também desenvolvem projectos no bairro.

Relativamente aos atributos mais débeis, mencionam-se aspectos que têm ainda de ser trabalhados: é necessário mais capacitação e especialização profissional como capacitações tecnológicas, de organização, a fim de adquirirem certificações académicas e estarem mais facilmente inseridas no mercado de trabalho, com confiança e posicionamento. É necessário providenciar mais apoio logístico e técnico ao nível dos recursos materiais e financeiros, infraestruturas e equipamentos técnicos, que têm a finalidade de permitir que estas possam desenvolver com mais qualidade o seu trabalho. Importa que estas tenham forma de garantirem uma maior sustentabilidade económica, que pode ocorrer, tanto pela prestação e comércio dos seus serviços, como pela ajuda na procura de apoios e recursos institucionais. Neste sentido, uma vez mais, é necessário adquirirem mais capacidades na formulação de projectos, rentáveis e eficazes, ganharem mais confiança e responsabilidade. Tal permitirá encontrar soluções para as suas dificuldades económicas, melhorando a viabilidade de execução dos seus projetos. O *empowerment* e o fortalecimento do tecido social e, por conseguinte, o desenvolvimento, acabam por funcionar como uma espiral em ascensão. Por fim, importa trabalhar mais o diálogo entre redes horizontais e com as instituições verticais, quebrando, desta forma, um certo clientelismo e algumas práticas existentes de centralização de poder.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados físicos e sociais do PMIB provam que o discurso que integre o reconhecimento, a participação da sociedade civil e o fortalecimento das suas capacidades, são recursos estratégicos para a transformação social eficaz das comunidades de baixa renda. O desenho urbano, visto como um processo multidisciplinar e como uma “construção de lugares” vem potenciar a construção de capital social, sobretudo através da criação de um sistema de centralidades públicas aliada à estratégia de valorização sociocultural, visando, entre outros, recuperar a memória histórica pré-existente, fortalecer a capacitação e valorizar a diversidade cultural geral. Em Moravia, o PPMIM vem provocar um processo de “re-auto-identificação”, vinculado a um sentimento de pertença, de fruição e preservação do território requalificado, aumentando o sentimento de cidadania solidária, civicamente activa e, inclusive, uma consciência ecológica à sua envolvimento.

Porém, os PMIBs precisam de ter presentes o seu fundamento ético, para não serem engolidos por uma lógica de competição capitalista, onde existem perigos de desenvolvimento especulativo e gentrificação, já evidentes em Moravia, onde as novas dinâmicas territoriais e sociais vieram enfraquecer o nível de confiança geral e as redes sociais *bonding*. Para alterar este fenómeno, importa continuar a desenvolver estratégias para estimular a criação de capital social. Dado que já existe as infraestruturas físico-ambientais e sociais, importa dar continuidade à promoção de actividades e eventos, às acções de capacitação, de voluntariado, para além de continuar a fornecer o suporte para fomentar o desenvolvimento económico e criar redes produtivas. Estas diversas acções permitirão criar maior confiança e reciprocidade, aumentando as sociabilidades, o envolvimento e a participação. Paralelamente, contribuirão para estimular o interesse por se autodesenvolverem, aumentando gradualmente a sua qualidade de vida e de suas gerações futuras. Ao nível do funcionamento das redes *bridging* e *linking*, cabe às organizações sociais continuarem a querer capacitar-se, a fim de desenvolverem as suas actividades em benefício da comunidade. Desta forma, adquirem mais credibilidade por terem mais capacidade técnica, conseguindo angariar apoios das instituições a quem possam recorrer. Já a um nível mais institucional, as políticas urbanas devem continuar a aliar, o capital social e a cultura, como ferramenta de desenvolvimento e inclusão social, porque “a mobilização cultural pode ser de grande relevância, (...) uma vez que as práticas sistemáticas em actividades culturais fomentam hábitos de disciplina, culto pelo trabalho e pela cooperação” (Kliksberg, 1999).

Ao nível do território e da cidade, importa lembrar toda a carga positiva que, a singularidade deste tipo de territórios transporta para o nosso imaginário quando pensamos na cidade tradicional e, como será o mundo que imaginamos, para as gerações futuras. Os PMIBs têm o poder de criar “novas aldeias urbanas”, ou seja, territórios híbridos ou conjuntos de bairros autónomos e autosuficientes que integram o melhor da vida urbana e rural, onde se vive em comunidade de forma harmoniosa e simbiótica. Ou seja, pode ser um dos paradigmas de como viver de forma mais sustentável nas cidades no séc. XXI, e, no caso das áreas de génese espontânea, em como transformá-las em territórios mais sustentáveis e integrados à malha urbana da cidade (Gill, 1997; Madanipour, 2001).

BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía de Medellín. 2004. Plan de Desarrollo 2004-2007: Medellín, compromiso de toda la ciudadanía. Medellín: Alcaldía de Medellín.
- Alcaldía de Medellín. 2005. Plan Parcial de Mejoramiento Integral del Barrio Moravia, Documento Técnico, Tomo I. Medellín: Alcaldía de Medellín.
- Andavarapu, D., Edelman, D. 2013. Evolution of Slum Redevelopment Policy. *Current Urban Studies*, 1(4): 185-192.
- Arriagada, I. 2006. Breve guía para la aplicación del enfoque de capital social en los programas de pobreza. Santiago de Chile: CEPAL.

Comfenalco Antioquia. 2012. La Casa de Todos, La experiencia de la transformación cultural en Medellín, desde el Centro de Desarrollo Cultural de Moravia. Medellín: Comfenalco Antioquia.

Hernandez, F., Kellett, P., Allen, L. 2010. Rethinking the informal City. Oxford: Berghahn Books.

Kliksberg, B. 1999. Social capital and Culture: Master Keys to Development. *CEPAL Review*, 69, Santiago de Chile: CEPAL.

Lin, N. 1999. Building a Theory of Social Capital. *Connections*, 22(1): 28-51.

Matous, P., Ozawa, K. 2010. Measuring Social Capital in a Philippine Slum. *Field Methods*, 22(2): 133-153.

Narayan, D. 1988. Bonds and Bridges: social capital and poverty. Washington: Poverty Group, World Bank.

Newirth, R. 2005. Shadow Cities: A Billion Squatters, a New Urban World. New York: Routledge.

Paranagamage, P., Andrew, A., Simon, K. (2009) "Social capital in urban environments: intersection of theory, research and practice literatura", in Conference proceedings: Second international conference on whole life urban sustainability and its assessment. Loughborough: Loughborough University: 784-806.

Roy, A. 2005. Urban informality: toward an epistemology of planning", *Journal of the American Planning Association*, 71(2): 147-158.

Sen, A. 1999. Desenvolvimento como Liberdade, São Paulo: Companhia das Letras.

UN-Habitat. 2003. The Challenge of Slums: Global Report on Human Settlements 2003. Londres: Earthscan Publications.

Cooperação, produtividade e sustentabilidade no Programa Nacional de Habitação Rural - MCMV

Cecília Lenzi

Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, São Carlos, São Paulo, Brasil
cecilialenzi@usp.br

João Marcos de Almeida Lopes

Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, São Carlos, São Paulo, Brasil
jmalopes@sc.usp.br

ABSTRACT: This paper aims to present ideas about the production of social housing in Brazilian rural areas, organized by housing cooperatives under the Rural Housing Program (PNHR – Programa Nacional de Habitação Rural), part of the Minha Casa, Minha Vida Program - PMCMV, ongoing since 2009 in Brazil. There are a significant academic production about the PMCMV, but focuses on urban housing production, with very few studies about the consequences of PNHR. We begin from the main criticisms of the existing urban housing policies in the country, and the most striking differences in relation to rural production will lead to analysis of the internal organization and productivity of a housing cooperative in the south of Brasil, which has been highlighted by the PNHR. Is intended to reflect if the PMCMV collaborates with the development of experiences of cooperative housing production; and the intrinsic relationship of cooperative production by building more sustainable experiences in the Brazilian countryside.

Keywords: rural housing; family farm; housing public politics.

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo apresentar reflexões acerca da produção de habitação social rural no Brasil, organizada por cooperativas habitacionais no âmbito do Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR, parte do programa federal Minha Casa, Minha Vida – PMCMV, em curso desde 2009 no Brasil. A produção acadêmica de cunho crítico sobre o PMCMV é significativa, porém, concentra-se na observação do Programa Nacional de Habitação Urbana - PNHU, com pouquíssimos estudos a respeito dos desdobramentos do PNHR. Parte-se aqui das principais críticas às políticas habitacionais urbanas vigentes no país, e as diferenças mais marcantes em relação à produção rural levarão à análise da organização interna e produtividade de uma cooperativa habitacional do sul do país, que se tem destacado junto ao PNHR. Pretende-se refletir até que ponto o PMCMV colabora com o desenvolvimento de experiências de produção cooperada de habitações; e a relação intrínseca da produção cooperada com a construção de experiências mais sustentáveis no campo brasileiro.

Palavras-chave: habitação rural; agricultura familiar; políticas públicas para habitação.

1 INTRODUÇÃO

1.1 A noção de espaço e população rural

As atuais delimitações dos espaços rurais são alvo de grande polêmica, e conseqüentemente também o são as definições quantitativas das populações que vivem nestes espaços. No Brasil, o espaço rural é delimitado a partir do que está fora do perímetro urbano, ou seja, é delimitado a partir do negativo da cidade. Isso ocorre pois o único critério utilizado atualmente para a definição dos perímetros urbanos dos municípios são as designações administrativas, que não levam em consideração aspectos importantes como ocupação da população economicamente ativa e a densidade demográfica (VALADARES, 2014). Observando estes e outros aspectos, Veiga realizou uma simulação que indica que o Brasil essencialmente rural é formado por 80% dos municípios, nos quais residem 30% dos habitantes (2002, p. 34), apontando forte contraposição ao Censo Demográfico da época (IBGE, 2000), que indicava população rural de apenas 18%.

Veiga sugere uma provocação a este respeito, denominando esta grande maioria de municípios brasileiros de “Cidades Imaginárias”.

Também Ricardo Abramovay (2003) posiciona-se da mesma forma que Veiga: “(...) a população rural não se compõe de um conjunto de remanescentes, cujo destino histórico é a desapareição. Quase um terço dos brasileiros, mais de cinquenta milhões de pessoas, vivem em regiões que podem ser definidas como rurais” (ABRAMOVAY, 2003, p. 12).

Por outro lado, conforme o prof. Ariovaldo Umbelino de Oliveira vem apontando em aulas, os critérios de demarcação de espaços rurais e urbanos podem ser pouco significativos para a produção científica e para as análises acadêmicas, dada sua inexatidão. Passariam a importar mais os diferentes usos produtivos do espaço, seja de produção agrícola, industrial, etc.

1.2 Políticas habitacionais no campo e na cidade

As políticas habitacionais voltadas aos pequenos produtores foram pouco significativas em âmbito nacional até 2003. Como afirma Cecília Graziano da Silva em recente pesquisa, “é possível observar que desde a Constituição de 1934, em que se afirma que ‘procurar-se-á fixar o homem no campo’, passando pela lei de 1964, na qual ‘o governo formulará a política nacional de habitação, dando prioridade’, entre outros itens, ‘à habitação rural’, somente em 1991 uma lei específica para a habitação rural é criada. Mesmo com esse aparato legal, a habitação rural para famílias de baixa renda no Brasil vinha sendo executada, até 2003, apenas no âmbito da Política Nacional de Reforma Agrária, via concessão de créditos no INCRA (...)” (SILVA, 2014, p. 85).

Portanto, é apenas no ano de 2003 que é dado início o Programa de Nacional de Habitação Rural – PNHR, com quatro linhas de crédito: (1) PSH, (2) Carta de Crédito – FGTS Operações Coletivas a Fundo Perdido, (3) Carta de Crédito – FGTS Operações Coletiva Financiamento e (4) Crédito Solidário (SILVA, 2014, p. 88). Baseado na experiência gaúcha anterior de habitação rural do governo de Olívio Dutra, no âmbito nacional este programa apresentou diversos entraves, principalmente de acesso aos produtores de menor poder aquisitivo, e também porque sua formulação ainda trazia muitos elementos dos programas habitacionais urbanos (BOLTER, 2013). Em 2009 é criado o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV do Governo Federal, ao qual o PNHR é incorporado como subprograma, hoje vigente, e que, segundo Bolter (2013), é um dos programas mais importantes entre aqueles voltados para a agricultura familiar no país na atualidade.

Segundo Ferreira (2012), o PMCMV foi lançado com o objetivo de aquecer a atividade da construção civil, como resposta declarada à crise econômica global de 2009. Parte integrante do PMCMV juntamente ao Plano Nacional de Habitação Urbana – PHNU, o Plano Nacional de Habitação Rural – PNHR “tem a finalidade de subsidiar a aquisição ou reforma de moradia aos agricultores familiares e trabalhadores rurais” (BRASIL, 2009). O atendimento da demanda é feito sob forma coletiva de no mínimo 4 e no máximo 50 famílias, por intermédio de uma entidade organizadora. A faixa de renda dos beneficiários que apresenta maior subsídio a fundo perdido é a do Grupo 1 – G1, para as famílias com renda bruta anual até R\$ 15.000,00, mas o programa atende também aos Grupos 2 e 3 – G2 e G3, direcionado às famílias com renda bruta anual até R\$ 60.000,00, com financiamentos a baixas taxas de juros. Atualmente, o subsídio oferecido ao G1 é de R\$28.500,00. No formato inicial do programa não havia diferenciação de valores de subsídio quanto à região do país; em recente portaria de dezembro de 2012 foi concedido valor diferenciado para a região Norte, justificado pelas dificuldades de transporte de materiais. Neste caso o custo da edificação para o G1 fica estabelecido em R\$30.500,00.

A produção acadêmica de cunho crítico sobre o PMCMV é significativa¹. Porém, concentra-se na observação do PNHU, com pouquíssimos estudos² a respeito dos desdobramentos do PNHR. Uma das grandes críticas apontadas por Arantes (2009) quanto ao PMCMV é que este contraria o Plano Nacional de Habitação – PlanHab do Ministério das Cidades, ignorando a discussão a respeito da reforma urbana, bandeira histórica dos movimentos sociais urbanos: “o pacote habitacional do governo Lula não foi feito para melhorar as cidades e resolver o problema da moradia, mas para salvar o setor da construção” (ARANTES, 2009, p. 1). Na mesma direção, Ferreira (2012) aponta o acesso à terra como o grande obstáculo para a solução da problemática habitacional no Brasil. Segundo o autor, a situação torna-se ainda mais dramática no âmbito das políticas públicas, como no caso do programa federal: “(...) com a reduzida disponibilidade de terras a baixo custo, a forte disponibilidade de recursos representada pelo PMCMV promoveu dramático processo especulativo, que multiplicou sensivelmente o preço dos lotes bem localizados. Com tal aumento do preço da terra e a falta de efetivação dos instrumentos do Estatuto da Cidade, é inevitável a dificuldade em implementar a política habitacional para baixa renda (...)” (FERREIRA, 2012 p. 49).

Deve-se destacar aqui uma das diferenças mais marcantes entre os programas urbano e rural do PMCMV: diferentemente do primeiro, o segundo não dá suporte à aquisição de terra, sendo que o subsídio ou financiamento só pode ser aplicado na compra de materiais de construção e contratação da mão de obra, e só podem acessá-lo os produtores que sejam proprietários ou que tenham algum tipo de direito de usufruto da terra³. Outra grande diferença está na própria característica dispersa dos assentamentos humanos rurais, desinteressante para a indústria da construção civil por inviabilizar a produção em escala. Relaciona-se a isto uma terceira grande diferença: o programa rural opera exclusivamente com a mediação de entidades organizadoras, ao contrário do programa urbano, dominado pela produção sem demanda específica – e totalmente voltada ao mercado – através da modalidade Construtoras. Estas diferenças evidenciam que os programas têm formulações bastante distintas, e que, possivelmente, terão resultados diferentes quanto à dinâmica espacial que engendram.

A baixa produção acadêmica sobre o PNHR justifica-se quando observado o seu pequeno volume de produção habitacional, se relacionado com a totalidade do PMCMV. Enquanto a meta física do PMCMV é de 2 milhões de moradias (BRASIL, 2009), a meta do PNHR é de apenas 3% deste total, 60.000 unidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012). Porém, é interessante relacionar este dado ao déficit habitacional rural brasileiro, que, em 2010, era de 1.055.163 unidades, correspondente a 15,2% do déficit total (IBGE, 2010). Estas características, assim como as demais comparações com o programa urbano, fazem do PNHR um interessante objeto de análise, que pode trazer contribuições a uma compreensão global do programa habitacional do governo federal.

Junto ao PNHR, destaca-se a produção habitacional intermediada por um tipo de entidade organizadora, as cooperativas habitacionais.

2 COOPERAÇÃO NO PMCMV

2.1 Cooperativismo

Desde as suas origens, no século XIX, a prática cooperativa e o pensamento associativista desenvolveram-se como alternativas às práticas excludentes do capitalismo industrial nascente (SANTOS, 2003, p. 29). A partir da análise da cooperativa de Rochdale, grupo fundador do

¹ (FERREIRA, 2012), (RODRIGUES, 2013), (ARANTES, 2009), (MENDONÇA e COSTA, 2012).

² (BOLTER, 2013)

³ Para os pequenos produtores que não são proprietários, o governo disponibiliza o Programa Nacional de Crédito Fundiário, linha de crédito para financiamento da compra de terras em até R\$80mil com baixos juros, sem subsídios a fundo perdido.

cooperativismo moderno, Singer (2003) aponta “que o modo de produção capitalista apresenta brechas que podem ser aproveitadas para organizar as atividades econômicas por princípios totalmente diferentes dos capitalistas”, e que “não é necessário isolar-se da economia dominante capitalista para desenvolver formas socialistas de distribuição e, eventualmente, de produção” (SINGER, 2003, p. 112). Os integrantes da cooperativa, ao mesmo tempo em que são proprietários, são também trabalhadores; por isso, a finalidade básica não é maximizar os lucros, mas garantir a quantidade e a qualidade dos trabalhos (SINGER, 2003, p. 71). Até hoje, as cooperativas seguem sendo opções viáveis de atuação pois “estão organizadas de acordo com princípios e estruturas não capitalistas e, ao mesmo tempo, operam em uma economia de mercado” (SANTOS, 2003, p. 31).

As cooperativas habitacionais surgem no Brasil em 1964, junto com o BNH; porém, só iniciariam de fato em 1966, quando é lançado o Programa das Cooperativas Habitacionais Operárias, que regulamenta seu funcionamento (SILVA, 1992). Em seu relato sobre a experiência das cooperativas no BNH, Silva pondera sobre sua função, que oscilava entre a atuação como “microcentros de poder na reprodução e legitimação dos projeto político hegemônico”, e a possibilidade de serem “revertid[a]s em instrumentos de luta na defesa dos interesses dos cooperativados, na medida da ampliação de sua consciência social” (p. 117): “até certo ponto, e guardados determinados limites, uma organização do tipo cooperativista é um espaço vazio, ou seja, uma forma de organização que se presta a vários fins, podendo ser preenchida de diversas maneiras” (SILVA, 1992, p. 69).

Para este estudo, foram analisados os dados de produção habitacional de uma cooperativa que atua no sul do Brasil junto aos agricultores familiares, que será chamada aqui de Cooperativa, e que tem se destacado pelos altos números de sua produção⁴. A Cooperativa existe desde 2001, já tendo produzido mais de 41 mil moradias no campo do sul do Brasil, e hoje atua como Entidade Organizadora junto ao PNRH/PMCMV.

2.2 Organização interna e produtividade

Hoje a Cooperativa atua em cerca de 320 municípios no sul do Brasil, em parceria com sindicatos e associações da agricultura familiar; são 80 municípios no Paraná, 120 em Santa Catarina e 120 no Rio Grande do Sul.

Deve ser destacar a eficiência e racionalização dos procedimentos de organização interna da Cooperativa. A menor unidade organizativa é o município, onde se localiza o coordenador municipal, que é a conexão direta entre a cooperativa e os agricultores e geralmente é indicado pelas sedes do sindicato ou cooperativa de crédito local. Estes coordenadores alimentam uma plataforma online, disponibilizando na rede desde os dados pessoais de cada agricultor interessado em construir sua casa – CPF, estado civil, renda, número de integrantes da família etc. –, até as fotografias das etapas de obra sob gerenciamento da Cooperativa, assim como as fotografias da obra finalizada. Esta plataforma permite a geração de diversos relatórios que auxiliam, por exemplo, nas negociações junto aos órgãos federais para solicitação de mais unidades para a demanda concreta. Além disso, permite o armazenamento de cópias digitais dos documentos de todos os beneficiários, tornando as buscas de informação bastante ágeis. O projeto arquitetônico da unidade habitacional é escolhido por cada família entre os 18 modelos prontos, e no caso de reformas os desenhos são feitos individualmente pelos profissionais e estagiários contratados. O acompanhamento das obras é feito por amostragem, devido ao grande número de unidades sob sua gerência, e a forma de produção é de base doméstica: os agricultores são fortemente incentivados a trabalharem na própria obra, em autoconstrução, com a eventual contratação de um pedreiro.

⁴ A identidade da cooperativa será preservada.

Atualmente a sede-matriz da Cooperativa possui 35 funcionários contratados, entre eles: contador e equipe, administração, engenheiros, arquitetos, assistentes sociais, assessores jurídicos e jornalistas. Já nas 3 filiais estaduais são 10 funcionários em cada: coordenador estadual, arquitetos, assistente social, secretária, analista e estagiários de engenharia ou arquitetura. Todos os funcionários são contratados formalmente e recebem o piso salarial da categoria. A receita da Cooperativa é obtida através da taxa de associação, equivalente a um salário mínimo, paga pelo cooperado uma única vez ao ingressar na organização.

A contar desde sua fundação, a média anual de produção da Cooperativa é de 3 mil unidades habitacionais, uma média alta se comparada a outras entidades populares. Inclusive, desde o início do PMCMV há um aumento crescente na produção da entidade, conforme aponta a tabela 1:

	2001 até 2009	2010	2011	2012	2013	total
PR	-	257	552	942	1848	
SC	-	207	967	872	1753	
RS	-	194	679	1192	996	
total	31.029	658	2198	3006	4597	41.488

Tabela 1: unidades habitacionais produzidas por mediação da COOPERATIVA. Fonte: COOPERATIVA (2013) e HABIS (2011).

3 CONCLUSÕES

Apesar de ainda recente, já é possível realizar análises parciais da produção de habitações rurais vinculadas ao PMCMV, com vistas a compreensão da sua dinâmica.

Se o PMCMV nas áreas urbanas tem suscitado críticas por privilegiar o desenvolvimento econômico do setor da construção civil, o PNHR, devido às particularidades de sua estrutura de funcionamento, deveria incentivar formas mais interessantes de produção. Até mesmo por sua “invisibilidade” no que se refere à mobilização de recursos públicos, que não chega a 1% do montante mobilizado pelo programa urbano, poderia-se dizer que o PNHR é potencialmente um território livre, para experimentação de novas formas de produção habitacional, para avanço nas experiências de cooperação e aperfeiçoamento de relações de produção associativas.

Avançando nesta hipótese, algo a se observar a este respeito é a limitação imposta pelas regras do financiamento, segundo a qual apenas 15% do valor pode ser aplicado na contratação de mão-de-obra, e que acaba impondo a utilização do modo de produção doméstico⁵, a autoconstrução. Isto poderia ser entendido como uma brecha para a produção cooperada, com um retorno quase bucólico ao mutirão rural?

Porém, tendo em vista a dinâmica observada na produção das habitações pela cooperativa, é cada vez menos provável que haja uma intenção de tirar partido uma brecha dentro dos poros do capitalismo, como Singer nos sugere. Quanto à autoconstrução, deve-se investigar até que ponto não se trata de apenas um triste caso correlato da superexploração do trabalhador assalariado urbano, que da mesma forma não tem outra saída a não ser a autoconstrução; em tempos de uma nunca antes vista abundância de recursos para a produção habitacional como é o PMCMV, até mesmo para o meio rural, pode-se considerar aceitável o modo de produção doméstico como regra?

Quanto à produtividade, como manter e alimentar as relações de produção cooperadas junto com a necessidade de mostrar os números para mater a *máquina* de uma cooperativa desta escala? Novamente pode-se esboçar um paralelo entre o rural e o urbano, desta vez em relação ao objetivo final: o privilégio do ciclo de reprodução do capital. No caso rural, as cooperativas

⁵ Conforme trabalhado por Jaramillo (2006).

que têm atuado como entidades organizadoras devem ser eficientes operadoras do mecanismo, mas em nenhum momento são incentivadas a recuperar as relações de cooperação na produção.

E, inexoravelmente, quando se perdem as relações de cooperação, afasta-se ainda mais da possibilidade de construção de um ambiente sustentável. Não apenas pela impossibilidade de se contemplar a sustentabilidade ambiental, o que requereria a observação dos princípios do baixo impacto ambiental – adequação regional e climática, por exemplo. Mas também por estar ignorando a própria sustentabilidade social, já que as relações que se constroem neste processo se dedicam apenas a reproduzir o ciclo de reprodução do capital.

REFERÊNCIAS

Abramovay, Ricardo. *O futuro das regiões rurais*. Porto Alegre, Editora da UFRGS: 2003.

arantes, Pedro. *Paredes de concreto para as casas da periferia: novo crime das empreiteiras*. Correio da Cidadania, 17 de Setembro de 2009. Disponível em: <http://www.correiocidadania.com.br/>. Acessado em 03/08/13.

Bolter, Jairo. *Interfaces e cogestão nas políticas para agricultura familiar: uma análise do Programa Nacional de Habitação Rural*. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural) - Faculdade de Ciências Econômicas, UFRGS, Porto Alegre, 2013.

Brasil. *Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009*. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Brasília, DF, 2009.

Caixa Econômica Federal. Superintendencia Nacional de Habitação Rural. Planilha de dados enviada por email perante solicitação. Brasília, DF, 2013.

Cooperativa. *Relatório Social 2013*. Cooperativa, 2014.

Habis. *Filmagens do "II Colóquio Habitação e Sustentabilidade", disco 08*. São Carlos, 2011a.

Habis. *Filmagens do "II Colóquio Habitação e Sustentabilidade", disco 09*. São Carlos, 2011b.

Ferreira, João Sete Withaker. (coord.) *Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano*. São Paulo: FUPAM, 2012.

IBGE. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>. Acesso em 03/08/13.

IBGE. Censo demográfico 2000. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_brasil_zip.shtm. Acesso em: 08/06/14.

IBGE. *Censo demográfico 2010*. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 03/08/13.

Jaramillo, Samuel. *Las formas de producción del espacio construido en Bogotá*. 1982.

Ministério Das Cidades. *Portaria nº 406, de 2 de setembro de 2011*. Regulamenta o Programa Nacional de Habitação Rural - PNHR. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Brasília: DF, 2012.

Ministério Do Desenvolvimento Agrário. *O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil*. 2009. Disponível em: http://www.faser.org.br/publicacao.php?id_publ=21

Oliveira, Ariovaldo Umbelino. *Modo de Produção Capitalista, Agricultura e Reforma Agrária*. São Paulo: FFLCH, 2007.

Santa Catarina. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural. *Levantamento Agropecuário Catarinense 2002-2003*. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/>. Acesso em: 03/08/13.

Santos, Boaventura de Souza. *Produzir para viver*. Porto: Afrontamento, 2003.

Silva, Ademir Alves. *Política social e cooperativas habitacionais*. São Paulo, Cortez: 1992.

Silva, Cecília Graziano. *Habitação rural: uma luta por cidadania*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). USP, São Paulo, 2014.

Singer, Paul. A recente ressurreição da economia solidária no Brasil. In: SANTOS, Boaventura de Souza. *Produzir para viver*. Porto: Afrontamento, 2003.

Valadares, Alexandre Arbex. *O gigante invisível: território e população rural para além das convenções oficiais*. Brasília: IPEA, 2014.

Veiga, José Eli. Nem tudo é urbano. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 56, n° 2, abr./jun. 2004.

Condicionantes de projeto para as instalações provisórias em canteiros de obras na cidade de São Paulo

Adriana Gouveia Souza Rodrigo

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo-SP, Brasil.
adriana_rodrigo@hotmail.com

Danielle Gazarini

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo-SP, Brasil.
daniellegazarini@gmail.com

Francisco Ferreira Cardoso

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo-SP, Brasil.
francisco.cardoso@poli.usp.br

ABSTRACT: Improve the quality of temporary facilities for construction sites is important both in terms of habitability; and in terms of durability in the assembly, disassembly and reuse. This research is embedded in the thematic project funded by the *Financiadora de Estudos e Projetos* (FINEP), which is entitled: Technologies for sustainable in the construction sites of social housing. This paper aims to present the results of a survey about the main constraints for temporary facilities design, in construction sites, in the São Paulo City. To this end, we analyze eight construction sites, and some aspects of the suppliers of these facilities. The results showed that there is typical requirements of these facilities, and the configuration turns according to the phases of the works. We analyze other aspects: constraints of land, procedures for project, typologies, costs and disposal.

Keywords: construction site, temporary facilities, sustainable construction.

RESUMO: Incrementar a qualidade das instalações provisórias para canteiros de obra é importante tanto em termos de habitabilidade (por abrigarem atividades de permanência prolongada); quanto em termos de durabilidade, na montagem, desmontagem e reutilização. Esta pesquisa está inserida no projeto temático financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), que se intitula: Tecnologias para canteiro de obras sustentável de habitação de interesse social. O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de um levantamento sobre as principais condicionantes de projeto para as instalações provisórias, típicas da cidade de São Paulo. Para tanto, foram utilizadas oito obras como referência; além disso, foram analisados alguns aspectos da cadeia produtiva dos fornecedores destas instalações. Os resultados demonstraram que existe um programa de necessidades típico para as instalações provisórias, e que a sua configuração se transforma em função das fases das obras. Outros aspectos estudados foram: condicionantes dos terrenos, procedimentos para o projeto, tipologias, custos e destinação final.

Palavras-chave: canteiro de obras, instalações provisórias, construção sustentável.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a NR-18, um canteiro de obras é a área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e de execução de uma obra. Birbojm e Souza (2002) descrevem instalações provisórias como construções temporárias utilizadas para abrigar as operações de apoio e execução da obra e que serão removidas do local após a sua utilização; e que podem ser divididas entre internas e externas.

As normas NR-18 e NBR-12284 explicitam as áreas obrigatórias de apoio, que devem dispor de, no mínimo: instalações sanitárias, vestiário, alojamento, local de refeições, cozinha (caso haja preparo de refeições), lavanderia, área de lazer e ambulatório (quando a frente de trabalho possuir mais de 50 trabalhadores). Este artigo trata também como instalação provisória as áreas de escritórios nas obras (não contempladas nas normas supracitadas). Não é escopo deste artigo listar parâmetros destas normas, e tampouco auditar as obras visitadas segundo estas normas, mas caso alguma negligência em relação à NR-18 fosse encontrada nos canteiros, estas seriam citadas no presente artigo.

No levantamento realizado identificaram-se as principais condicionantes de projeto para as instalações provisórias, típicas da cidade de São Paulo. Entende-se por condicionante de projeto, as condições específicas encontradas nas obras visitadas com potencial para tornarem-se diretrizes de projeto: dimensões máximas, organização interna dos ambientes, identificação de necessidades de ampliação, dentre outras.

Said e El-Rayes (2013) destacam que canteiros de obras congestionados como os terrenos urbanos, frequentemente, não tem espaço exterior suficiente para acomodar todas as instalações provisórias, sendo necessária a utilização do interior dos edifícios.

Neste artigo optou-se por identificar uma situação típica para, a partir daí, criar módulos, que permitam a padronização dos sistemas construtivos e a customização instalações provisórias. Este sistema pode permitir alguma customização, mas não a total liberdade de criação, conceito discutido por Rocha (2011) – customização em massa.

Dias e Serra (2013) apresentam as principais tecnologias construtivas para instalações provisórias e destacam a importância de que sejam sustentáveis não só sob ponto de vista ambiental como social. Saurin e Formoso (2006) destacam que más condições de trabalho, normalmente, também estão associadas aos desperdícios em termos de energia, água e materiais. Wallbaum, *et al.* (2012), criam um sistema de 10 indicadores de sustentabilidade que permitiram comparar as diferentes tecnologias para instalações provisórias, conclui que a produção local e o uso de materiais de base biológica, como o bambu, impõem uma grande vantagem sobre as demais tecnologias. As tecnologias mais tradicionais têm muito a desenvolver, sobretudo em termos de padronização e flexibilidade.

Do ponto de vista ambiental, a não reutilização das instalações provisórias é inaceitável. Arslan (2007) fala da importância da reutilização e montagem rápida de instalações provisórias, embora referindo-se a outro tipo de instalação provisória (casas construídas pós desastres), suas observações são pertinentes aos canteiros de obras.

Enquanto as obras vão sendo executadas, o canteiro assume características e formas especiais, caracterizado pelas diversas fases das obras. Observa-se que durante as mudanças de fases, as instalações provisórias, muitas vezes, são construídas, ampliadas e posteriormente demolidas, gerando uma quantidade de entulho e desperdício de material e energia. Identificar estas fases e quais as mudanças que ocorrem em cada uma delas, também foi objeto do estudo deste artigo.

O levantamento realizado possibilitou, ainda, a identificação das possibilidades de se utilizar o mínimo de áreas para constituição dos ambientes, evitando desperdício de espaço, que se reflete em desperdício de material.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de um levantamento sobre as principais condicionantes de projeto para as instalações provisórias, típicas da cidade de São Paulo.

Este levantamento subsidiou o desenvolvimento de um projeto de contêiner metálico para instalações provisórias (não contido neste artigo).

3 METODOLOGIA

Foram realizadas duas visitas a obras com caráter exploratório. A partir daí foi elaborado um roteiro de visita aos canteiros de obras e para a realização de entrevistas.

Para realização das entrevistas e visitas de campo, foram selecionadas cinco grandes empresas construtoras da cidade de São Paulo; cada uma delas indicou uma ou duas obras para serem visitadas, conforme o tipo de instalação provisória utilizada. Por exemplo, uma das empresas indicou duas obras para serem visitadas, pois uma era em aço e a outra em madeira; outra empresa indicou três obras, pois possuía um sistema inovador que foi sendo melhorado, progressivamente, obra a obra e as visitas mostravam esta evolução. Dessa forma foram visitadas oito obras na cidade de São Paulo.

Foram entrevistados cinco responsáveis pelos canteiros de obras (em casos de visitar mais de uma obra de uma mesma empresa, o responsável pelo canteiro era o mesmo engenheiro). Em duas das entrevistas estavam presentes, também, representantes das empresas fornecedoras das instalações provisórias.

Os principais tópicos levantados nestas visitas e entrevistas foram:

- (1) Identificação da quantidade de trabalhadores por fase das instalações provisórias.
- (2) Caracterização das instalações provisórias por tipologia construtiva
- (3) Razão das escolhas das tipologias das instalações provisórias.
- (4) Programa de necessidades
- (5) Implantação das instalações provisórias no terreno.
- (6) Procedimento para projeto do canteiro e responsável por este projeto.
- (7) Destinação das instalações provisórias ao final da obra.

Optou-se pela análise cruzada das informações obtidas em cada caso, objetivando encontrar os pontos comuns, divergentes e que permitam generalizações. A análise cruzada das visitas foi embasada no método de estudo de caso, conforme descrito em Yin (2005).

Paralelamente às visitas às obras, foram realizadas quatro visitas aos fabricantes de instalações provisórias (um em madeira, dois em aço padrão comum e por último um fabricante de módulos de aço de desempenho melhorado). Estas visitas tiveram um caráter exploratório. O levantamento junto aos fabricantes, permitiu que identificássemos os principais fornecedores de componentes para os fabricantes das instalações provisórias, informações importantes para o desenvolvimento do projeto do módulo metálico em aço.

O mapeamento do setor vem sendo complementado por medições em campo que indicam os desempenhos térmicos e acústicos das instalações de madeira e das instalações metálicas (os estudos térmicos e acústicos não farão parte desse artigo).

4 RESULTADOS OBTIDOS NAS ENTREVISTAS E VISITAS ÀS OBRAS

As seguintes obras serão analisadas, conforme mostra a Tabela 1.

Reparar que a obra B1, da empresa B, tem uma área de terreno muito maior que as demais, por tratar-se do maior empreendimento da cidade de São Paulo no ano de 2013, ela está dividida em 12 subempreendimentos, que tem inícios em tempos diferentes (as análises que seguem, quanto a fases da obra, duração e funcionários, se referem a um subempreendimento apenas). Cada subempreendimento tem uma instalação provisória própria.

Tabela 1. Empresas construtoras e obras correspondentes estudadas nesta pesquisa.

Empresa	Obras	Nome do empreendimento	Área do Terreno (m ²)	Quantidade de edifícios	Número de andares	Número de unidades
A (Cyrela)	A1	TempoBello	2.500	1	27	260
	A2	HomeBoutique	2.029	1	27	185
B (Tecnisa)	B1	JardimPerdizes	250.000	30	29 (média)	-
C (CCDI)	C1	TheParker	17.462	3	25	246
	D1	Vallorebras	7.000	2	25	400
D (PDG)	D2	PraçaDesign	2.500	1	16	44
	D3	Aquarella Pari	7.600	2	18	296
E (Even)	E1	ArtPompeia	3.810	2	8	127

4.1 Fases das obras e pessoal

Para Souza (2000) a primeira fase, movimento de terra e fundações, é normalmente marcada pela presença de subempreiteiros donos dos equipamentos e que não necessitam de alojamento, esta fase demanda poucas construções provisórias no canteiro. Nas fases seguintes as demandas por espaços de armazenagem e áreas de vivência aumentam, há de se pensar nos acessos para materiais, especialmente para realização das estruturas.

Em geral, as empresas visitadas utilizam, em um primeiro momento (Fase 1), contêineres de aço simples para as instalações provisórias. Após as escavações e primeiras movimentações do solo, há preferência para as instalações feitas em madeira, que possuem maior flexibilidade em relação à movimentação do canteiro e têm um custo menor (Fase 2). Em um terceiro momento, já na fase final da obra, é comum que parte das instalações provisórias migrem para dentro da área construída (Fase 3 - nem todas as obras visitadas, consideram necessária esta fase). Quanto à quantidade de trabalhadores, é variável conforme o tamanho da obra em questão. A Tabela 2 mostra a duração de cada fase e o número de funcionários, lembrando que nesta tabela considerou-se apenas operários e não funcionários administrativos.

Tabela 2. Fases das obras: duração e número de funcionários

Obras	A1 e A2			B1			C1		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Duração (meses)	3 a 4	NI*	NI	3 a 4	18 a 24	6 a 12	2	NI	2
Nº de funcionários	10	100	200	35	400**	400**	35	450	NI

Obra	D1		D2		D3		E1	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Duração (meses)	1	24	1	20	1	24	9	14
Nº de funcionários	NI	260	NI	175	NI	420	NI	180

*NI – Não Informado; **número de funcionários por cada subempreendimento (em 2015, espera-se 3.000 funcionários no total).

O faseamento da instalação provisória é necessário, pois as instalações provisórias em madeira levam de 1 a 2 meses para serem construídas, assim, se faz necessário que algo ainda mais provisório seja construído no decorrer destes meses, normalmente opta-se por contêineres metálicos simples que ficam pronto para uso dentro de poucos dias, ou até mesmo horas.

O engenheiro das obras D1, D2 e D3 manifestou o desejo de que este faseamento pudesse não ocorrer, já que a instalação provisória da fase 1 representa um trabalho a mais (desmobilizar a instalações da fase 1). Além disso, nos terrenos muito pequenos (comum na cidade de São Paulo) é difícil de montar a nova estrutura com os contêineres da fase 1 ocupando um espaço considerável, além de representar um risco de segurança desnecessário. O mesmo engenheiro considera desnecessária a desmobilização antes do fim da obra, eliminando, portanto, a terceira fase para as instalações provisórias.

A terceira fase é vista como indispensável pelos engenheiros das obras A1, A2 e B1, por considerarem impossível terminar os trabalhos sem a desmobilização da instalação provisória (segundo os mesmos, sempre tem algum trabalho ali, o mais comum é a instalação de brinquedos infantis ou áreas de lazer, churrasco etc). As obras C1 e E1 já fazem uso das áreas internas do edifício, a partir da fase 2, sendo que na obra E1 todas as instalações provisórias são internas e na C1 apenas o refeitório é interno, durante as fases 2 e 3.

Nas entrevistas destacou-se que normalmente o que condiciona a necessidade ou não da instalação da fase 3 é o que será construído sob a instalação provisória da fase 2, então, por exemplo, quando a instalação é construída sobre um futuro jardim pode ficar até o fim da obra, mas se sob ela tiver alguma obra a ser realizada, mesmo que pequena, surge a necessidade de transferência das instalações provisórias para debaixo das lajes.

4.2 Caracterização das Instalações provisórias

A tabela 3 ilustra as principais tipologias de instalações provisórias encontradas, a Fase 2 foi tratada como tipologia principal, por ser a que permanece mais tempo na obra.

Table 3. Tipologias construtivas das instalações provisórias.

Empresa	Fase 1	Fase 2	Fase 2 (principal)		
			Contratação	Custo total (R\$/m ²)	Custo por obra (R\$/m ²)
A	Contêiner chapa dobrada	Madeira	Comprada	325	175
B	Contêiner chapa dobrada	Madeira	Fabricação própria	350	350
C	Contêiner chapa dobrada	Madeira	Comprada	240	240
D	Contêiner chapa dobrada	Madeira com estrutura metálica	Comodato	-	400
E	Contêiner chapa dobrada	Estrutura metálica (sem teto) e PVC.	Alugada	-	210

A tipologia construtiva da fase 3 não consta nesta tabela, por tratar-se de uma improvisação nas áreas internas do edifício, normalmente se utilizam restos da instalação da fase 2.

A fase 1 é se caracterizada por dois a três contêineres simples, normalmente estes contêineres são montados deixando um vão de 2 metros entre cada contêiner, esse espaço é coberto e utilizado como vestiário, local para pendurar toalhas ou refeitório (Figura 1). O cumprimento da NR-18 nessa fase fica comprometido, observamos falta de armários, refeitórios improvisados, e revestimentos de vestiários inadequados. As Figuras 2 e 3 ilustram os sistemas construtivos mais comuns nas instalações provisórias da Fase 2.



Figure 1. Instalação provisória – Fase 1: espaço entre contêineres metálicos simples.



Figure 2 e 3. Instalação provisória – Fase 2: madeira (esquerda) e madeira com estrutura em aço (direita).

Nota-se que a empresa “A” compra a instalação provisória para a fase 2, porém a empresa fornecedora faz um serviço de reuso em outra obra, pagando uma taxa pelo serviço de desmontagem/montagem, por isso, o custo por obra tende a ser mais baixo que o custo para a primeira compra (máximo 3 reusos).

A tipologia apresentada na Figura 2 é a mais comum no mercado, existem vários fornecedores deste tipo de instalação. Destaca-se pela modularidade precária e customização excessiva, por exemplo, nas entrevistas nos foi dito haver mais de 100 módulos possíveis para portas e janelas, ou seja, as possibilidades são tantas que, praticamente, não há padronização alguma. Esse tipo de solução dificulta o desenvolvimento tecnológico destas instalações, já que o trabalho acaba sendo muito mais artesanal do que racionalizado. Destaca-se, ainda, que a modulação dos painéis muitas vezes se desvincula da largura da chapa (1,20m), gerando cortes de desperdício de materiais.

A empresa “D” aluga a sua instalação provisória em regime de comodato, e tem uma forte parceria com a empresa que desenvolve o sistema construtivo inovador, assim o preço que nos foi passado é apenas uma referência que tende a diminuir com o passar do tempo (nesse custo estão inclusos também uma parte dos custos para criação do sistema).

A empresa “E” alugou as instalações provisórias, para a fase 2, esse caso é atípico, pois a fase 2 se localizou no interior do edifício e ali permanecerá até o final da obra. Tratam-se de meras divisórias de PVC estruturadas em aço. A empresa reforçou que este não é o seu padrão, porém nessa obra optaram por fazer dessa forma, aproveitando um espaço de caixão perdido.

A empresa “D” foi a única que disse realizar testes de segurança estrutural e contrafogo para as instalações provisórias. A empresa “E” recebeu uma proposta comercial onde constou que testes de segurança contra incêndio (propagação das chamas nas chapas de PVC) foram realizados. As demais não se preocuparam com isso.

4.3 Escolhas das tipologias das instalações provisórias.

O uso do contêiner simples de chapa dobrada, sem tratamento térmico e acústico, não é nem cogitado para a segunda fase (por nenhuma empresa), pois traria um grande incômodo aos trabalhadores, sendo a estrutura em madeira mais confortável mesmo não sendo completamente adequada. De maneira geral o contêiner simples de chapa dobrada é visto como provisório e mesmo com ar-condicionado não é confortável segundo os entrevistados.

O contêiner de aço com desempenho superior (sobretudo devido aos vedos com componentes que o isolam termicamente do ambiente exterior) foi visto como muito caro, por todas as empresas entrevistadas. Além disso, as empresas alegam que caso o contêiner fosse comprado, não haveria local para guardá-lo enquanto ele não estivesse em uso e pagar aluguel durante toda a obra poderia ficar muito caro.

Todas as empresas citaram o fato da instalação em madeira ter um custo menor que a instalação em aço (com desempenho equivalente). A adaptabilidade das instalações em madeira, embora citada como vantajosa pelos entrevistados, na prática vê-se situações bastante difíceis. A Figura 4 mostra uma obra para ampliação de um vestiário, vê-se uma adaptação de alvenaria dentro da instalação de madeira, reforçando a falta de modularidade e padronização já comentados, e o improviso artesanal possibilitado por tipo de instalação.



Figure 4. Obra para ampliação de banheiros em uma instalação provisória em madeira.

Outros condicionantes na tomada de decisão para o sistema construtivo foram: o serviço de montagem, desmobilização e, em alguns casos, até a transferência para outra obra, que a empresa fornecedora da instalação madeira oferece. O fornecedor parceiro da empresa “D” oferecia inclusive um sistema de manutenção e limpeza diária.

4.4 Programa de necessidades

Quanto ao programa de necessidades, observa-se que existe um programa padrão, sobretudo as áreas de vivência e higiene, que são obrigatórias pela NR18, NBR12284 e NR24. As áreas de escritório não são padronizadas por nenhuma norma e existe uma variabilidade muito grande caso a caso. Existem ainda várias adaptações dos ambientes para melhora da sustentabilidade do projeto.

O programa padrão, observado nas obras, compreende as seguintes áreas de vivência e higiene: vestiários, sanitários, refeitório, bebedouros e tanque nas áreas externas, ambulatório; e as seguintes áreas para escritórios: engenheiros (mesa ou sala fechada), mesas para técnicos e estagiários, sala de reunião, armários, mesa de apoio e impressoras, banheiro, sala do encarregado com prancheta e banheiro (mais próxima da obra), almoxarifado com mesa para almoxarife; e ainda, guarita e relógio de ponto próximo à entrada. Os escritórios têm ar condicionado. Somente em uma das obras encontram-se vestiários e sanitários femininos, estes bem menores que os masculinos.

Outras áreas encontradas (em algumas obras) foram: recepção, sala de reunião grande com infraestrutura de projetor e sala de atendimento ao cliente (arquitetura e personalização). No caso da obra maior (maior empreendimento de São Paulo) encontra-se também: auditório, salas de aula, sala de projetos, sala blindada, múltiplas salas de reunião e cozinha completa.

Foram identificadas necessidades ligadas ao marketing, segurança e sustentabilidade: refeitórios reversíveis em espaço para cursos - com TV de plasma e aparelho de projeção para palestras; equipamentos antirroubos e antivandalismo; pintura externa das instalações provisórias; chuveiro com aquecimento a gás; lâmpadas de PET; reutilização de água do banho

para vaso sanitário; reutilização de água do lavatório nos mictórios; depósito de lâmpadas fluorescentes queimadas; e cisternas para captação da água da chuva.

A funcionalidade dos espaços construídos; o melhor aproveitamento dos espaços evitando a ociosidade; área de circulação reduzida; e divisórias internas somente quando necessárias, são fatores que fazem parte das necessidades das empresas.

4.5 Implantação

As principais condicionantes de implantação das instalações provisórias observadas nas visitas foram:

- Tamanho e forma do terreno (terrenos restritos, com pouca área livre).
- Subsolo com escavação, fazendo com que as instalações provisórias, passem meses confinadas em um corredor lateral – deve-se optar por áreas de recuos obrigatórias.
- Deve-se considerar que neste corredor lateral também será instalado o estande de vendas, as áreas de montagem de fôrma e estocagem de materiais.
- Normalmente, o estande de vendas é de responsabilidade da equipe de incorporação e não da equipe de obra. O estande já está implantado quando a equipe de obra inicia os primeiros trabalhos (ou seja, as instalações provisórias ficam com a área residual).
- Definição do local das instalações enterradas definitivas, que devem ser executadas antes da montagem das instalações provisórias.
- A localização das instalações provisórias depende da cota da saída de esgoto, e preferencialmente devem estar próximas das entradas de água e energia.
- Onde não há esgoto fazem uma fossa provisória e contratam um limpa-fossa.
- A entrada para caminhões deve ficar no ponto mais baixo do terreno para evitar rampas (as instalações provisórias devem considerar este fator).
- Desde o início, deve-se considerar a estimativa do efetivo máximo da obra (para o planejamento das adaptações).
- O projeto deve conter o mobiliário (*layout* dos ambientes).

4.6 Procedimento para projeto do canteiro

As instalações provisórias fazem parte dos canteiros e são de responsabilidade da mesma pessoa ou departamento que executa o projeto do canteiro como um todo. Normalmente, as empresas construtoras elaboram um projeto de instalação provisória para cada nova obra (há pouca ou nenhuma padronização de projeto mesmo em terrenos similares -caso das obras A1 e A2, por exemplo).

Na empresa “A” não há um responsável formal, o engenheiro coordenador das primeiras fases das obras (até a primeira laje), organiza o canteiro na fase 1 e na fase 2. Na fase 3 este trabalho é de responsabilidade de um outro coordenador. Na empresa “B” há uma equipe que faz projeto de canteiro e inicia seus trabalhos desde a incorporação (evitando entrar depois do estande de vendas). Na empresa “C” até o momento o responsável é o engenheiro da obra, embora exista uma engenheira de qualidade que está elaborando a padronização a ser seguida por todas as obras. Na empresa “E” o responsável é o engenheiro da obra, embora exista uma padronização das tecnologias construtivas possíveis. No caso da empresa “D” a situação é melhor, por tratar-se de uma tecnologia inovadora, o gerente de operações (que cuida de todas as obras) está coordenando o projeto, porém todos os engenheiros de obra estão opinando acerca de melhorias, programa de necessidades e áreas dedicadas a cada função, de forma que se chegue num consenso sobre um modelo padrão a ser adotado por todas as obras, com poucas modificações.

4.7 Destinação final

No caso das estruturas e vedações de madeira, embora a reutilização seja possível, nota-se que somente a empresa “A” tenta viabilizá-la e segundo a entrevista nem sempre consegue, e quando consegue, reutiliza somente algumas partes. Vale salientar que as instalações hidráulicas, tubulações e fiações dificilmente serão reaproveitadas.

As instalações em aço possuem vida útil muito maior, podendo ser reutilizadas inúmeras vezes apenas com manutenção (segundo uma das fabricantes de container simples de chapa dobrada, um mesmo container pode ser utilizado até 20 vezes, mediante manutenção). Ao final da vida útil, quando chega a apresentar algum dano estrutural, o contêiner pode ser totalmente reciclado, pois o aço é reciclado sem qualquer perda da sua qualidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados colhidos nas visitas às obras e aos fabricantes proporcionou determinar uma instalação provisória típica dos canteiros, sob o ponto de vista da forma (normalmente restrita ao recuo obrigatório), da funcionalidade (ligação entre os ambientes, conforto ambiental) e das conexões com as redes de infraestrutura (água, esgoto, energia, etc.).

A criação de um sistema único de instalação provisória, que possa ser aproveitado em todas as fases da obra, de montagem rápida e confortável, e que possa ser reutilizado em outras obras, representa uma necessidade iminente no setor da construção civil.

Verificou-se que as empresas construtoras, na maioria dos casos, elaboram um projeto diferente para cada obra (com total liberdade de criação das instalações provisórias). Não se aproveita o mesmo projeto mesmo em casos de terrenos com condições muito similares. Os fornecedores de instalações provisórias, igualmente, pouco trabalham com padronizações e mesmo a modulação é precária. Estas condições acarretam um considerável sobrecusto às instalações provisórias; geração excessiva de resíduos; e dificulta a gestão dos canteiros (dadas as inúmeras adaptações que ocorrem no decorrer do período das obras). É marcante a possibilidade de o projeto das instalações provisórias ser padronizado e modular, permitindo alguma customização, mas não a total liberdade como é feito hoje.

Inúmeros autores discorrem sobre modelos computacionais e matemáticos criados para organização dos canteiros de obras, dentre eles podemos citar Andayesh e Sadeghpour (2013) e Karan e Irizarry (2015). Ao analisar aos resultados destes trabalhos, percebe-se que tratam as instalações provisórias como se pudessem ter qualquer tamanho. Questões como modulação e padronização industrial dos sistemas construtivos destas áreas pouco são levadas em conta. Existe uma oportunidade de desenvolvimento de trabalhos futuros que juntem estas tecnologias computacionais a um modelo padronizado e customizável de instalação provisória.

Quanto aos módulos metálicos existentes, identificou-se que são genéricos e não projetados especificamente para o caso das instalações provisórias em canteiros de obras. Nota-se aí uma lacuna de mercado, já que um produto que atendesse as normas e fosse específico para o caso dos canteiros de obras geraria economia de custos, tempo e dos espaços internos.

Salienta-se a importância dos resultados apresentados no presente artigo, que propiciaram a elaboração de um projeto de instalação provisória modular em aço (que será apresentado em artigo futuro), que respondesse as principais condicionantes encontradas.

REFERÊNCIAS

Andayesh M.; Sadeghpour, F. 2013. *Dynamic site layout planning through minimization of total potential energy*. In: Automation in Construction V.31 (2013) p. 92–102

- Arslan, H. 2007. *Re-design, re-use and recycle of temporary houses*. In: Building and Environment, Philadelphia, Building and Environment, v. 42. P. 400-4006.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas. 1991. *Áreas de vivência em canteiros de obras* (NBR-12284). Rio de Janeiro: ABNT.
- Birbojm, A.; Souza, U. E. L. 2002. *Construções temporárias para o canteiro de obras*. São Paulo: EPUSP, 42p.
- Dias, C. M.; Serra, S. M. B. 2013. *Overview of Technological Industrialized Solutions for Temporary Facilities in Construction Sites*. In: Anais - Portugal SB13 - Contribution of Sustainable Building to Meet EU 20-20-20 Targets.
- Karan, E. P.; Irizarry, J. 2015. *Extending BIM interoperability to preconstruction operations using geospatial analyses and semantic web services*. In: Automation in Construction V. 53 p. 1–12
- Ministério Do Trabalho. 1996. *Condições e Meio ambiente do trabalho na indústria da construção*. Norma Regulamentadora NR-18. São Paulo.
- Rocha, C. G. A. 2011. *Conceptual Framework for Defining Customizations Strategies in The Housing Building Sector*. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. Porto Alegre.
- Said H., El-Rayes K. 2013. *Optimal utilization of interior building spaces for material procurement and storage in congested construction sites*. In: Automation in Construction Journal, N. 31 (2013) p. 292–306.
- Saurin, T. A.; Formoso, C. T. 2006. *Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos*. Volume 3. Porto Alegre: Habitare.
- Souza, U. E. L. 2000. *Projeto e implantação do canteiro*. São Paulo: EPUSP.
- Yin, R. K. 2005. *Estudo de caso: Planejamento e métodos*. Tradutor Daniel Grassi. 3. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Wallbaum, H.; Ostermeyer, Y.; Salzer, C.; Zea Escamilla, E. 2012. *Indicator based sustainability assessment tool for affordable housing construction technologies*. In: Ecological Indicators V. 18, p. 353–36.



Author Index

Índice de Autores

Índice de Autores



Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015 . Guimarães . Portugal . ISBN 978-989-96543-8-9

Author Index / Índice de Autores / Índice de Autores

Abacioğlu, Ceren	1309	Báez, Ana	189
Abdalla, José	1755	Baggiotto, Angélica	1007
Aguiar, Felipe	969	Barata, Tomas	475, 495
Aires, María	2173	Barbosa, José	1309, 1347, 1563
Albani, Vivian	1621, 2067	Barbosa, Juliana	1161
Albuquerque, Daniela	1075	Barbosa, Ricardo	63
Almeida, Estela	163	Barbosa, Teresa	455, 1393
Almeida, Fernando	465	Barros, Ana	2017
Almeida, Karinnie	1179	Barros, Joaquim	373
Almeida, Manuela	355, 561, 1261, 1271, 1441, 1563, 1705, 1745, 2449, 2457	Barros, Raquel	1949
Alonso, Mónica	2173	Basso, Franciele	1355
Altın, Müjde	1309	Bastos, Celso	1197
Altoé, Emanuella	1449	Bastos, Leopoldo	1491
Alvarado, Rodrigo	319, 631	Bauer, Elton	411
Alvarez, Cristina	199, 237, 247, 257, 267, 503, 513, 551, 883, 1105, 1449, 1667, 1695, 1725, 1735, 2153	Beinichis, Maria	1289
Alves, Alessandro	1007, 1017, 1027	Bello, Angelo	1897
Alves, Luciana	951	Bergamasco, Sonia	843
Amorim, Cláudia	411	Bernardes, Marina	2391
Andrade, Fernanda	301	Berni, Mauro	12513
Andrade, Liza	1855, 1961, 2419	Bertini, Alexandre	1299, 2211
Andrade, Sarah	863, 1765	Bettencourt, Antonio	1657
Andreev, Andrej	99	Bianco, Carola	1459
Antoniolli, Cibele	1411	Bokos, Helena	2419
Antunes, Eliane	1867	Boeri, Andrea	1685
Araújo, Bianca	951	Boita, Jocenir	285
Araújo, Catarina	1347, 1563	Bonatto, Daniella	2085
Araújo, Elisabete	523	Bonneaud, Frédéric	1491
Araújo, Joel	1795, 1999	Borges, Amadja	835, 853, 863, 1765
Araujo, Victor	1161	Borges, Marcos	485, 611
Araújo, Virgínia	951	Bortolini, Gleica	257
Arnold, Daiana	581	Bosetti, Adriano	1187
Ashour, Ahmed	1745	Both, Evelise	1355
Assis, Leandro	1621, 2067	Bouillard, Philippe	601
Ataíde, Ruth	1805	Bragança, Luís	353, 541, 561, 793, 923, 1271, 1309, 1347, 1421, 1441, 1479, 1563, 1695, 1745, 2045, 2449, 2457
Augusto, Carlos	561	Brandli, Luciana	1319, 1355
Azevedo, Fernanda	2439	Breginski, Herminia	2361
Azevedo, Fernando	943	Brito, Jorge	107
		Brosler, Taísa	843

Brum, Cristhian	1007, 1017, 1027	Cortês, Marina	969
Bueno, Cristiane	1521	Cossio, Gustavo	277
Bueno, Laura	163, 1601, 1971	Costa, Carlos	1785
Buonomano, Annamaria	649	Costa, Dayana	1897
Cabrera, Natasha	1937	Costa, Geraldo	2243
Cachim, Paulo	1431	Costa, Maria	1261
Caiche, Daniel	1115	Costa, Pedro	373
Cain, Tyler	1479	Coura, Claudia	455
Caldas, Vitor	1755	Covaleski, Joani	1007
Calmon, João	503	Coventry, Kathryn	337, 347
Camacho, Nádía	1755	Criollo, Verónica	189
Campos, Adriana	1927	Cristofari, Christian	669
Campos, Heloisa	531	Croce, Rômulo	1621
Cannaviello, Monica	15	Cunha, Eduardo	209
Caram, Rosana	355	Cunha, Marco	1491
Cardoso, Francisco	2507	Cunha, Rita	401, 1261
Cardoso, Poliana	1233	Curado, António	1133
Carissimi, Elvis	2313	Cvetkovska, Meri	99
Carli, Ludmila	1621, 2313	D'Amico, Flavio	631
Carlo, Joyce	2303	Dalvi, Márcia	257, 1695
Carneiro, Arnaldo	589	Daris, Denise	1319
Carrasco, María	145	Defagot, Carlos	145
Cartana, Rafael	2399	Diana, Lorenzo	83, 89
Cartes, Ivan	1169, 2489	Dias, Bernardo	503
Carvalho, Carolina	2399	Dias, Clara	1375
Carvalho, Miguel	2457	Dias, Eli	337
Casagrande, Eloy	1337	Díaz, María	43
Casañas, Virginia	1459	Dibo, José	137
Castillo, José	189	Direitinho, Romão	445
Castro, Eduardo	485, 611	Duarte, Sérgio	2231
Castro, Fátima	1421	Duarte, Técia	1501
Cecere, Carlo	73, 83, 89	Ecker, Vivian	2133, 2143
Cerca, Mariana	1039	Eckert, Matthias	361
César, Sandro	401, 1273	Eires, Rute	523, 793
Chaves, Maria	969	Elesbon, Abrahão	1621
Chemisana, Daniel	669	Elmasuri, Talal	1551
Chivelet, Nuria	621	Erjavec, Ina	1785
Christo, Tiago	1105	Escorcia, Olavo	631
Chwieduk, Dorota	687	Espinosa, Ignacio	1085
Claro, Paula	1213	Evrard, Arnaud	601
Clementella, Gioia	73	Fabrcício, Márcio	825, 1521, 2429
Coelho, Fernanda	1511	Fardin, Jussara	1105
Colleto, Giseli	1531	Faria, Obede	747
Comlay, Julie	1541	Fassina, Sirana	2153
Comunello, Felipe	2381	Fastofski, Daniela	1877
Conde, Karla	2055	Fátima, Rosa	1805

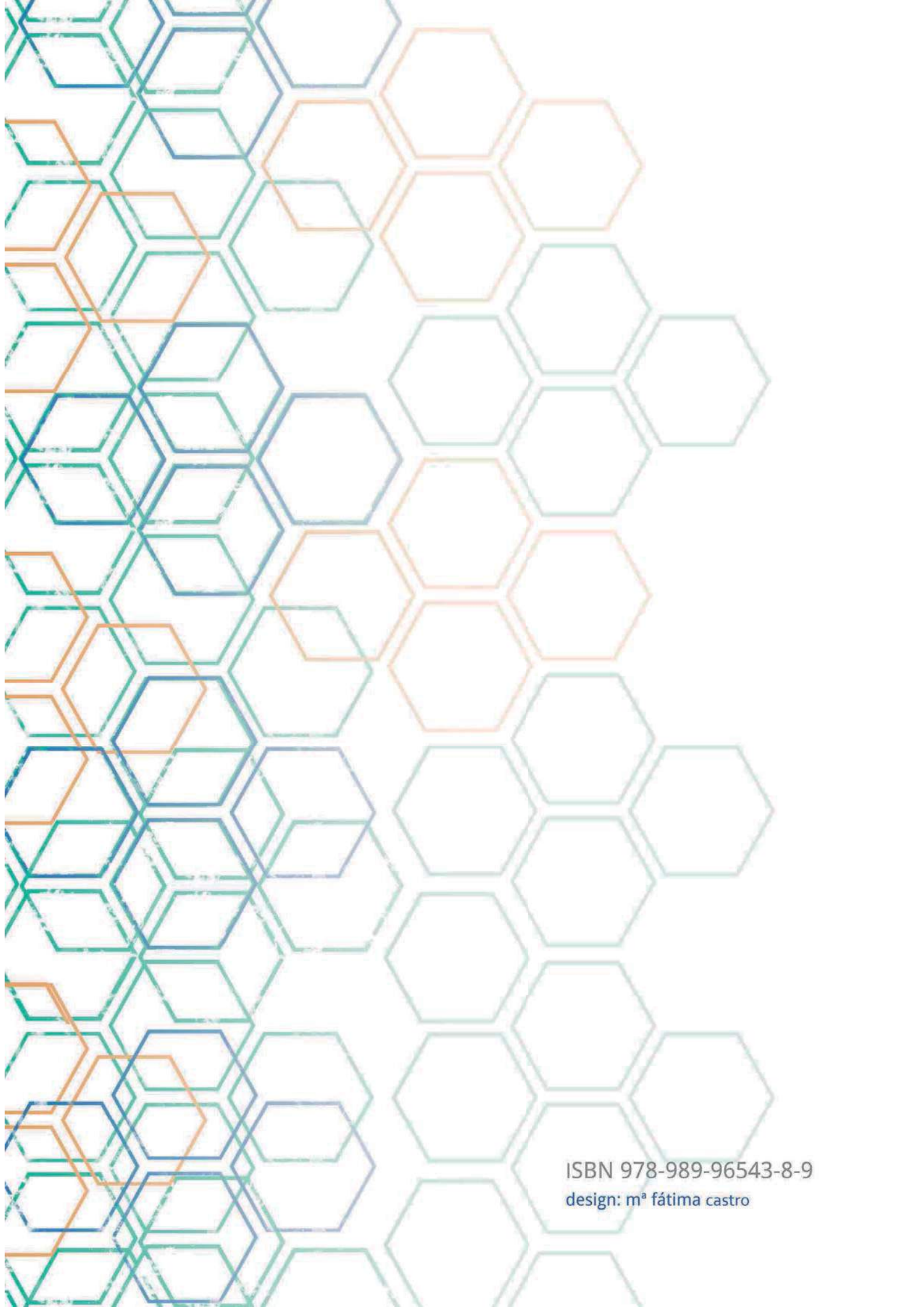
Fernandes, Jorge	2045	Gava, Maristela	1161
Fernández, Francisco	739	Gavriloska, Ana	99
Ferreira, Antônio	437	Gelpi, Adriana	209, 1611
Ferreira, Luís	1647	Gervásio, Helena	1657
Ferreira, Marcela	571	Godinho, Marcos	1401
Ferreira, Marcelo	445	Gomes, Daniella	1927
Ferreira, Marco	1705	Gomes, Maria	53
Ferreira, Teresa	913	Gonçalves, Adelino	1825
Ferreira, Victor	1647	Gonçalves, Joana	913
Ferreyra, Joao	145	González, Alice	999
Fiala, Ctislav	329	González, Aránzazu	601
Figueiredo, Amanda	1065	González, Ariel	145, 767
Figueiredo, Chenia	1385, 2253	González, Marco	1401, 1877, 1887
Folle, Daiane	285, 1817, 2391	Goulart, Solange	1907
Fonseca, Ingrid	2293	Graciosa, Melissa	1055
Fontanini, Patricia	1203, 1213, 1243	Grether, Rubén	145
Fontenelle, Marília	2293	Grigoletti, Giane	7
Fontenelle, Marina	1775, 2261	Gromboni, Pedro	465
Formoso, Carlos	2191	Grujic, Marija	707
Franchino, Rossella	25	Grünberg, Paula	2371
Franci, Ricardo	1143, 1153, 1197	Grzebielec, Andrzej	687
Franci, Thiago	1153	Guerrero, Luis	729, 739
Francisco, Arlete	2007	Guimarães, Erika	541, 1271
Frاندoloso, Marcos	1355	Guimarães, Ítalo	2303
Franzen, Fabiani	2361, 2331	Gulá, Raúl	189, 1469
Freitas, Maria	2371, 2381	Gusmão, Alexandre	429
Freitas, Vanessa	1897	Gutiérrez, Ion	1571
Frettoloso, Caterina	25	Habib, Emanuele	73
Fricke, Glacir	173	Hajek, Petr	329
Fritsch, Rodrigo	209	Henicka, Bianca	1611
Furundzic, Aleksandra	679, 707	Hermida, Maria	1937
Furundzic, Dijana	679	Herrmann, Julia	1411
Furundzic, Nikola	679	Hijioka, Akemi	813
Gago, Eulalia	2173	Hippert, Maria	1393
Gaida, Claudia	979, 1007, 1017, 1027	Hoppe, Stella	1735
Galafassi, Marcelo	2399	Ino, Akemi	813, 893
García, Ader	291	Ishida, Celso	2381
García, Francisco	43	Jacintho, Ana	1203, 1213, 1243
García, José	739, 1161	Jaworski, Maciej	687
García, Rodrigo	639, 2323	Jędrzejuk, Hanna	687
Garcia, Sheila	1817	Jereissati, Geórgia	1289
Garlet, Liége	227	Jesus, Luciana	1867
Garrefa, Fernando	2271	Joaquim, Bianca	813
Gasarini, Danielle	2507	José, Juliana	611
Gaspari, Jacopo	1685	Júnior, Alfredo	1055
		Júnior, Neyval	1725

Júnior, Otávio	987	Maia, Leonardo	757
Kaiser, Adair	581	Mainier, Fernando	437
Kalil, Ramadan	1611	Maioli, Ricardo	883
Kalil, Rosa	209, 1611	Malafaya, Filipa	1222
Kalogirou, Soteris	662	Malta, Nayara	2067
Kanashiro, Milena	1582	Mancio, Mauricio	217, 1401
Kelly, Maureen	631	Manduca, Paulo	1251
Kern, Andrea	217, 1401, 1411, 1877, 1887	Marques, Aline	1491
Kirchheim, Ana	285	Marques, José	531
Klippel, Karine	1375	Martín, Estefanía	621
Kosic, Tatjana	707	Martinez, Miguel	2381
Kovar, Pablo	997	Martino, Raffaella	25
Kuntz, Viviane	2381	Martins, Andreia	825, 2429
Lafayette, Kalinny	429, 1075, 1125	Martins, Bruno	2057
Lamnatou,	669	Martins, Marcele	1817, 2391
Chrysovalantou		Martins, Wagner	199
Landim, Camila	2253	Mateus, Ricardo	903, 913, 923, 1271, 1347, 1421,
Laranja, Andréa	1735		2045
Lawall, Janaina	1755	Matos, Bruna	1393
Lazarevska, Marijana	99	Matos, Karenina	775
Lazzarini, Maria	767	Matos, Natalia	2231
Leder, Solange	19079	Matriciano, Andrea	2293
Leite, Nícia	1639, 2243	Mattaraia, Regina	775
Lenzi, Cecília	2499	Mattia, Pedro	137
Lima, Alexandre	1075	Medeiros, Cecília	835, 863, 1765
Lima, Ana	1805	Medeiros, José	1991
Lima, Bruna	1095	Medeiros, Valério	2037
Lima, Manuela	1133, 1169	Meex, Elke	1299
Lima, Silvia	1591	Melchiore , Lucia	15
Lintz, Rosa	1243	Melo, Ana	285
Lisboa, Marcos	997	Mendes, Andrezza	1385
Lobo, Adriana	155	Mendonado, Eduardo	1055
Loh, Kai	2339	Mendonça, Eneida	2075
Longo, Danila	1685	Meneses, Aline	1047
Longo, Orlando	437, 1795, 1999	Meng, Eduardo	1319
Lopes, Clara	1647	Mesquita, Luis	391
Lopes, Débora	2419	Mian, Fábio	2201
Lopes, Isabela	1755	Miceli, Carolina	1243
Lopes, João	2499	Michael, Aimilios	697
Lopes, Wilza	775, 1591	Milani, Ana	803
Loureiro, Michael	903	Mimbacas, Alicia	1459
Loureiro, Vânia	2027	Miranda, Larissa	1375
Lützkendorf, Thomas	3	Miranda, Leonardo	155, 531, 2331,
Macedo, Silvio	2113		2361
Macedo, Thaísa	419	Monich, Carla	1281
Machado, Rayner	215	Montanaro, Umberto	649

Montarroyos, Dielly	1695	Olivieri, Lorenzo	621
Monteiro, Felipe	1639	Ongaro, Anderson	933
Morais, Miguel	1431	Ongaro, Daniella	1755
Morales, Elen	1161	Pablos, Javier	1233
Morales, María	1085, 2173	Pacheco, João	2399
Moreira, Luana	1143	Pacheco, Mafalda	53
Morello, Deividly	1355	Pagel, Érica	1725
Moretti, Juliana	465	Paixão, Dinara	933, 979
Motter, Janaína	155	Palacios, Ignacio	1085
Moura, Maria	1835	Palombo, Adolfo	649
Moura, Mariangela	377	Paneto, Greicikelly	1667
Moura, Micaella	1223	Parisi, Rosana	173, 2281
Motta, Ana	377	Patrício, Jorge	943
Moyano, Gloria	1085	Pavan, Giovana	1017
Muñoz, Hugo	145	Paz, Diogo	1125
Murtinho, Vitor	1657, 1825	Pedemonte, Graciela	1629
Mussi, Andrea	1817	Pedroso, Gilson	1327
Muzzillo, Francesca	15	Pedrotti, Gabriel	2123
Nascimento, Kleiton	1765	Peglow, Jaqueline	209
Navarro, Justo	189	Peláez, Gloria	291
Negrís, Larissa	309	Peñaloza, Guillermina	2191
Neila, Javier	621	Pera, Caroline	163
Neto, José	1187	Pereira, Amanda	485
Neves, Célia	747	Pereira, Ana	2281
Neves, Yara	1755	Pereira, André	1845
Niemeyer, Lygia	959, 969	Pereira, Marco	475, 495
Nieto, Jocelyn	1657, 1825	Pereira, Marcos	7
Nolasco, Adriana	1039, 1047	Perim, Bruna	2067
Norvaišienė, Rosita	717	Piderit, Maria	551
Notton, Gilles	669	Pimentel, Lia	1203, 1213
Novotna, Magdalena	329	Pina, Silvia	1243
Nunes, Duarte	33	Pina, Silvia	2055
Nunes, Felipe	2381	Pinheiro, Manuel	33
Okretic, Gabrielle	1601	Pinheiro, Marco	933, 979
Oliveira, Andréia	1907	Pinto, Débora	951
Oliveira, Carla	1411	Pinto, Eduardo	747
Oliveira, Eloise	1281	Pires, Josiane	1401, 1887
Oliveira, Felipe	127	Porto, Maria	2293
Oliveira, Felisbela	589	Postay, Renata	217
Oliveira, Flávia	1365, 1375	Póvoas, Yêda	391, 1125
Oliveira, Márcia	863	Prado, Barbara	2103
Oliveira, Miguel	363	Prietto, Nelita	1611
Oliveira, Taís	2419	Queiroga, Eugenio	2095
Oliveira, Wagner	199, 1611	Quintero, Alejandra	291
Olivieri, Francesca	621	Rada, Sergio	1675
Olivieri, Giulia	1685	Ramos, Larissa	1867

Real, Lúgia	531	Santos, João	475
Reginensi, Caterine	1755	Santos, Joaquim	227, 2313
Reis, Daniel	825, 2429	Santos, Luciana	1795, 1999
Reis, Lilian	1917	Santos, Maria	2211
Reis, Rafael	2371	Santos, Rui	63
Reis, Thalles	513, 1449	Santos, Suellen	1917
Rezende, Mariana	465	Saraiva, Tatiana	1441, 2449
Ribas, Domingos	1431	Sattler, Miguel	1981, 2409
Ribeiro, Andréa	391	Saurin, Tarcisio	2191
Ribeiro, Bettencourt	363	Savi, Adriane	421, 1281, 2361
Ribeiro, Jorge	2439	Savi, Antonio	1161
Ribeiro, Nelson	793, 873	Savvides, Andreas	697
Richardson, Alan	337, 347	Scarpinella, Gustavo	1115
Rigueiro, Constança	1657, 1825	Scheffer, Ana	1355
Rivero, Ana	189	Schley, Addressa	227
Rocha, Heliana	1835	Schneck, Eduardo	217, 1401, 1887
Rocon, Carolina	883	Schwanz, Julius	1319
Rodrigo, Adriana	2507	Selmo, Sílvia	2331
Rodrigues, Ana	1705	Serôdio, Francisco	2045
Rodrigues, Artur	551	Serra, Sheyla	445, 2163, 2181, 2201, 2211, 2221
Rodrigues, Camila	1075	Sertori, Rodolfo	893
Rodrigues, Edna	551	Silva, Adeildo	571
Rodrigues, Raymundo	173	Silva, Adriana	277, 581
Rogers, Jamie	347	Silva, Alexandre	581
Rojas, María	2173	Silva, Ana	1133
Román, Consolación	601	Silva, Brenda	247
Romanini, Anicoli	1817, 2391	Silva, Caio	183
Romano, Elisabetta	1775, 2261	Silva, Camila	2419
Romero, Marta	183	Silva, Charles	309
Romitti, Leonardo	1027	Silva, Deir	401
Rosa, Francisco	1319	Silva, Edson	1591
Rosa, Janaina	581	Silva, Eduardo	2479
Rosa, Simone	1223	Silva, Fabiana	237, 247
Rossi, Jamile	933	Silva, Farah	589
Rovers, Ronald	1479	Silva, Isabela	2339
Ruiz, Phelipe	1203	Silva, Jessica	1179
Rujoub, Mohammad	793	Silva, Jonas	429
Ruschel, Regina	1531	Silva, José	987
Rusowicz, Artur	687	Silva, Léa	1143
Saade, Marcella	1365, 1375	Silva, Luciene	1055
Sacht, Helenice	355	Silva, Luis	1657, 1825
Sales, Almir	465	Silva, Luiz	2419
Salgado, Mônica	1501, 1511	Silva, Marcela	1459
Sánchez, José	411	Silva, Maria	2231
Santiago, Alina	2123	Silva, Maristela	1179, 1365, 1375
Santos, Adriana	1337		

Silva, Miss	1805	Tzortzopoulos, Patricia	1551
Silva, Neuza	1917	Uhmman, Isaura	421
Silva, Ricardo	1115, 2479	Ulian, Giovana	1169
Silva, Roberto	1337	Vaghetti, Marcos	227, 933, 2313
Silva, Rodrigo	285	Valencia, Diana	291
Silva, Rui	107	Valiente, Ernesto	631
Silva, Sandra	2457	Vanegas, Enrique	291
Silva, Simone	1065	Vanz, Thauana	1611
Silva, Vanessa	1179, 1375, 1531,	Vargas, Paulo	267
	1365	Vasconcelos, Juliano	1161
Silveira, Aline	873	Vasinton, Simona	89
Silvoso, Marcos	1511	Vassiliades, Constantinos	697
Simões, Renata	1715, 2153	Vaz, Nelson	2133, 2143
Simonetti, Domingos	1105	Vazquez, Elaine	541
Siolari, Maristela	309, 1917	Vázquez, Francisco	621
Soares, Carlos	437	Vega, Johnny	291
Soares, Roberta	227	Venancio, Luisa	1855
Soares, Talita	531	Veraldo, Ana	803
Soria, Francisco	729, 739	Verbeeck, Griet	1299
Sorte, Pedro	183	Verde, Francesca	2351
Sousa, José	825, 2429	Viana, Gabriel	309
Sousa, R. José	1095	Viana, Sabrina	1115
Souza, Léa	2201	Vicente, Romeu	63
Spielmann, Tanise	1611	Vicentim, Thaisa	1581
Sposto, Rosa	1327	Vicidomini, Maria	649
Stollo, Mariarosaria	2351	Villaça, Ana	785
Stürmer, Bruna	1355	Vilar, Katila	2489
Tamašauskas, Rokas	717	Violano, Antonella	15, 2351
Tamiosso, Larissa	979	Vital, Giovanna	2271
Tassinari, Jane	1251	Viveros, Cristián	319
Tavares, Jéssica	2371	Wander, Paulo	1411
Tavares, Sérgio	421, 1281, 2371	Wandersleben, Gerth	319
Tawayha, Fajr	923	Wegertseder, Paulina	2323
Teixeira, José	2181	Xavier, Tatiana	247
Tizze, Nicolás	997	Ximenes, Deize	117, 127
Tomaselli, Débora	531	Yuba, Andrea	803, 1845
Tomé, Ana	33, 53	Zalamea, Esteban	319, 639
Tomé, Marina	267	Zambrano, Letícia	1755
Torezani, Flavia	1715	Zannin, Paulo	1667
Toro, Montserrat	1085	Zanoni, Vanda	411
Tortorelli, Fosca	15		
Trachte, Sophie	601		
Troncoso, Lorena	639, 2323		
Trpevski, Strahinja	99		
Túlio, Sérvio	1197		
Tumini, Irina	1675		



ISBN 978-989-96543-8-9
design: m^a fátima castro